

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

CURSO DE ZOOTECNIA

GISELE FERREIRA DA SILVA

**PROGRAMAS DE MELHORAMENTO GENÉTICO NA PISCICULTURA:
CONCEITOS E APLICAÇÕES**

CURITIBA

2016

GISELE FERREIRA DA SILVA

**PROGRAMAS DE MELHORAMENTO GENÉTICO NA PISCICULTURA:
CONCEITOS E APLICAÇÕES**

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Zootecnia da Universidade Federal do Paraná, apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Zootecnia.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo de Almeida Teixeira

Supervisora do Estágio Supervisionado:
Zootecnista Dra. Luciana Shiotsuki Belchior (Pesquisadora da Embrapa Pesca e Aquicultura)

CURITIBA

2016

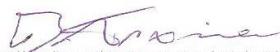
TERMO DE APROVAÇÃO

GISELE FERREIRA DA SILVA

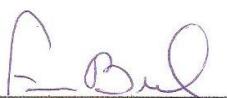
**PROGRAMAS DE MELHORAMENTO GENÉTICO NA PISCICULTURA:
CONCEITOS E APLICAÇÕES**

Trabalho de conclusão de curso aprovado como requisito parcial para obtenção do
grau de Bacharel em Zootecnia pela Universidade Federal do Paraná.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Rodrigo de Almeida Teixeira
Departamento de Zootecnia – UFPR
Presidente da Banca



Prof. Dr. Fabiano Bendhack
Centro de Estudos do Mar – UFPR



Profa. Dra. Marisa Fernandes de Castilho
Departamento de Fisiologia – UFPR

Curitiba

2016

Dedico este trabalho a Deus, aos meus pais, a minha irmã, meu cunhado e minha afilhada. A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste sonho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela força e coragem durante toda esta longa caminhada.

Aos meus pais Carmelina (Rosa) e Pery, por todo o amor que me deram, além da educação, dos ensinamentos e do apoio.

A minha irmã Suellen e meu cunhado Marcio, que mesmo de longe, me apoiaram e indiretamente contribuíram para que esse trabalho se realizasse.

A minha afilhada Alice, pelo sorriso contagiente que sempre me animava nos momentos de dificuldade.

Agradeço aos professores, que me acompanharam durante toda a graduação, em especial ao Prof. Dr. Rodrigo de Almeida Teixeira e a Profa. Dra. Laila Talarico Dias, por toda sua atenção, dedicação e esforço ao longo destes anos, para que eu pudesse ter confiança na realização deste trabalho.

A todos os atuais e ex-membros do Laboratório de Genética Aplicada ao Melhoramento Animal (GAMA), minha segunda família, pelas reuniões, risadas, aprendizados e amizades conquistadas.

A Universidade Federal do Paraná por ter me dado à oportunidade de realizar este curso, bem como todos os seus funcionários que me auxiliaram de alguma forma.

A todos os meus colegas e amigos do curso de Zootecnia, pela companhia no dia-a-dia, pelas palavras amigas nas horas difíceis e pelo auxílio e apoio nos trabalhos.

Agradeço aos pesquisadores, funcionários e estagiários da Embrapa Pesca e Aquicultura, por terem me recebido de braços abertos durante meu estágio final, em especial a minha supervisora Dra. Luciana Shiotsuki, por estar comigo nesta caminhada tornando-a mais fácil e agradável.

Meu muito obrigada!

EPÍGRAFE

“Continue a nadar! Continue a nadar! Continue a nadar! Nadar, nadar! Para achar a solução ...
Nadar! Nadar!”

Dory (Procurando Nemo)

“Descobrir consiste em olhar para o que todo mundo está vendo e pensar uma coisa diferente.”

Roger Von Oech

“Não são as espécies mais fortes que sobrevivem, nem as mais inteligentes, e sim as mais suscetíveis
a mudanças.”

Charles Darwin

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fluxo gênico em programas de melhoramento genético.....	26
Figura 2. Espécies de peixes produzidas no Brasil nos anos de 2013 e 2014, em toneladas	33
Figura 3. Localização geográfica da Embrapa Pesca e Aquicultura	50
Figura 4. Sede da Embrapa Pesca e Aquicultura.....	51
Figura 5. Centro Experimental de Aquicultura (CEAQ)	52
Figura 6. Estrutura organizacional da Embrapa Pesca e Aquicultura.	52
Figura 7. Representação do comprimento total em Tambaqui.....	53
Figura 8. Captura dos peixes com rede de arrasto para realização da biometria	54
Figura 9. Leitor de chip.....	55
Figura 10. (A) Tripé com a balança de pesagem; (B) Tambaqui sendo pesado, com o auxílio de um saco plástico.....	56
Figura 11. (A) Fita métrica para medir o comprimento total dos Tambaquis; (B) Aferição do comprimento corporal do Tambaqui	57
Figura 12. Planilha de coleta de dados da biometria.....	58
Figura 13. Extrato de hipófise utilizado na indução hormonal de peixes.....	59
Figura 14. (A) Kit para o processo de preparo do extrato de hipófise para a indução hormonal; (B) Glicerina utilizada no processo de maceração da hipófise ..	59
Figura 15. (A) Processo de preparação e maceração da hipófise; (B) Diluição da hipófise em solução fisiológica 0,65% NaCl	60
Figura 16. (A) Aplicação do hormônio na espécie Matrinxã; (B) Aplicação do hormônio na espécie Tambaqui	62
Figura 17. (A) Extrasão de uma fêmea de Matrinxã; (B) Extrasão de um macho de Matrinxã sobre os ovócitos da fêmea de Matrinxã; (C) Extrasão de uma fêmea de Tambaqui; (D) Extrasão de um macho de Tambaqui sobre os ovócitos da fêmea de Tambaqui.....	63
Figura 18. (A) Hidratação dos ovos de Matrinxã; (B) Hidratação dos ovos de Tambaqui; (C) Incubadora em formato cilíndrico cônico com fluxo de água contínuo.....	64
Figura 19. (A) Caixas de 2000L para onde as larvas são transferidas após saírem das incubadoras; (B) Balde de transferência e aclimatação das larvas; (C)	

Aclimatação das larvas; (D) Sacos plásticos para transporte das larvas das caixas para os tanques escavados.....	65
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Híbridos interespecíficos produzidos no Brasil a partir de peixes nativos de água doce.....	42
Tabela 2. Valores de referência de hora-grau para a reprodução de Matrinchãs e Tambaquis.....	62

LISTA DE ABREVIATURAS

- ADB – Asian Development Bank
- AKVAFORSK – Institute of Aquaculture Research
- ASBDP – Atlantic Salmon Broodstock Development Program
- BFAR – Bureau of Fisheries and Aquatic Resources
- BLUP – Best Linear Unbiased Prediction
- CAUNESP – Centro de Aquicultura da Universidade Estadual Paulista
- CEAQ – Campo Experimental de Aquicultura
- CEPTA – Centro de Pesquisa de Peixes Continentais
- CLSU – Central Luzon State University
- CNPASA – Centro Nacional de Pesquisa em Peixes, Aquicultura e Sistemas Agrícolas
- DGIP – Division for Global and Interregional Programs
- DNOCS – Departamento de Obras Contra a Seca
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
- FAC – Freshwater Aquaculture Center
- FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations
- GIFT – Genetic Improvement of Farmed Tilapias
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- ICLARM – International Center for Living Aquatic Resources Management
- IPN – Necrose Pancreática Infecciosa
- ISA – Anemia Infecciosa do Salmão
- NFFTRC – National Freshwater Fisheries Technology Research Center
- NTPA – Núcleo Temático de Pesca e Aquicultura
- NTSA – Núcleo Temático de Sistemas Agrícolas
- PD – Pesquisa e Desenvolvimento
- TT – Transferência de Tecnologia
- UNDP – United Nations Development Program

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	14
2.	OBJETIVO(S).....	16
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
3.1.	DOMESTICAÇÃO DE ESPÉCIES AQUÍCOLAS.....	17
3.2.	SELEÇÃO NATURAL E ARTIFICIAL	17
3.3.	MELHORAMENTO GENÉTICO NA PISCICULTURA	18
3.4.	MÉTODOS DE SELEÇÃO.....	19
3.4.1.	Seleção Individual ou Massal	20
3.4.2.	Seleção de Família (entre famílias)	21
3.4.3.	Seleção Dentro de Família	23
3.4.4.	Seleção Combinada	23
3.4.5.	Seleção pelo Pedigree.....	24
3.4.6.	Teste de Progênie	24
3.5.	ÍNDICE DE SELEÇÃO.....	25
3.6.	PROGRAMAS DE MELHORAMENTO GENÉTICO NA PISCICULTURA	25
3.6.1.	Programas de Melhoramento do Salmão do Atlântico (<i>Salmo salar</i>)	26
3.6.2.	Programas de Melhoramento da Carpa Comum (<i>Cyprinus carpio</i>).....	28
3.6.3.	Programas de Melhoramento da Tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)	30
3.6.4.	Programas de Melhoramento de Peixes Nativos	32
3.7.	COMO INICIAR UM PROGRAMA DE MELHORAMENTO GENÉTICO	35
3.7.1.	Elementos de um Programa de Melhoramento Genético.....	37
3.8.	A UTILIZAÇÃO DE HÍBRIDOS NA PISCICULTURA	40
3.8.1.	Híbridos Interespecíficos de Peixes Nativos	41
3.8.2.	Impactos da Produção de Híbridos.....	44
4.	RELATÓRIO DE ESTÁGIO.....	47
4.1.	PLANO DE ESTÁGIO	47
4.2.	LOCAL DE ESTÁGIO E SUPERVISÃO	48
4.2.1.	Embrapa Pesca e Aquicultura	48
4.2.2.	Áreas de Conhecimento	49
4.3.	ATIVIDADES DESENVOLVIDAS	53
4.3.1.	Biometria dos Tambaquis (<i>Colossoma macropomum</i>).....	53
4.3.2.	Reprodução Artificial de Matrinxã (<i>Brycon amazonicus</i>) e Tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i>)	58

5. DISCUSSÃO	66
5.1. CUMPRIMENTO DO PLANO DE ESTÁGIO.....	66
5.2. MELHORAMENTO GENÉTICO NA PISCICULTURA	67
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	69
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70
8. ANEXOS	81
ANEXO 1. PLANO DE ESTÁGIO	81
ANEXO 2. TERMO DE COMPROMISSO	83
ANEXO 3. FICHA DE DESEMPENHO EM ATIVIDADES	88
ANEXO 4. FICHA DE CONTROLE DE FREQUÊNCIA	89

RESUMO

O crescimento populacional, bem como, a demanda por alimentos mais nutritivos e de qualidade podem garantir um avanço do setor aquícola no Brasil, aliados ao extenso estoque de água doce que possui. Dentro desse contexto, para a produtividade da piscicultura ser potencializada se faz necessário o uso de animais geneticamente superiores, que manifestam melhor desempenho em diversas características de interesse zootécnico. Os programas de melhoramento genético de peixes no Brasil se encontram em fase de implantação, com espécies nativas, como Tambaqui e Cachara, e há programas mais desenvolvidos com espécies exóticas, como a Tilápia do Nilo. Dessa forma, objetivou-se nesse trabalho contextualizar e caracterizar como funcionam os programas de melhoramento genético na piscicultura, para diferentes espécies, no Brasil e no mundo, bem como descrever a experiência e atividades realizadas durante o período de estágio final obrigatório, como parte do Trabalho de Conclusão de Curso de Zootecnia da Universidade Federal do Paraná.

Palavras-chave: aquicultura, genética, híbridos, peixes, seleção, Tambaqui.

1. INTRODUÇÃO

A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO) destaca que a aquicultura é o setor de produção de alimentos que mais cresce no mundo e acredita-se que a mesma é necessária para atender a crescente demanda mundial de peixes e outras espécies aquáticas. Segundo o IBGE (2013), a aquicultura pode ser adequada as diferentes condições sociais, econômicas, ecológicas e tecnológicas do Brasil, por apresentar diversidade nas espécies cultivadas e diferentes níveis tecnológicos de produção.

A piscicultura em ambiente controlado tem registro de 4-5 mil anos atrás na China, com o cultivo da espécie *Cyprinus carpio*, popularmente chamada de Carpa Comum, em tanques de terra (GJEDREM & BARANSKI, 2009). Segundo Wambach (2012), foi também nesta época que se iniciou a associação da criação entre peixes e outros animais, como búfalos e suínos.

O cultivo de peixes na América do Sul começou em 1870, quando houve a importação dos primeiros reprodutores de Carpa Comum e Carpa Espelho (*Cyprinus carpio* variedade *especlaris*) pela Argentina. Em 1929, no Brasil, o cientista Rodolfo Von Lhering estudou os peixes do Rio Mogi-Guaçu em Piracicaba, no estado de São Paulo, usando pela primeira vez a hipófise para provocar desova do peixe dourado (*Salminus maxillorus*). Em 1939, houve a inauguração da primeira estação de piscicultura do país em Pirassununga - São Paulo (WAMBACH, 2012).

O Brasil apresenta o maior estoque de água doce do planeta, cerca de 8 mil km³ (OLIVEIRA, 2009), além do clima favorável para o cultivo de peixes (SIDONIO et al., 2012). Isto explica os resultados das estatísticas realizadas nos anos de 2013 e 2014, pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), que apresentaram a piscicultura, como o setor da aquicultura, que mais cresce no Brasil. Bem como, Kubitza (2015) que constatou um crescimento anual médio de 8% entre os anos de 2004 a 2014.

Entre as espécies de peixes mais cultivadas no Brasil, a Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e o Tambaqui (*Colossoma macropomum*) representam mais de 70% da produção aquícola continental brasileira (IBGE, 2014). No Brasil, programas de melhoramento genético foram implementados na última década para as duas espécies, envolvendo instituições públicas e privadas (Resende et al., 2010; Oliveira et al., 2012).

O presente estudo foi realizado com o objetivo de descrever aspectos do melhoramento genético na piscicultura, a implementação dos principais programas do Brasil e do mundo e relatar as atividades desenvolvidas durante o período de estágio curricular obrigatório, realizado na Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária (Embrapa) Pesca e Aquicultura, localizada na cidade de Palmas, Tocantins.

2. OBJETIVO(S)

Realizar o levantamento bibliográfico sobre os principais aspectos do melhoramento genético na piscicultura, a implementação dos principais programas do Brasil e do mundo e relatar as atividades desenvolvidas durante o período de estágio curricular obrigatório, realizado na Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária (Embrapa) Pesca e Aquicultura, localizada na cidade de Palmas, Tocantins.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Domesticação de Espécies Aquícolas

De acordo com Lush (1943), o conceito da domesticação é fazer com que o crescimento e a reprodução dos animais estejam, parcialmente, sob o controle do homem. Neste sentido, Ruzzante (1994) complementa ainda que a domesticação é uma técnica de ajuste dos animais ao ambiente proporcionado pelo homem. Em uma descrição mais recente, Teletchea & Fontaine (2014) consideram um animal como domesticado somente quando todo o seu ciclo de vida foi realizado em cativeiro.

A domesticação em animais considerados de fazenda (bovinos, suínos, aves, entre outros), ocorreu no Período Neolítico, cerca de 14.000 anos aC. (LUSH, 1943; BALON, 1995). Mas, segundo Diamond (2002), os peixes foram domesticados mais tarde, aproximadamente há 10.500 anos aC. Por ser um processo lento, que precisa de um longo período de tempo para os animais tornarem-se cada vez mais adaptados ao ambiente cativo (GJEDREM & BARANSKI, 2009), segundo Teletchea & Fontaine (2014), uma espécie aquícola não poderia viver somente alguns anos em viveiros para ser considerada como domesticada.

A domesticação promove mudanças genéticas e fenotípicas nos animais; Ruzzante (1994) indica que o comportamento animal é uma das primeiras características a ser afetada pelo processo de domesticação. Alguns comportamentos significativos para sobrevivência da espécie na natureza, como por exemplo, fugir de predadores ou procurar alimentos, perdem muito do seu significado adaptativo em cativeiro; como consequência, tanto a variabilidade genética como a fenotípica para essas características estão sujeitas a aumentar (PRICE, 1999). Para Gjedrem (2000), os peixes domesticados tornariam-se melhor ambientados ao cativeiro, promovendo a redução do estresse e da mortalidade.

O fenômeno genético com maior impacto sobre o processo de domesticação é a seleção (GJEDREM & BARANSKI, 2009). A seleção pode ser conceituada de duas formas distintas: a seleção natural e a artificial.

3.2. Seleção Natural e Artificial

A seleção natural acontece na natureza em todas as populações de animais, na qual os animais que melhor se adaptam ao habitat particular irão gerar mais descendentes que sobrevivem, em relação a aqueles que são menos adaptados. A seleção natural só pode ser medida após a reprodução dos animais, enquanto que a seleção artificial pode ser aplicada antes da reprodução. Além disso, a seleção natural é considerada um processo lento, visto que as alterações ambientais necessárias para os animais se adaptarem tendem a acontecer aos poucos e ocorre somente a nível individual, não sendo influenciada pelo comportamento dos parentes (PRICE, 2002; GJEDREM & BARANSKI, 2009).

A seleção artificial é imposta pelo homem, que tende a selecionar para a reprodução os indivíduos com as características desejadas a serem transmitidas para a progênie. Além disso, a seleção artificial pode ser consciente ou inconsciente. Consciente ou intencional, quando há um programa de seleção que defina quais as características desejáveis para aquela espécie e/ou aquele plantel em questão; e inconsciente quando a seleção é realizada a partir de interesses pessoais do produtor (PRICE, 1999; PRICE, 2002; GJEDREM & BARANSKI, 2009).

A seleção dos indivíduos considerados superiores para as características desejáveis, independente do tipo de seleção utilizada, promoverá alterações nas frequências gênicas e genotípicas, promovendo o início do melhoramento genético.

3.3. Melhoramento Genético na Piscicultura

O melhoramento genético na produção animal é realidade e apresenta resultados visíveis na bovinocultura de corte e leite, na avicultura de corte e postura e na suinocultura (OLIVEIRA et al., 2010). De maneira oposta, os programas de melhoramento de peixes são pouco utilizados; segundo GJEDREM (2012), a produção mundial de peixes através de reservas melhoradas é de, aproximadamente, 10% da produção total.

Segundo GJEDREM & BARANSKI (2009), o processo de domesticação resulta em benefícios para a produção e aumento da eficiência durante a adaptação dos animais ao ambiente cativo e, com o melhoramento genético, pode haver maiores ganhos. Quanto mais a domesticação e o melhoramento genético de uma espécie progridem, maior será a diferença entre as mesmas características nos animais domesticados em comparação aos animais selvagens (GJEDREM et al., 2012).

No Brasil, diante da dificuldade de se obter o melhoramento genético em peixes de água doce, os acasalamentos ocorrem, em geral, entre indivíduos da mesma espécie ou entre indivíduos de espécies distintas, técnica conhecida como hibridação interespecífica (OLIVEIRA et al., 2010; RESENDE et al., 2010). Segundo Hilsdorf & Orfão (2011), a finalidade da hibridação interespecífica é localizar combinações genéticas que produzam descendentes fenotipicamente superiores aos pais, isto é, descendentes que exibam vigor do híbrido ou heterose.

A seleção genética baseia-se em privilegiar o acasalamento de indivíduos dentro da mesma espécie e que apresentem características geneticamente superiores em relação ao demais indivíduos da população, gerando modificações nas frequências dos alelos com redução na frequência dos alelos desfavoráveis e aumento na frequência dos alelos favoráveis (OLIVEIRA et al., 2010; RESENDE et al., 2010).

3.4. Métodos de Seleção

O objetivo da maioria dos piscicultores é obter maior renda através da maximização da sua produtividade. Segundo Freitas et al. (2013), há duas maneiras distintas de se aumentar a produtividade: a primeira é trabalhando com os fatores ambientais envolvidos na produção de peixes, como por exemplo, alimentação e nutrição, qualidade da água e disponibilidade de oxigênio, o que levará a uma melhoria do bem estar dos animais e, por conseguinte, ao aumento da sua produtividade. A segunda opção é o uso de alevinos geneticamente melhorados para as características de interesse de cada piscicultura. Quando o aumento da produtividade se dá pelo aperfeiçoamento das condições do ambiente, este ganho pode ser restrito devido à baixa qualidade genética dos indivíduos ou mesmo pelas prováveis modificações destas condições, porém, se o aumento for após mudanças

genéticas estabelecidas pelo uso de alevinos melhorados (programas de melhoramento genético), o ganho tende a ser permanente.

A seleção é uma das ferramentas mais utilizadas para promover o melhoramento genético de qualquer espécie, indicando quais animais, geneticamente superiores, se tornarão pais da próxima geração, ou seja, irá selecionar os melhores indivíduos, procurando ampliar continuamente a frequência de genes favoráveis para a(s) característica(s) de interesse, fazendo assim com que a progênie apresente uma média para a característica selecionada igual ou superior a dos pais, isto é denominado ganho de seleção (FREITAS et al., 2013).

Segundo Gjedrem & Baranski (2009) para as espécies aquáticas, a seleção individual, a seleção de família e a seleção dentro de família são as mais utilizadas, porém, existem outros métodos disponíveis, como, a seleção de pedigree, a seleção combinada e o teste de progênie (MOREIRA et al., 2013).

A escolha do método de seleção depende de uma diversidade de fatores, dentre eles, Gjedrem & Baranski (2009) destacam quatro:

- As características alvo do melhoramento genético;
- A viabilidade de registrar tais características em animais vivos;
- A magnitude da herdabilidade para as características em questão;
- A capacidade das espécies de reprodução.

3.4.1. Seleção Individual ou Massal

A seleção individual, também conhecida como seleção massal, é baseada unicamente no desempenho de cada indivíduo a ser avaliado, observando somente o seu valor fenotípico, ou seja, os peixes são selecionados unicamente através da sua morfologia externa (GJEDREM & BARANSKI, 2009; MOREIRA et al., 2013; ELER, 2014).

É de fácil execução, sendo considerado o método mais simples e barato de operar, não precisando de grandes investimentos em infraestrutura, como por exemplo, a criação dos animais separados com suas respectivas famílias, e exige menos manutenção dos animais selecionados; sendo assim, é mais fácil de ser estabelecido em pequenas e médias pisciculturas (GJEDREM & BARANSKI, 2009; MOREIRA et al., 2013; HILSDORF et al., 2013b; ELER, 2014). Entretanto, a seleção individual só é possível de ser realizada nas características que podem ser

mensuradas em animais vivos, registradas individualmente como, por exemplo, nas características morfométricas (peso e comprimento). Nas características que não podem ser medidas diretamente no animal vivo, tais como, características de carcaça ou de qualidade da carne, a seleção individual não se enquadra (GJEDREM & BARANSKI, 2009; ELER, 2014).

Outro aspecto importante da seleção através do desempenho individual destacada por Moreira et al. (2013) é a restrição com relação ao número de características que podem ser selecionadas simultaneamente, normalmente, se delimita a uma ou duas características por vez. A eficiência da seleção individual é dependente da herdabilidade da característica selecionada, sendo mais eficiente quando as características possuem alta herdabilidade, circunstância na qual o valor fenotípico representa indicação clara do valor genético dos animais (ELER, 2014).

A seleção individual apresenta algumas desvantagens, se os peixes permanecerem em diferentes situações de manejo ou locais (tanques, viveiros ou lagoas), haverá uma relevante variação ambiental; portanto, essas condições devem ser padronizadas para todos os animais durante todo o seu ciclo de vida, evitando que haja uma redução na acurácia de seleção devido aos fatores ambientais (GJEDREM & BARANSKI, 2009). Geralmente, os peixes não são marcados individualmente, além de ocorrer uma seleção intensa sobre eles, o que leva ao não conhecimento do seu pedigree e, consequentemente, animais aparentados podem ser selecionados e acasalados, o que levará a produção de animais consanguíneos. Com o decorrer do tempo o ganho genético será reduzido e a produtividade dos animais diminui, porém, estes problemas podem, em sua maioria, serem reduzidos com o uso de um grande número de progenitores em cada geração (GJEDREM & BARANSKI, 2009; MOREIRA et al., 2013).

3.4.2. Seleção de Família (entre famílias)

A seleção de família considera o valor fenotípico médio de cada família, como uma referência adicional ao valor fenotípico individual, sendo que as famílias podem ser de meio-irmãos ou de irmãos completos. Meio-irmãos irão compartilhar um quarto dos seus alelos idênticos, enquanto que irmãos completos têm a metade de seus alelos do gene em comum. Esta relação sugere que o desempenho de irmãos

pode ser usado como base para a seleção, sendo possível estimar os valores genéticos de animais aquáticos (GJEDREM & BARANSKI, 2009; ELER, 2014).

Segundo Moreira et al. (2013), neste método de seleção quando a família não é selecionado, todos os animais são “descartados”, da mesma forma que se uma família é selecionada, todos os indivíduos são mantidos no plantel. A seleção nessa situação é efeito da diferença entre famílias e não entre indivíduos.

A seleção de família é utilizada, preferencialmente, quando a herdabilidade da característica é baixa, tais como sobrevivência e idade de maturação sexual. Isto porque a eficiência baseia-se no fato de que ao se usar a média da família, considera-se que as médias dos desvios ambientais dentro de cada família anulam-se e que, assim, a média fenotípica descreve um valor muito próximo da média genotípica. A vantagem obtida é maior quando os desvios ambientais integram uma grande parte da variação fenotípica, isto é, quando a herdabilidade é baixa (GJEDREM & BARANSKI, 2009; MOREIRA et al., 2013; ELER, 2014). O número de indivíduos na família é igualmente relevante, ou seja, quanto maior o número de animais em cada família, mais próxima é a relação entre o valor fenotípico médio e o valor genotípico médio (ELER, 2014).

Para as características que não podem ser medidas em animais vivos, como por exemplo, características de carcaça, qualidade da carne ou resistência a doenças, o uso da seleção de família é relevante, pois, a determinação destas características nos irmãos torna exequível a estimativa dos valores genéticos com elevada precisão (GJEDREM & BARANSKI, 2009).

Gjedrem & Baranski (2009) relatam que a aplicação da seleção de família necessita que haja o conhecimento do parentesco de cada animal e, consequentemente, é importante manter os registros genealógicos corretamente. Isto, geralmente, requer a marcação individual dos animais, o que torna este processo mais oneroso em relação à seleção individual. Os animais devem ser criados em unidades separadas, com suas respectivas famílias, até que atinjam tamanho suficiente para serem marcados fisicamente. No decorrer deste período, cada família terá um ambiente comum que é distinto das outras famílias; se este efeito ambiental comum for duradouro e expressivo, pode “ocultar” as diferenças genéticas entre as famílias tornando a seleção ineficiente; portanto, este período deve ser o mais curto possível. Isso ressalta a importância de proporcionar a todas

as famílias condições ambientais tão semelhantes quanto possível, a fim de diminuir os efeitos ambientais comuns (GJEDREM & BARANSKI, 2009; ELER, 2014).

3.4.3. Seleção Dentro de Família

A seleção dentro de família é baseada no desvio de cada indivíduo a partir da sua média familiar e, quando aplicada, as famílias são testadas em unidades separadas. Neste método, a média da família é ignorada, tendo valor zero. Resumindo, na seleção dentro da família os peixes previamente são classificados segundo o seu desempenho individual dentro de cada família e depois são selecionados os melhores dentro de cada família. Este método elimina o efeito ambiental comum, além da presença de grande variância devido ao ambiente comum aos integrantes da mesma família (GJEDREM & BARANSKI, 2009; MOREIRA et al., 2013; ELER, 2014).

Uma desvantagem desta seleção é a necessidade de instalações para cada família, até completarem o tamanho de mercado, o que torna o sistema um pouco mais oneroso. Por outro lado, não há a necessidade de marcação individual, além de ser simples monitorar dificuldades com a consanguinidade, evitando o acasalamento de indivíduos aparentados. Assim como a seleção individual, a seleção dentro de família não é praticável em características que não possam ser medidas em animais vivos (GJEDREM & BARANSKI, 2009).

3.4.4. Seleção Combinada

Os métodos de seleção de maior relevância para as espécies aquáticas são a individual, de família e dentro de família. Porém, dá para utilizar combinações entre estas seleções para se obter maior acurácia dos valores genéticos estimados (GJEDREM & BARANSKI, 2009; MOREIRA et al., 2013).

A combinação mais simples é a de seleção individual com a seleção de família (MOREIRA et al., 2013). Para Eler (2014), a metodologia baseada no peso adequado dos componentes de média de família e de dentro de família, provavelmente, é o melhor procedimento de seleção compreendendo os desempenhos das famílias.

Com relação à acurácia de seleção, a seleção de família é melhor em relação à seleção dentro de família. A seleção combinada, em geral, fornece uma resposta por geração entre 10 a 30% acima da seleção individual e de família, e cerca de duas vezes maior que a resposta esperada para a seleção dentro de família (GJEDREM & BARANSKI, 2009).

3.4.5. Seleção pelo Pedigree

A seleção de pedigree, também chamada genealógica, usa informações dos pais e avós (ascendentes ou parentes colaterais) dos indivíduos candidatos à seleção. Este método de seleção é de maior relevância para os animais jovens, pois os mesmos não possuem dados sobre o seu próprio desempenho, sendo a avaliação do valor genético dos pais, sua melhor estimativa. Com relação à acurácia de seleção deste método, os mesmos autores relatam que apesar dos indivíduos herdarem metade do material genético do seu pedigree, a segregação mendeliana causa variação no valor genético e, com isso, a acurácia é relativamente baixa. Esse fator, juntamente com a disponibilidade geral de informações dos membros da família, sugere que a seleção de pedigree é de menor importância em espécies aquáticas. (GJEDREM & BARANSKI, 2009; MOREIRA et al., 2013; ELER, 2014).

3.4.6. Teste de Progênie

No teste de progênie o valor genético do indivíduo é obtido pelo desempenho dos seus descendentes, sendo um método pouco utilizado em peixes (MOREIRA et al., 2013; ELER, 2014).

O teste de progênie tem a vantagem de poder ser utilizado para selecionar características que não podem ser estimadas em indivíduos vivos, como por exemplo, resistência a doenças, características de carcaça e qualidade da carne, assim como a seleção de família. Entretanto, a maior desvantagem é que vai aumentar consideravelmente o intervalo de gerações (GJEDREM & BARANSKI, 2009).

3.5. Índice de Seleção

É possível selecionar para diferentes características através do índice de seleção, onde é atribuído a cada característica um peso econômico, levando em consideração a herdabilidade, o valor econômico, a variabilidade (fenotípica e genética) e as correlações fenotípicas e genéticas com outras características. Este processo procura estipular as relações entre as características de interesse para seleção de modo que, pela relevância adequada de cada uma, surja um único número que represente a estimativa do valor genético do indivíduo e os animais sejam ordenados por esse índice. Dois tipos de índices de seleção são utilizados para peixes: (1) índice para o indivíduo e, (2) índice para as famílias. O índice de seleção individual é usado para a seleção final, enquanto que o índice de seleção de família é indicado para a pré-seleção de potenciais reprodutores (GJEDREM & BARANSKI, 2009; ELER, 2014).

É o método de melhor eficiência relativa e o objetivo da seleção pelo índice não é nenhuma das características exclusivamente, mas sim o retorno econômico proporcionado pela seleção simultânea para o conjunto de características (ELER, 2014).

3.6. Programas de Melhoramento Genético na Piscicultura

Os peixes que estão em programas de melhoramento genético refletem uma pequena parcela dos animais utilizados na produção animal. Com base nesse pequeno grupo de peixes selecionados no núcleo, animais testados que passaram pelo processo de seleção e melhoramento genético (Figura 1), serão criados os reprodutores (multiplicadores), que serão pais dos animais utilizados para a produção comercial (produto que chegará à população). Em peixes, devido à alta eficiência reprodutiva, é possível atender a altas demandas de produção a partir de um número pequeno de reprodutores geneticamente superiores (PONZONI et al., 2006; OLIVEIRA et al., 2010).

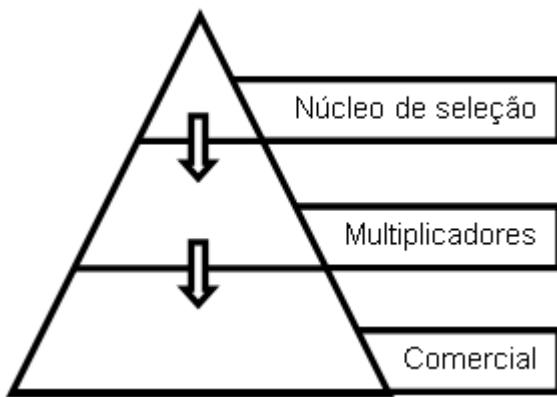


Figura 1. Fluxo gênico em programas de melhoramento genético. Fonte: Adaptado de Ponzoni et al. (2006).

Segundo Hilsdorf et al. (2015), os primeiros programas de melhoramento genético voltados para espécies aquáticas, corretamente registrados na literatura científica e de aplicabilidade pelo setor produtivo, datam do final da década de 1960 e início da década de 1970 com os programas de melhoramento de salmões e trutas nos Estados Unidos e Noruega.

No Brasil, há progressos relevantes na piscicultura, porém somente nos setores da nutrição e manejo, estando à genética caminhando a passos lentos. Há projetos, como por exemplo, o projeto da EMBRAPA, Bases Tecnológicas para o Desenvolvimento Sustentável da Aquicultura no Brasil – Aquabrasil, em união com diferentes instituições e universidades brasileiras que permitiram o estabelecimento de programas de melhoramento genético da espécie Tambaqui, onde a seleção é realizada dentro da família, selecionando os animais de maiores valores genéticos, desta maneira o valor genético dos animais selecionados foi de 0,31g/dia, resultando em um ganho genético superior a 6%, isso significa que a média do ganho de peso diário da próxima geração será de pelo menos 0,15g/dia maior que a geração atual. Com relação à espécie Tilápia do Nilo, os programas de melhoramento implantados no Brasil indicam ganhos genéticos superiores a 4% ao ano para as características ganho de peso diário e peso vivo à idade de abate (OLIVEIRA et al., 2012).

3.6.1. Programas de Melhoramento do Salmão do Atlântico (*Salmo salar*)

O primeiro programa de melhoramento genético conhecido com Salmão do Atlântico (*Salmo salar*) começou na Noruega, na organização AKVAFORSK em 1971; na primeira etapa foram analisados parâmetros fenotípicos e genéticos para a

característica peso corporal (taxa de crescimento) dos indivíduos selecionados. Os objetivos do melhoramento tornou-se cada vez mais complexo, incorporando gradativamente mais características economicamente importantes, como idade na maturação sexual (redução na frequência de maturidade sexual precoce), taxa de sobrevivência (em água doce), seleção para doenças específicas (resistência à furunculose, à anemia infecciosa do salmão – ISA e à necrose pancreática infecciosa – IPN) e características relacionadas à qualidade da carne (cor e teor e distribuição de gordura) (THODESEN & GJEDREM, 2006; GJEDREM, 2012).

Com relação à população base utilizada neste programa, visto que o Salmão do Atlântico possui um intervalo entre gerações de 4 anos com uma alta taxa de mortalidade pós-desova, foram estabelecidas quatro populações reprodutoras para fornecer gerações geneticamente melhoradas a cada ano. Foram recolhidos ovos de diversas cepas de Salmão do Atlântico selvagem, para assegurar o máximo de variação genética quanto possível, tentando evitar assim a endogamia (HOLTSMARK et al., 2006; GJEDREM, 2012). A seleção utilizada foi uma combinação entre e dentro de famílias, para aumentar a taxa de crescimento e diminuir a maturidade sexual precoce, a seleção na família para melhoria da resistência a doenças e características de qualidade da carne (GJEDREM, 2012).

Ao selecionar os indivíduos com base na taxa de crescimento, haverá uma correlação genética favorável com a conversão alimentar (THODESEN et al., 1999); um aumento da taxa de volume de negócios, resultando em diminuição dos custos de produção; redução da necessidade de manutenção e maior retenção de energia e proteína, o que diminui o custo com alimentação; redução da mortalidade devido ao menor tempo de produção; e correlação genética favorável com a resistência a doenças, levando a um aumento da taxa de sobrevivência (OLESEN et al., 2003). Sendo, portanto, a melhoria na taxa de crescimento o foco inicial dos programas de melhoramento genético na piscicultura (GJEDREM & BARANSKI, 2009).

Estudos comparando as propriedades genéticas e ambientais entre o Salmão selvagem e o domesticado mostraram que as características relacionadas com aptidão, tais como sobrevivência, crescimento, habilidade competitiva, percepção ao risco, comportamento migratório e desempenho reprodutivo são diferentes entre os indivíduos (FLEMING et al., 1996). Thodesen et al. (1999) compararam descendentes da quinta geração do Salmão do Atlântico selecionado com indivíduos selvagens capturados do rio Namsen, na Noruega e relataram que o Salmão

selvagem consumiu 20% mais energia e proteína por kg de peso corporal e menor retenção de proteína e energia, 19% e 30%, respectivamente. Isso indica que os peixes selecionados para a taxa de crescimento têm um melhor aproveitamento dos recursos alimentares em comparação com animais não selecionados.

Outro exemplo de programa de melhoramento genético com Salmão do Atlântico é o Programa de Desenvolvimento de Reprodutores de Salmão do Atlântico, sigla em inglês ASBDP, uma parceria entre pesquisadores e produtores, em Saint Andrew's, New Brunswick, no Canadá, que foi desenvolvido para criar uma estirpe de Salmão geneticamente melhorada para a piscicultura comercial. O objetivo principal deste programa é desenvolver uma variedade de Salmão com uma associação excelente entre taxa de crescimento rápido, boa qualidade de carcaça e baixa ocorrência de maturidade sexual precoce. Este programa teve inicio em 1998, como uma continuação do Programa de Pesquisa em Genética do Salmão (SGRP, em inglês) e as populações base foram formadas por quatro variedades SGRP diferentes (QUINTON et al., 2005; HILSDORF & ORFÃO, 2011).

3.6.2. Programas de Melhoramento da Carpa Comum (*Cyprinus carpio*)

A Carpa Comum (*Cyprinus carpio*) é uma espécie natural da Ásia Central, mas atualmente, vêm sendo produzida em quase todo o mundo (FAO), sendo provavelmente o mais antigo peixe domesticado, como descrito por Hulata (1995) e Balon (1995). Como resultado da seleção em longo prazo, natural ou artificial, as populações de Carpa Comum adquiriram uma grande diversidade genética, havendo plantéis com diferenças genéticas para as características de interesse econômico tais como, diferenças nos padrões de coloração, formato do corpo (morfologia), taxa de crescimento e outras características quantitativas, em países como Vietnã, China e Indonésia (THIEN & TRONG, 1995; LI & WANG, 2001; DONG & YUAN, 2002; PENMAM et al., 2005; HILSDORF & ORFÃO, 2011).

O programa de melhoramento genético da Carpa Comum na Hungria iniciou na década de 1960, em Szarvas, no Instituto de Pesquisa de Pesca, Aquicultura e Irrigação, onde foram coletadas quinze estirpes húngaras de melhor desempenho de fazendas da região e quinze estirpes estrangeiras, que representaram assim o banco de genes vivo do programa. O objetivo deste programa era melhorar características quantitativas e qualitativas, que direta ou indiretamente influenciavam

a produtividade da Carpa, tais como viabilidade, taxa de crescimento, conversão alimentar, rendimento de carcaça e teor de gordura. A seleção individual foi à base utilizada para selecionar os peixes neste programa de melhoramento, avaliando a origem da população, o desempenho e as características externas típicas das estirpes. Porém, a seleção não era única para cada característica, foi realizado a seleção com base em um índice de seleção, onde para cada característica avaliada era atribuído uma nota dentro de um sistema de avaliação. (BAKOS et al., 2006).

Durante os primeiros 40 anos deste programa de melhoramento, foram realizadas mais de 150 combinações de cruzamentos, como resultado destes cruzamentos, três híbridos em circulação foram produzidos: Szarvasi 215, Szarvasi P31 e Szarvasi P34. Os principais resultados obtidos a partir deste programa na Hungria foram à criação de um banco de genes vivo da Carpa Comum; o desenvolvimento de três híbridos produtivos para as diferentes condições do ambiente e a criação do Programa Nacional de Melhoramento Genético para as Carpas (BAKOS et al., 2006).

Na China um programa de melhoramento genético com a Carpa Comum foi iniciado em 1985, três estoques de Carpa formaram a população base, a carpa branca vietnamita, a carpa escalada húngara e a carpa amarela da Indonésia. A partir destes três estoques foram formadas três linhagens distintas, cada uma contendo diferentes proporções dos estoques fundadores (NINH et al., 2011).

Nas 4 primeiras gerações deste programa era realizada a seleção individual dos animais (1985-1991), onde foram estimadas para taxa de crescimento as herdabilidades de 0,29, 0,20 e 0,05 nas gerações 1, 2 e 4, respectivamente. Após cinco gerações, a taxa de crescimento dos peixes selecionados havia aumentado em 33% em relação à população base e houve uma diminuição na resposta à seleção por causa da contribuição descontrolada de cada família em cada geração (THIEN, 1993). Devido a essa diminuição, a partir da quinta geração a seleção passou a ser feita na família para a característica peso corporal, tendo assim o controle das informações de pedigree por métodos de marcação física e genética; porém, com as restrições de instalações físicas, o número de famílias envolvidas era muito pequeno para sustentar o ganho genético em longo prazo (NINH et al., 2011; NINH et al., 2013). Embora a seleção fosse principalmente para o peso na despensa, os aumentos correlacionados no comprimento do corpo, altura e largura também foram alcançados (NINH et al. 2013).

O uso da heterose no melhoramento genético da Carpa Comum é uma maneira eficiente de melhorar a qualidade do pescado e aumentar a produção e desde 1970, tem sido utilizada por pesquisadores chineses. As características que se buscam melhorar com o uso da heterose são a taxa de sobrevivência, o crescimento e a tolerância às doenças. Desta forma, diferentes híbridos foram produzidos com sucesso, tais como a carpa feng, carpa heyuan, carpa yue, carpa triple-hybrid e a carpa lotus (DONG & YUAN, 2002).

3.6.3. Programas de Melhoramento da Tilápis do Nilo (*Oreochromis niloticus*)

A Tilápis do Nilo (*Oreochromis niloticus*) é uma espécie originária das regiões tropicais e subtropicais da África (EKNATH et al., 1998; CHARO-KARISA et al., 2005), possui um tempo de geração relativamente curto, de aproximadamente seis meses, é uma espécie resistente a doenças, ao superpovoamento e a baixos níveis de oxigênio. Além disso, alimentam-se dos substratos da cadeia trófica, aceitam uma diversidade ampla de alimentos e demonstram um retorno positivo à fertilização dos viveiros. Com relação às características da carne, possui um excelente rendimento de filé, com carne saborosa, baixo teor de gordura e ausência de espinhos intramusculares em forma de “Y” (mioceptos) (SANTOS, 2006).

O principal programa de melhoramento genético com Tilápis do Nilo descrito na literatura teve inicio em abril de 1988 e foi executado nas Filipinas pelo ICLARM (International Center for Living Aquatic Resources Management), atual WorldFish Center. O projeto foi nomeado como “Genetic Improvement of Farmed Tilapias” (GIFT) e contou com o financiamento do Asian Development Bank (ADB) e o United Nations Development Program/Division for Global and Interregional Programs (UNDP/DGIP). O ICLARM contou com a cooperação do National Freshwater Fisheries Technology Research Center e Bureau of Fisheries and Aquatic Resources (BFAR/NFFTRC), Freshwater Aquaculture Center e Central Luzon State University (FAC/CLSU) e o Institute of Aquaculture Research (AKVAFORSK) (EKNATH et al., 1993; BENTSEN et al., 1998).

O programa GIFT envolveu quatro linhagens africanas selvagens de tilápias coletadas em 1988-1989 do Egito, Gana, Quênia e Senegal, e quatro linhagens domésticas asiáticas introduzidas nas Filipinas entre os anos de 1979-1984 (Israel,

Singapura, Tailândia e Taiwan) (EKNATH et al., 1993; BENTSEN et al., 1998). Desta forma, a população base foi formada por animais puros e pela progênie oriunda de 64 cruzamentos dialélicos (HILSDORF & ORFÃO, 2011; GJEDREM, 2012).

A seleção para a característica taxa de crescimento foi o foco inicial deste programa de melhoramento, devido ao desempenho de crescimento considerado ruim em Tilápia do Nilo. A resposta no aumento da taxa de crescimento, após as primeiras cinco gerações de seleção, foi de 12 a 17% por geração (EKNATH et al., 1998; GUPTA & ACOSTA, 2004). Segundo Gupta & Acosta (2004), o método de seleção utilizado no projeto GIFT foi uma seleção combinada entre e dentro da família. Houve trabalhos onde os objetivos de seleção para Tilápia do Nilo foram o rendimento de filé (RUTTEN et al., 2004; RUTTEN et al., 2005; GJERDE et al., 2012), a coloração externa do macho (RAJAEE et al., 2010) e a tolerância ao frio (CHARO-KARISA et al., 2005).

Para Ponzoni et al. (2010), o projeto GIFT foi adequadamente realizado e alcançou dois objetivos principais: (1) a adaptação e desenvolvimento de uma tecnologia de melhoramento genético que pode ser efetivamente usada em animais aquáticos; e (2) a criação de uma estirpe melhorada (GIFT), de produtividade superior e altamente interessante para os piscicultores.

No Brasil, o primeiro programa de melhoramento genético com Tilápia do Nilo começou com a importação da linhagem GIFT em março de 2005, através de um convênio entre a Universidade Estadual de Maringá (UEM, no estado do Paraná) e a WorldFish Center, sendo estas tilápias representantes de 30 famílias (600 alevinos) vindas da Malásia. Com esta importação, o Brasil tornou-se o primeiro país da América Latina a adquirir tilápias provenientes de programas de melhoramento genético (MASSAGO, 2007; LUPCHINSKI JÚNIOR et al., 2008; SANTOS, 2009; PONZONI et al., 2010).

Neste programa o objetivo de seleção é aumentar a taxa de crescimento, obtida a partir da medida do ganho médio diário. No entanto, outras características estão sendo coletadas para melhorar o número de informações dos peixes. Características, como, medidas corporais (largura, largura caudal, altura, altura caudal, comprimento de cabeça, padrão e total) e mortalidade à idade comercial (OLIVEIRA et al., 2010; RESENDE et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2012). Segundo Oliveira et al. (2012) depois de quatro anos de acasalamentos (2009), o programa de melhoramento de tilápias da UEM já demonstrava importantes resultados nas

características “ganho em peso diário” e “peso vivo”, onde ocorreu um aumento dos valores genéticos com taxas anuais de mudanças de 0,053 g/dia e 13,66 g/periódio de cultivo. Com estes valores, os ganhos genéticos anuais aumentaram aproximadamente 4% para ambas as características.

A Tilápia do Nilo é uma espécie de grande importância para a piscicultura de água doce no Brasil, participando do programa de avaliação genética do projeto “Melhoramento de espécies aquícolas no Brasil”, item da Rede Aquabrasil – Bases tecnológicas para o desenvolvimento sustentável da aquicultura no Brasil, que tem o objetivo de promover o melhoramento genético de organismos aquáticos e distribuir animais geneticamente superiores para os produtores (OLIVEIRA et al., 2010; RESENDE et al., 2010).

A disseminação, além da comercialização de reprodutores para alevinocultores estão formando núcleos satélites em diferentes regiões do Brasil, entregando famílias de reprodutores para Recife (PE), Santana do Acaranguá e Santa Fé do Sul (SP), Sorriso (MT) e Camboriú (SC), além de diferentes países, como Cuba e Uruguai. Os núcleos satélites são constituídos por um conjunto de oito a quinze famílias, com 100 representantes de cada família, na mesma proporção de machos e fêmeas, provenientes do Núcleo Seleção do programa de melhoramento genético de Tilápias do Nilo em Maringá (PR) (OLIVEIRA et al., 2010; RESENDE et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2012). Segundo Oliveira et al. (2012) no ano de 2010, 58% dos alevinocultores do estado do Paraná utilizavam a linhagem GIFT, destes mais de 80% estavam satisfeitos com o material genético disponibilizado.

3.6.4. Programas de Melhoramento de Peixes Nativos

A produção de peixes nativos vem se intensificando consideravelmente no cenário da piscicultura nacional (BOSCOLO et al., 2011). Porém, de acordo com (GODINHO, 2007), apesar do fato do Brasil possuir uma fauna piscícola riquíssima, tendo espécies com capacidade para a produção de proteína animal de ótima qualidade, tais como o Tambaqui e o Cachara, um número reduzido dessas espécies eram exploradas comercialmente até aquele momento.

Entretanto, no recente levantamento estatístico realizado pelo IBGE, dados ilustrados graficamente na Figura 2, durante os anos de 2013 e 2014, a produção de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), um peixe exótico africano, foi maior em

relação às demais espécies exóticas e nativas. Sua criação representou cerca 43,1% e 41,9% do total produzido em 2013 e 2014, respectivamente. A segunda colocada, nos dois anos, foi à espécie nativa *Colossoma macropomum*, popularmente chamada de Tambaqui, com uma produção média em relação ao total produzido, de 22,6% no ano de 2013 e de 29,3% no ano de 2014.

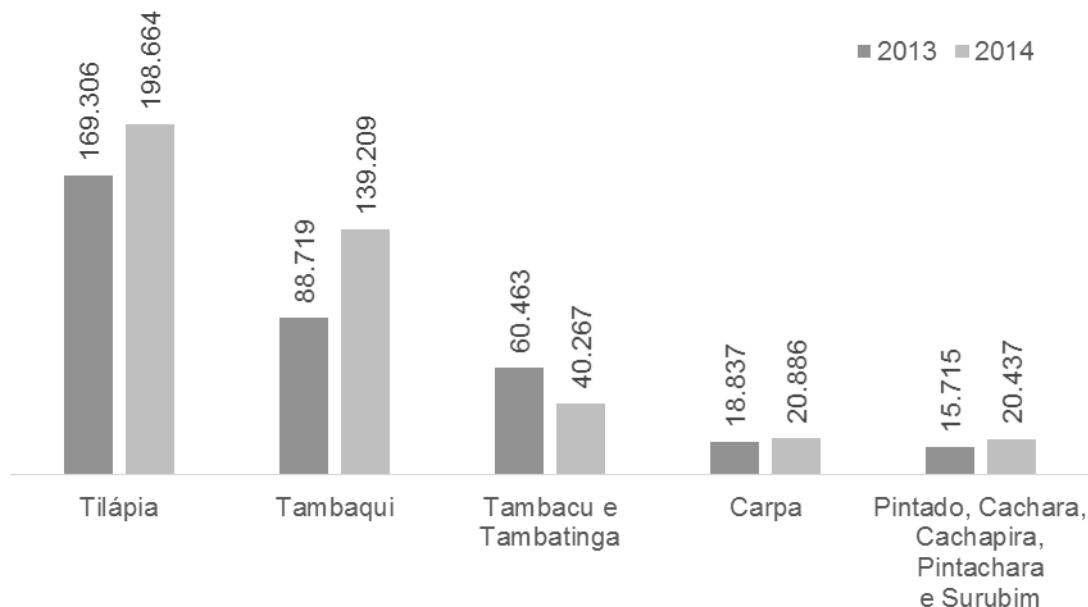


Figura 2. Espécies de peixes produzidas no Brasil nos anos de 2013 e 2014, em toneladas. Fonte: Adaptado de IBGE (2013; 2014).

Os peixes nativos ainda ocuparam a terceira posição com os híbridos do Tambaqui, Pacu e Pirapitinga, e a quinta posição em produção com as espécies e híbridos do gênero *Pseudoplatystoma*, entre eles o Cachara. A quarta posição foi ocupada pela Carpa (*Cyprinus carpio*), espécie exótica.

Segundo Goulding & Carvalho (1982), o Tambaqui (*Colossoma macropomum*) é um peixe originário da bacia Amazônica, sendo considerado o segundo maior peixe escamado (após o pirarucu - *Arapaima gigas*). Na região Norte do Brasil é economicamente importante, devido ao seu tamanho e carne de sabor agradável, tornando-se altamente popular. Além dos rios Amazonas, o Tambaqui também é difundido nos principais rios da bacia do Orinoco na Venezuela (SANTOS et al., 2007).

Os Cacharas (*Pseudoplatystoma reticulatum*) são peixes originários do *P. fasciatum* dos rios Paraná e Amazonas (CREPALDI et al., 2006), os peixes

pertencentes a este gênero (*Pseudoplatystoma*) possuem características econômicas e zootécnicas desejáveis como alta taxa de crescimento e boa conversão alimentar, além de apresentarem uma carne de excelente qualidade, com coloração clara, sabor suave e presença de pouco espinhos (INOUE et al., 2009).

O projeto “Bases tecnológicas para o desenvolvimento sustentável da aquicultura no Brasil – Aquabrasil”, foi criado em 2008, com o intuito de promover um salto tecnológico da aquicultura brasileira que seja capaz de diminuir a deficiência de produção atual e dentro de um aspecto de cadeia produtiva que abranja do produtor ao consumidor. Para isso, o projeto foi construído em formato de rede e reuniu 16 unidades da Embrapa, 26 universidades e instituições de pesquisa, oito empresas privadas, três empresas estaduais e dezenas de pessoas entre pesquisadores, professores, alunos e demais colaboradores (RESENDE, 2009; ROCHA et al., 2013).

De acordo com Oliveira et al. (2012), este projeto organizou dois programas de melhoramento genético de espécies nativas: um para o Tambaqui (*Colossoma macropomum*) e outro para o Cachara (*Pseudoplatystoma reticulatum*) nas regiões Norte e Centro-Oeste do país. Entre os objetivos destes programas, destaca-se a construção e fortalecimento de um programa nacional de melhoramento genético de espécies aquáticas e o planejamento de procedimentos de disseminação e uso de material genético superior, em condições de cultivo, submetidas às boas práticas de manejo, considerando a nutrição, sanidade, biossegurança, preservação ambiental e desenvolvimento de produtos de alto valor agregado.

A seleção dos animais ocorreu em função dos valores genéticos aditivos para a taxa de crescimento, medida a partir do ganho médio diário e peso à despesa (OLIVEIRA et al., 2010; RESENDE et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2012).

O núcleo de seleção dos Tambaquis era composto inicialmente por 64 famílias de animais provenientes de quatro núcleos satélites (Mato Grosso, Rondônia, Tocantins e Amazonas). A estação reprodutiva de 2009-2010 terminou com a organização de 45 famílias, sendo possível estimar os parâmetros genéticos de 198 animais (cerca de 10 famílias), para as características de interesse econômico. A seleção foi realizada dentro da família utilizando os animais de maiores valores genéticos, obtendo como resultado um ganho genético superior a 6% (valor genético médio dos animais foi de 0,31 g/dia). Na estação reprodutiva de 2011-2012 foram realizados acasalamentos de animais selecionados a partir de

seus valores genéticos aditivos para a característica ganho de peso diário, de maneira que já existiam alevinos de Tambaquis filhos de animais geneticamente avaliados e superiores para taxa de crescimento (RESENDE et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2012).

No inicio do programa de melhoramento dos Cacharas foram formadas cerca de 70 famílias provenientes de dois núcleos satélites (Mato Grosso do Sul e Mato Grosso), a geração parental foi constituída por peixes tanto de pisciculturas da região Centro-Oeste quanto de populações selvagens. Atualmente, o núcleo de seleção do melhoramento de Cacharas está localizado no estado do Mato Grosso com cerca de 40 famílias da primeira geração, e com avaliação da segunda geração referente ao cultivo de 2013-2014. No núcleo satélite foram formadas ainda no cultivo de 2013-2014, aproximadamente 17 famílias, que estão sendo avaliadas conforme seus dados biométricos de ganho de peso (OLIVEIRA et al., 2012; ALBUQUERQUE, 2014).

Segundo Ribeiro & Legat (2008), o uso do melhoramento genético na piscicultura tem sido menor em relação aos animais terrestres, mas há uma ampla capacidade de expansão, devido a crescente demanda mundial por alimentos. Assim sendo, demonstra-se a necessidade de implantação de programas de melhoramento genético em espécies aquáticas.

3.7. Como Iniciar um Programa de Melhoramento Genético

Para Gjedrem & Baranski (2009), o objetivo básico de um programa de melhoramento é impulsionar as bases de uma produção aquícola sustentável, sendo que os programas de melhoramento possuem metas e objetivos de longo prazo.

Os peixes são ótimos modelos para programas de melhoramento genético, pois possuem fecundação externa, o que possibilita o manuseio dos gametas para realizar sistemas de acasalamento dirigido e manipulação cromossômica; alta fecundidade, produção de um grande número de descendentes que permite programas de seleção mais intensos e a realização de teste de desempenho com diferentes grupos genéticos e a possibilidade de formação de híbridos, que apesar de ser uma prática ambientalmente questionável tem sido muito utilizada com diferentes espécies de peixes nativos no Brasil (HILSDORF et al., 2013a).

Os objetivos do melhoramento devem ser estabelecidos individualmente para cada espécie e/ou população, pois as características economicamente relevantes são distintas entre as espécies e as condições de marketing podem variar em diferentes países. Porém, algumas características são de especial importância econômica na maioria das populações, como por exemplo, taxa de crescimento, resistência às doenças, sobrevivência, eficiência alimentar, idade à maturação sexual e qualidade do produto (carne) (GJEDREM, 2000; PONZONI, 2006; GJEDREM & BARANSKI, 2009).

A primeira, e uma das mais relevantes, medidas a tomar quando se inicia um programa de melhoramento é a criação de uma população base com ampla variabilidade genética, tentando evitar problemas com a consanguinidade e possibilitando o aumento na probabilidade de respostas genéticas em longo prazo (GJEDREM & BARANSKI, 2009; STREIT JÚNIOR et al., 2012).

No cultivo de peixes, a população base pode ser formada de peixes oriundos de indivíduos selvagens, domesticados (de pisciculturas) ou uma combinação dos dois (HOLTSMARK et al., 2006). Deve-se avaliar se os animais disponíveis em pisciculturas possuem ou não informações de pedigree, visto que indivíduos sem informações pode levar a endogamia, bem como analisar o tamanho efetivo da população a ser avaliada, a fim de observar se será necessário incluir reprodutores de outras populações de criação ou selvagem (GJEDREM & BARANSKI, 2009). A utilização de animais de captura selvagem em rios e sua introdução no plantel podem causar alguns problemas tais como: os peixes são encontrados em locais afastados tornando sua apreensão cara e trabalhosa; existem leis ambientais para a captura e transporte rigorosas para ações “contra” animais silvestres; a adaptação em cativeiro pode levar algum tempo, não garantindo respostas zootécnicas produtivas positivas; e a captura de um animal velho, que não alcançou o tamanho específico à espécie, por restrição alimentar ou herança genética, faz com que essa característica possa ser repassada a seus descendentes (STREIT JÚNIOR et al., 2012).

Segundo Holtsmark et al. (2006) as estirpes selvagens e domésticas podem contribuir com animais para uma população base. No entanto, o desempenho dos indivíduos domésticos pode ser conhecido, pelo menos para uma ou algumas características. Já para as populações selvagens existe pouca ou nenhuma informação sobre o desempenho genético. Uma vez que os fenótipos são afetados

por gênero, idade e meio ambiente, a informação fenotípica deve ser vista com cautela na avaliação de peixes selvagens para reprodução.

Com relação aos parâmetros fenotípicos e genéticos mais significativos na avaliação das características em programas de melhoramento genético de peixes, Gjedrem (2000) destaca as seguintes:

- Média, desvio-padrão e coeficiente de variação;
- Variação fenotípica e genética;
- Herdabilidade para cada característica;
- As correlações fenotípicas e genéticas entre as características.

3.7.1. Elementos de um Programa de Melhoramento Genético

Para introdução e andamento de um programa de melhoramento genético, que leve a ganhos genéticos relevantes e permanentes, são apresentados, na literatura científica, alguns critérios que devem ser seguidos, descritos a seguir (PONZONI, 2006; RIBEIRO & LEGAT, 2008; OLIVEIRA et al., 2010; RESENDE et al., 2010):

i. Descrição ou desenvolvimento do(s) sistema(s) de produção:

O programa de melhoramento deve acontecer em um ambiente o mais similar possível ao sistema de produção em que os peixes serão cultivados, assegurando assim, que o ganho genético alcançado no núcleo de melhoramento genético também será obtido em tanques de produção. Devem-se analisar informações tais como: a natureza do sistema de produção (por exemplo, mono ou policultura), o regime alimentar, o desafio ambiental (doenças, temperatura, qualidade da água), o sexo, idade e tamanho dos indivíduos e o ambiente social.

ii. Escolha da espécie, variedades e sistemas de cruzamento

Para definir qual espécie/variedade de peixe será utilizada em um programa de melhoramento genético, é necessário definir se a espécie apresenta habilidade natural de crescimento, se existem informações sobre o processo reprodutivo da espécie, como está à distribuição da variabilidade genética da espécie na natureza, se há variabilidade genética suficiente para se formar um plantel inicial que sofrerá a seleção, quais as características que atribuem qualidade de carne, entre outros

(HILSDORF & ORFÃO, 2011). Além disso, a seleção terá de ser realizada baseada em dados colhidos, onde ocorreram comparações entre espécies e variedades e estimativas de parâmetros fenotípicos e genéticos. Os estoques de animais escolhidos da espécie deverão passar por todos os cruzamentos viáveis entre eles e um cruzamento seletivo posterior da progênie formada, independente da sua origem.

Atendidas tais demandas, uma população base com aumento da variação genética, percebe-se que todos os estoques são iguais na inclusão de valores individuais. Selecionado o melhor estoque, poderá não fazer uso dos valores individuais para outros estoques. O procedimento indicado promove o melhor uso dos recursos genéticos, independentemente da origem dos mesmos.

iii. Formulação do objetivo de seleção

A formulação do objetivo de seleção é fundamental, pois determina a ênfase nas características que serão contempladas no programa de melhoramento genético no sentido de responder ao mercado consumidor, aquelas que causam maior impacto na cadeia produtiva ou em parte dela. Sendo assim, o objetivo de seleção deveria estar estreitamente relacionado com o sistema de produção.

O objetivo de seleção inclui características, como: taxa de crescimento ou tamanho, taxa de sobrevivência, idade de maturidade sexual, resistência às doenças, tolerância à temperatura, salinidade ou a outros atributos da água, qualidade da carne e conversão alimentar. Destas características, a taxa de crescimento (ou tamanho numa determinada idade) tem sido a mais comum, em parte porque o seu resultado é facilmente percebido, sua medição é simples e possui grande importância no sistema de produção, o rápido crescimento de um peixe permite a sua produção em um período menor de tempo.

iv. Definição dos critérios de seleção

O critério de seleção é o método de mensuração de uma ou de várias características, a partir das quais, será feita a escolha dos indivíduos. O objetivo de seleção define “aonde ir”, ao passo que os critérios de seleção definem “como chegar lá”. Portanto, estas características devem ser de mensuração simples, apresentarem resposta à seleção e estarem relacionadas com o objetivo de seleção, para expressarem o mérito genético dos animais e, posterior, retorno econômico da seleção.

Um exemplo de critério de seleção pode-se estar interessado em aumentar o peso na comercialização, mas para realizar essa seleção baseia-se nos pesos obtidos em idade anterior àquela ao atingir o peso do mercado, numa tentativa de acelerar o processo de seleção, determinando mais cedo os animais para a reprodução. Nesse exemplo, deve-se ser capaz de selecionar os peixes quando eles tiverem, ou se aproximarem do peso de comercialização, onde o critério de seleção deverá ser o mesmo que a característica do objetivo de seleção.

v. Delineamento do sistema de avaliação genética

O sistema de avaliação genética é o processo de definição da metodologia utilizada na determinação do mérito genético dos animais a partir dos dados coletados. Pode ser algo muito simples, envolvendo seleção massal, ou algo muito mais complicado, envolvendo a adaptação de um modelo animal para os dados.

Quando os peixes são identificados individualmente é possível manter as informações de pedigree e, dessa forma, utilizar o procedimento estatístico de predição de variáveis aleatórias, o BLUP (best linear unbiased prediction), nesta metodologia é incorporado a matriz de parentesco para prever os valores genéticos dos animais, sendo possível a estimativa dos valores de cruzamento (EBVs – “estimated breeding values”) combinando a informação disponível. Este procedimento é considerado uma alternativa melhor que a seleção massal ou a seleção combinada entre e dentro de família. Na estimativa dos valores de cruzamento (EBVs) pelo BLUP, é utilizado a informação tanto de cada indivíduo como daqueles relacionados na população (família).

vi. Seleção dos animais e definição do sistema de acasalamento

Refere-se à escolha dos indivíduos que terão preferência de acasalamentos. O ideal seria apenas utilizar os “melhores” indivíduos, mas na prática, deve-se avaliar a intensidade de seleção e o tamanho efetivo da população, sendo necessário um número relativamente grande de animais. O acasalamento dos animais selecionados deve ser conduzido de forma que haja aumento no desempenho médio da nova população, manutenção de variabilidade genética e dos ganhos genéticos durante várias gerações e controle do incremento de consanguinidade.

vii. Delineamento do sistema para disseminação da população melhorada

O sistema para multiplicação do material genético selecionado deve possibilitar a transferência efetiva e de forma rápida ao setor produtivo, intensificando o fluxo gênico entre os diferentes componentes do setor produtivo (Núcleo, Multiplicadores e Comercial), descrito na Figura 1. Isto porque, o melhoramento genético geralmente ocorre numa pequena parte da população, mas isso é o bastante para fornecer indivíduos melhorados a uma grande população envolvida na produção. Ou seja, o melhoramento genético obtido na "elite" dos animais superiores em um "Centro de Melhoramento" é multiplicado e disseminado ao sistema de produção e esse processo pode ocorrer de maneira mais rápida e eficiente em espécies com elevado potencial reprodutivo como os peixes.

viii. Monitoramento e comparação de programas alternativos

O estabelecimento de um sistema de avaliação do programa de melhoramento genético é importante para garantir que o ganho genético está sendo alcançado. Caso ocorra algum problema, haverá a necessidade de ajustes no programa.

Este procedimento é feito comparando o desempenho das progênieis dos animais selecionados com a progênie de animais com desempenho médio, utilizados como população controle. A diferença no desempenho indicará a resposta à seleção obtida na geração anterior.

3.8. A Utilização de Híbridos na Piscicultura

Os termos “híbrido” ou “hibridização” consiste no cruzamento entre indivíduos ou grupos geneticamente distintos, podendo formar conjuntos de híbridos intraespecíficos (cruzamento entre animais dentro de uma mesma espécie, mas de variedades diferentes), híbridos interespecíficos (cruzamentos entre indivíduos de espécies diferentes, mas do mesmo gênero) e os híbridos intergenéticos (cruzamento entre espécies de gêneros diferentes), sendo esta descendência fértil ou não (BARTLEY et al., 2001; FERNANDES et al., 2010; HILSDORF et al., 2014).

Essa estratégia de cultivo é utilizada por aquicultores com o objetivo de produzir animais com características desejáveis para aumento no desempenho, como por exemplo, maior taxa de crescimento, diminuição da exigência nutricional,

aumento da resistência a doenças, melhoria na qualidade da carne, comportamento menos agressivo, melhorar a tolerância ambiental para obter indivíduos com maior aptidão ao manejo produtivo, ou seja, tornar os peixes mais lucrativos (TOLEDO FILHO & TOLEDO, 1998; BARTLEY et al., 2001).

O vigor de híbrido ou heterose é o fenômeno onde os indivíduos híbridos expressam melhor desempenho em comparação a ambas as espécies parentais (BARTLEY et al., 2001; HELFMAN et al., 2009; HILSDORF & ORFÃO, 2011).

Segundo Scribner et al. (2001) a hibridação natural acontece com maior frequência nos peixes em relação a outros grupos de vertebrados, isto porque, os peixes possuem fertilização externa, há competição pelo território de desova, há um desequilíbrio na relação entre machos e fêmeas de suas espécies parentais, abundância de espécies e sobrevivência em lugares com recursos limitados. A hibridação interespecífica ocorre, em média, em 10% das espécies animais (MALLET, 2005) originando, frequentemente, um híbrido inábil num conceito reprodutivo, ecológico, bioquímico, fisiológico ou comportamental (HELFMAN et al., 2009).

A hibridação em peixes pela interferência do homem tem registros desde o século 19, com trabalhos de viabilidade do híbrido de salmonídeos (Salmão do Atlântico – *Salmo salar* x Truta Marrom – *Salmo trutta*), ciprinídeos (Carpa capim – *Ctenopharyngodon idella* x Carpa Cabeça Grande – *Aristichthys nobilis*) e Tilápia (DAY, 1882, apud ALVES et al., 2014; CHEVASSUS, 1979; BARTLEY et al., 2001).

3.8.1. Híbridos Interespecíficos de Peixes Nativos

No Brasil, o início dos programas de melhoramento genético de espécies nativas começou com a produção de híbridos, com o propósito de produzir progêneres com desempenho médio superior à média dos pais, sendo que as respostas da hibridação são mais visíveis quanto mais distintos forem os grupos genéticos utilizados (LOPEZ-FANJUL & TORO, 1990 apud RESENDE et al., 2010; HILSDORF et al., 2014).

A técnica de hibridação em peixes de água doce tornou-se uma atividade comum na piscicultura brasileira, tendo seu inicio nos anos 70 com o cruzamento entre linhagens e espécies de tilápias, realizado no DNOCS (Departamento de Obras Contra a Seca). Na década de 1980, no Centro de Pesquisa de Peixes

Continentais (CEPTA) em Pirassununga – SP e no Centro de Aquicultura da Universidade Estadual Paulista (CAUNESP) em Jaboticabal – SP, iniciou-se a criação do “tambacu”, híbrido interespecífico produzido em escala comercial, agregando características da fêmea de Tambaqui e do macho de Pacu e, também, a formação de “paqui” obtido com machos de Tambaqui e fêmeas de Pacu (BERNARDINO et al., 1986, apud ALVES et al., 2014; CASTAGNOLI & ROSA, 1990, apud ALVES et al., 2014; HILSDORF et al., 2014).

A partir de 1982, o DNOCS começou a produzir o “tambatinga”, híbrido pela fecundação de ovócitos de Tambaqui e sêmen de Pirapitinga e vice-versa (PINHEIRO et al., 1991).

A Tabela 1 destaca os principais híbridos amplamente utilizados na piscicultura brasileira.

Tabela 1. Híbridos interespecíficos produzidos no Brasil a partir de peixes nativos de água doce

HÍBRIDO ¹	PARENTAL FÊMEA X PARENTAL MACHO
Tambacu	Tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i>) X Pacu (<i>Piaractus mesopotamicus</i>)
Paqui	Pacu (<i>Piaractus mesopotamicus</i>) X Tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i>)
Tambatinga	Tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i>) X Pirapitinga (<i>Piaractus brachypomus</i>)
Patinga	Pacu (<i>Piaractus mesopotamicus</i>) X Pirapitinga (<i>Piaractus brachypomus</i>)
Cachapinta ou Ponto e Vírgula	Cachara (<i>Pseudoplatystoma reticulatum</i>) X Pintado (<i>Pseudoplatystoma corruscans</i>)
Pintachara ou Ponto e Vírgula	Pintado (<i>Pseudoplatystoma corruscans</i>) X Cachara (<i>Pseudoplatystoma reticulatum</i>)
Cachapira	Cachara (<i>Pseudoplatystoma reticulatum</i>) X Pirarara (<i>Phractocephalus hemiolopterus</i>)
Jundiara ou Pintado-da-Amazônia	Cachara (<i>Pseudoplatystoma punctifer</i>) X Jundiá da Amazônia (<i>Leiarius marmoratus</i>)
Pintadiá	Pintado (<i>Pseudoplatystoma corruscans</i>) X Jundiá da Amazônia (<i>Leiarius marmoratus</i>)

¹A nomenclatura do híbrido é a junção do nome popular das duas espécies parentais, sendo mais comum apresentar a fêmea antes do macho.

Os “peixes redondos”, assim chamados por causa do formato corporal (Tambaqui, Pacu e Pirapitinga) são onívoros com comportamento frugívoro, possuem alta rusticidade e boas taxas de crescimento e conversão alimentar. A

criação de híbridos com essas três espécies é utilizada por muitos piscicultores, na tentativa de gerar peixes com características favoráveis à produção (MORO et al., 2013).

O “tambacu” é o híbrido mais produzido no Brasil, este apresenta uma combinação de resistência a baixas temperaturas e rusticidade (característica do Pacu) e maiores taxas de crescimento e sobrevivência (característica do Tambaqui). (SENHORINI et al., 1988; MORO et al., 2013; ALVES et al., 2014).

O “paqui”, possui um maior potencial de crescimento em relação aos seus progenitores (SENHORINI et al., 1988).

O híbrido “tambatinga” também é considerado importante e vem conquistando os consumidores, representando a maior produção na região Norte e Centro-Oeste do país. O mesmo apresenta rápido crescimento e maior eficiência na filtração de plâncton, devido seus rastros branquiais serem mais desenvolvidos, características estas herdadas do seu parental Tambaqui. Em relação ao seu parental Pirapitinga, herdou a maior deposição muscular no lombo, podendo apresentar dois ciclos produtivos durante um ano, devido ao maior crescimento (SILVA-ACUÑA & GUEVARA, 2002; MORO et al., 2013; ALVES et al., 2014).

O “patinga” agrega as características zootécnicas anteriormente mencionadas para ambas às espécies, Pacu e Pirapitinga (MORO et al., 2013).

Os peixes do gênero *Pseudoplatystoma* (Cacharas e Pintados) são piscívoros, apresentam carne de ótima qualidade, com baixa taxa de gordura e inexistência de espinhos intramusculares, além de grande crescimento e eficiência alimentar, características que demonstram sua capacidade para a produção comercial (CARVALHO et al., 2008; MORO et al., 2013).

Os híbridos formados a partir dessas espécies são a “cachapinta” e o “pintachara”, popularmente chamados de “ponto e vírgula”, obtidos pelo cruzamento bidirecional entre os parentais, eles apresentam características como crescimento superior e maior rusticidade, particularmente na fase de alevinagem (MORO et al., 2013). Porém, segundo Alves et al. (2014) estes animais demonstram algumas desvantagens de cultivo em relação ao manejo alimentar e larvicultura, isto devido ao alto canibalismo, por serem espécies carnívoras.

Uma possibilidade de tentar diminuir estes problemas é o cruzamento intergêneros com outros Siluriformes de hábitos alimentares menos carnívoros ou onívoros. Nesses cruzamentos são utilizados o Jundiá da Amazônia e a Pirarara,

formando os híbridos “jundiara” ou “Pintado-da-Amazônia” e “cachapira” (Cachara x Pirarara). Estes híbridos apresentam características zootécnicas desejáveis, como por exemplo, rápido crescimento, cabeça pequena, carne saborosa, fornecimento de ração de baixo teor de proteínas (ração mais barata) e maior facilidade de arraçoamento, além da redução dos problemas com canibalismo (HILSDORF & ORFÃO, 2011; MORO et al., 2013; ALVES et al., 2014).

Outro exemplo de híbrido apresentado por Alves et al. (2014) é o “pintadiá”, formado através do cruzamento de fêmeas de Pintado e machos de Jundiá. Estes híbridos apresentam as características dos seus parentais e vem sendo produzido nas estações de larvicultura.

3.8.2. Impactos da Produção de Híbridos

A utilização de indivíduos híbridos como reprodutores em um plantel pode causar no programa de melhoramento genético:

- a) Diminuição do sucesso reprodutivo (SOUSA-SANTOS et al., 2007);
- b) Perda das características morfológicas por um dos parentais, em alguns casos cerca de dez gerações são suficientes (FREYHOF et al., 2005);
- c) Contaminação de estoque puro de reprodutores, devido à formação de estoques “pseudo” puros para fins de repovoamento e produção (MIA et al., 2005; CARVALHO et al., 2008);
- d) Redução do vigor híbrido para as características de interesse, como taxa de crescimento, resistência a doenças, entre outras (SENANAN et al., 2004);
- e) O escape accidental para a natureza pode levar a extinção local da população nativa (ALLENDORF et al., 2001).

A hibridação de peixes pode resultar em indivíduos completamente estéreis ou com boa capacidade reprodutora em ambos os sexos, apresentando gônadas com maturação sexual natural (CHEVASSUS, 1983, apud ALVES et al., 2014).

Quando o híbrido é estéril, diminui o risco genético à fauna local de um possível escape e cruzamento, podendo melhorar a taxa de crescimento, já que o híbrido não gastará sua energia com a reprodução (BARTLEY et al., 2001;

EPIFANIO & NIELSEN, 2001), porém será capaz de disputar por recursos, como alimento, habitat e mesmo que seja estéril poderá competir com os demais machos pela reprodução (SILVA et al., 2009). Nessa situação a fêmea pura nativa põe os ovos e o macho híbrido estéril deposita o sêmen inviável, a fertilização não acontece fazendo com que a fêmea gaste energia reprodutiva, como consequência as gerações posteriores terão redução em seu tamanho (ALVES et al., 2014).

Já, o híbrido fértil causa um impacto tão grande ou ainda maior sobre a redução da população pura, ou seja, incorpora genes de uma espécie em outra, chamada de introgressão, que pode reduzir as características de desempenho ou a aptidão reprodutiva da espécie pura levando a depressão endogâmica que resultará em redução do tamanho populacional e, consequentemente, a extinção local da espécie pura (SILVA et al., 2009; ALVES et al., 2014). De acordo com Alves et al. (2014) quando a fuga do híbrido acontecer na área denominada de centro de origem da espécie, local onde estaria reunido a maior variedade genética populacional e onde efetivamente a espécie teve origem, a perda é considerada irrecuperável no enfoque evolutivo e de conservação, com consequências visíveis na produção, porque esta é uma região de concentração de variedades para seleção de características de interesse zootécnicos, como por exemplo, resistência a doenças.

Na piscicultura, as consequências da “propagação” de híbridos é semelhante ao que acontece na natureza, porém com o complicador de que o impacto é direto na produção, devido à ausência de controle nos plantéis os híbridos acabam sendo utilizados equivocadamente como reprodutores, isso ocorre porque os animais não são devidamente identificados precocemente e nem quando adultos, podendo originar na criação de um plantel de reprodutores puros e híbridos (ALVES et al., 2014).

Segundo Alves et al., (2014) a identificação e monitoramento de híbridos na natureza ou em pisciculturas não é algo fácil de realizar, já que as diferenças morfológicas entre as espécies parentais e seus híbridos são discretas, particularmente, em híbridos de segunda geração ou retrocruzados com os parentais, porém o uso da morfologia externa é o principal método utilizado, mas não garante que um indivíduo seja de primeira geração (F1), de segunda geração retrocruzada com os parentais (F2) ou até mesmo de primeira geração entre os próprios híbridos.

Portanto, apesar do vigor híbrido trazer vantagens produtivas, os criadores devem conscientizar-se de que há riscos causados pela hibridização e consequentemente introgessão em populações naturais e em pisciculturas.

4. RELATÓRIO DE ESTÁGIO

4.1. Plano de Estágio

As atividades realizadas durante o estágio obrigatório no Centro Nacional de Pesquisa em Pesca, Aquicultura e Sistemas Agrícolas (CNPASA) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) vinculada ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento foram de acordo com o designado no Plano de Estágio (Anexo 1) durante o período de 30 de agosto a 25 de novembro de 2016, totalizando 462 horas, conforme descrito abaixo:

- ✓ Levantamento bibliográfico das espécies em estudo;
- ✓ Acompanhamento de biometrias e escrituração zootécnica dos planteis sob orientação da Embrapa Pesca e Aquicultura;
- ✓ Utilização dos recursos computacionais para o tratamento dos dados da escrituração zootécnica;
- ✓ Acompanhamento da estação reprodutiva, cálculos de sucesso do período, índice de natalidade e mortalidade do plantel;
- ✓ Outras atividades ligadas à conservação de espécies aquícolas nativas;
- ✓ Discussão de artigos voltados para o melhoramento genético e conservação de espécies aquícolas;
- ✓ Outras atividades ligadas ao melhoramento genético de espécies aquícolas;
- ✓ Outras atividades ligadas à reprodução das espécies aquícolas.

4.2. Local de Estágio e Supervisão

4.2.1. Embrapa Pesca e Aquicultura

O estágio obrigatório do curso de Zootecnia da Universidade Federal do Paraná foi conduzido na Embrapa Pesca e Aquicultura (CNPASA), localizada na capital do Tocantins, Palmas ($10^{\circ}08'$ de latitude sul e $48^{\circ}18'$ de longitude oeste) situada na região Norte do Brasil, que atualmente conta com um espaço total de 124 ha, sendo 5,11 ha de área construída (Figura 3;Figura 4).

A instituição foi fundada em agosto de 2009, estando entre as mais jovens unidades descentralizadas da Embrapa. O CNPASA foi criado com o intuito de gerar conhecimento e tecnologias para a pesca e aquicultura e atuar regionalmente desenvolvendo soluções para a produção agrícolas em sistemas integrados (EMBRAPA, 2016).

Uma nova sede foi inaugurada em julho de 2016 e as instalações que abrigam essa Unidade de Pesquisa da Embrapa foram doadas pelo governo do estado do Tocantins, onde funcionava a antiga fazenda Caracol. O local possui escritórios para as equipes de Pesquisa e Desenvolvimento, Transferência de Tecnologia, Administração, Núcleo de Tecnologia da Informação, Núcleo de Comunicação Organizacional, Secretaria e suas respectivas chefias. Além disso, os 14 laboratórios se encontram em fase de implantação: Tecnologia do Pescado, Patologia, Histologia e Fisiologia, Biologia, Biotecnologia, Ecofisiologia e Produção Vegetal, Matéria Orgânica do Solo e Gases de Efeito Estufa, Química dos Solos, Física dos Solos, Biofísica Ambiental, Qualidade da Água, Bromatologia, Química Analítica e Solos (EMBRAPA, 2016).

Atualmente, a instituição conta com três campos experimentais em fase de implantação: o Campo Experimental de Aquicultura - CEAQ (Figura 5) e a área experimental do Lago de Palmas, ligados ao Núcleo Temático de Pesca e Aquicultura; e o Campo Experimental de Buritirana, ligado ao Núcleo Temático de Sistemas Agrícolas (EMBRAPA, 2016). O CEAQ possui 15,2 ha, sendo 8,58 ha ocupados pelos tanques escavados.

4.2.2. Áreas de Conhecimento

O CNPASA conta com duas áreas de conhecimento, a de Transferência de Tecnologia (TT) e a de Pesquisa e Desenvolvimento (PD), sendo este subdividido em dois núcleos temáticos, o Núcleo Temático de Sistemas Agrícolas (NTSA) e o Núcleo Temático de Pesca e Aquicultura (NTPA), conforme ilustrado na Figura 6.

O Núcleo Temático de Sistemas Agrícolas (NTSA) é um núcleo transdisciplinar, com foco na integração de princípios fundamentais do conhecimento em solo, água e ar com a produção animal, de grãos e de culturas perenes, e as relações desses sistemas em nível de bacia hidrográfica, para melhoria da qualidade ambiental, aumento da produtividade, da sustentabilidade e da eficiência nos sistemas agropecuários (EMBRAPA, 2016). Possuindo diferentes linhas de pesquisa:

- ✓ Análise de sistemas de produção agropecuária e indicadores de sustentabilidade;
- ✓ Intensificação ecológica em sistemas agrícolas;
- ✓ Manejo de pastagens;
- ✓ Modelagem de agroecossistemas;
- ✓ Relação solo-água-planta-atmosfera.

O Núcleo Temático em Pesca e Aquicultura (NTPA) tem como missão desenvolver tecnologias e conhecimento a respeito de toda a cadeia produtiva da aquicultura, trabalhando com espécies como o Pirarucu (*Arapaima gigas*), o Tambaqui (*Colossoma macropomum*), os Surubins (*Pseudoplatystoma spp.*) e a Tilápia (*Oreochromis niloticus*) (EMBRAPA, 2016). Possuindo diferentes linhas de pesquisa:

- ✓ Sistemas de produção aquícola;
- ✓ Nutrição e alimentação de espécies aquícolas;
- ✓ Melhoramento genético de espécies aquícolas;
- ✓ Reprodução de espécies aquícolas;
- ✓ Manejo e conservação de recursos pesqueiros;
- ✓ Sanidade de organismos aquáticos;
- ✓ Aproveitamento de resíduos de pescado
- ✓ Processamento de pescado;

- ✓ Legislação ambiental, estudos batimétricos e modelagem hidrológica;
- ✓ Engenharia de alimentos;
- ✓ Economia.

O estágio foi realizado no NTPA, especificamente na área de melhoramento genético e reprodução de espécies aquícolas, sob orientação da zootecnista e pesquisadora Dra. Luciana Shiotsuki Belchior.



Figura 3. Localização geográfica da Embrapa Pesca e Aquicultura. Fonte: Google Earth (2016).



Figura 4. Sede da Embrapa Pesca e Aquicultura. Fonte: Google Earth (2016).



Figura 5. Centro Experimental de Aquicultura (CEAQ). Fonte: Google Earth (2016).

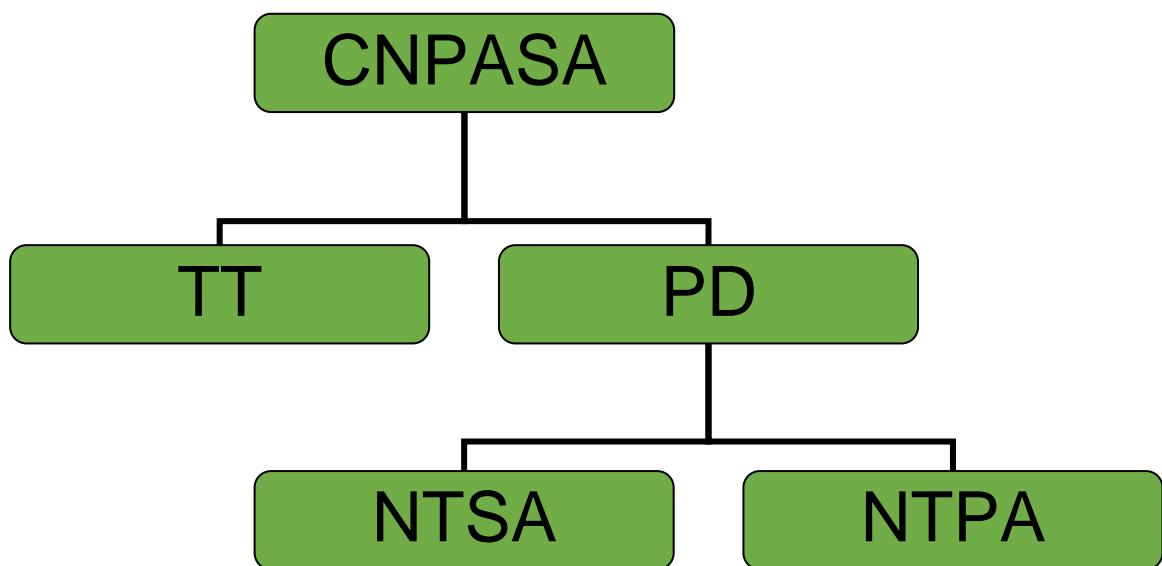


Figura 6. Estrutura organizacional da Embrapa Pesca e Aquicultura.

4.3. Atividades Desenvolvidas

4.3.1. Biometria dos Tambaquis (*Colossoma macropomum*)

Os Tambaquis pertencentes a Embrapa estavam alojados na Aquicultura Fazenda São Paulo, na cidade de Brejinho de Nazaré – TO, cerca de 110 km de distância, isto porque as instalações da nova sede da Embrapa estavam em fase de conclusão. Estes animais estavam distribuídos em dois tanques escavados, cada um com 60 animais.

Todos os 120 Tambaquis foram pesados e medidos o comprimento total (Figura 7), isto porque posteriormente passariam pelo processo de reprodução artificial. O plantel era composto por 60 machos e 60 fêmeas de 15 famílias distintas, provenientes de diversos estados do Brasil. As biometrias eram realizadas mensalmente, na primeira quinzena do mês, sendo que no período de estágio ocorreram três biometrias (13/09, 11/10 e 16/11), correspondiam à 9^a, 10^a e 11^a biometria, respectivamente.



Figura 7. Representação do comprimento total em Tambaqui. Fonte: Adaptado de <<http://pescariamadora.blogspot.com.br/2012/03/diferenca-entre-tambaqui-tambacu-e-pacu.html>>.

Etapas para realização da biometria:

Captura dos peixes: a captura dos peixes era feita com a utilização de rede de arrasto (Figura 8), os animais eram colocados individualmente em sacos plásticos com furos, para permitir a saída de água, evitando assim pesagem errada dos peixes.



Figura 8. Captura dos peixes com rede de arrasto para realização da biometria.
Fonte: Arquivo pessoal.

Leitura do chip: os peixes possuíam um chip implantado na região dorsal, próximo à nadadeira dorsal, a leitura era realizada imediatamente a saída dos animais do tanque, para que pudesse ser feita a correta anotação das informações, a Figura 9 apresenta o leitor de chip utilizado.

Peso: todos os peixes foram pesados individualmente, sendo colocados dentro de um saco plástico, a balança foi pendurada em um tripé (Figura 10).

Comprimento total: os animais foram medidos com o auxílio de uma fita métrica, apoiada sobre uma mesa (Figura 11).

Anotação das informações: os dados eram anotados em uma planilha, para posterior análise, cálculos de ganho de peso e comparação com as demais biometrias (Figura 12).



Figura 9. Leitor de chip. Fonte: Arquivo pessoal.



Figura 10. (A) Tripé com a balança de pesagem; (B) Tambaqui sendo pesado, com o auxílio de um saco plástico. Fonte: Arquivo pessoal.

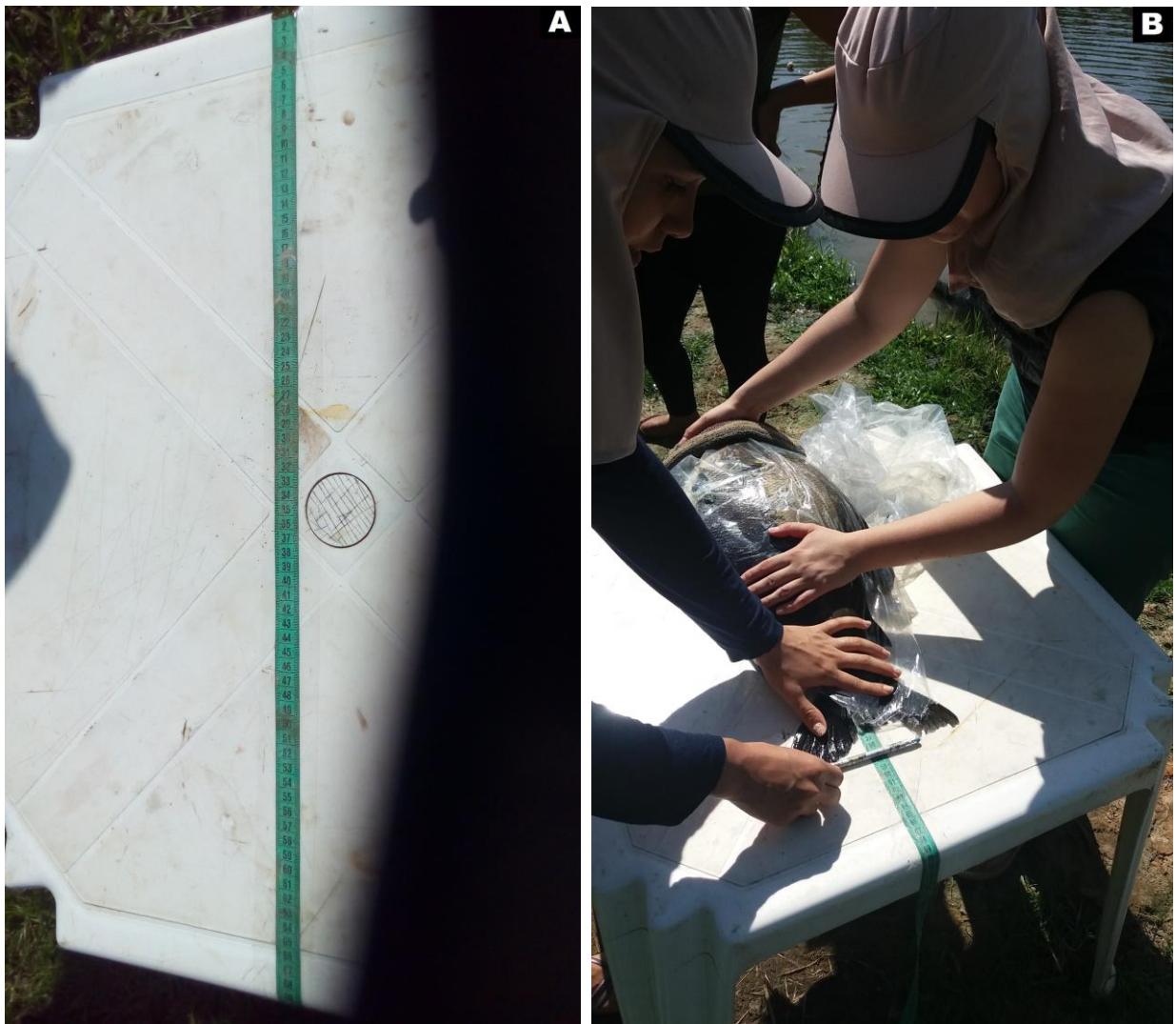


Figura 11. (A) Fita métrica para medir o comprimento total dos Tambaquis; (B) Aferição do comprimento corporal do Tambaqui. Fonte: Arquivo pessoal.

Identificação	9º Biometria		10º Biometria		Observações
	Comprimento	Peso	Comprimento	Peso	
292858	59	4,670			
291224	59	4,190			
291619	62	4,570			
291620	58	5,010			
292248	57	3,530			
292294	58	3,830			
292300	58	4,110			
292303	57	4,230			
292321	59	4,230			
292335	58	4,640			
292347	58	4,480			
292362	59	4,230			
292386	55	3,490			
292388	54	3,540			
292391	59	4,670			
292406	59	4,370			
292418	60	4,290			
292427	58	4,750			
292430	58	3,830			
292446	56	3,570			
292453	54	3,180			
292459	58	4,320			
292464	57	4,450			
292475	60	4,510			
292478	56	4,430			
292482	59	4,900			
292488	55	3,730			
292493	57	4,020			
292498	61	4,920			
292737	56	3,630			
292757	60	5,140			
292780	62	4,640			
292808	65	5,710			
292827	56	4,290			
292829	54	3,790			
292838	60	4,400			
292839	62	5,520			
292841	56	4,380			

Figura 12. Planilha de coleta de dados da biometria. Fonte: Arquivo pessoal.

A biometria é realizada com o intuito de acompanhar o plantel em seu desenvolvimento e estado geral ao longo do cultivo, devendo ser realizadas a cada 15 a 30 dias (LIMA et al., 2013a; MORO, 2014). Neste caso, a biometria dos animais era realizada com o objetivo de análise corporal para avaliar o crescimento dos peixes e decidir a melhor época de reprodução dos mesmos, ou seja, observar se já estavam aptos a iniciar o período reprodutivo.

4.3.2. Reprodução Artificial de Matrinxã (*Brycon amazonicus*) e Tambaqui (*Colossoma macropomum*)

O desenvolvimento de técnicas de indução contribui para o aumento da produção de peixes em cativeiro (LIMA et al., 2013b), a técnica de hipofisação é a utilizada pela Embrapa Pesca e Aquicultura, que consiste no uso do extrato bruto de hipófise de Carpa para indução hormonal dos peixes (Figura 13).

A reprodução começa com a seleção dos reprodutores, sendo de grande importância para que haja sucesso no processo de indução, da maturação final e desova. Segundo Lima et al., (2013b) os parâmetros utilizados são baseados em

características subjetivas, no caso das fêmeas, observa-se o abdômen dilatado (ovário cheio) e macio e a papila genital intumescida e avermelhada; em relação aos machos, deve-se observar através de uma leve pressão abdominal se haverá espermiação.

O processo de preparação do extrato de hipófise foi semelhante para as duas espécies em questão, a Matrinxã e o Tambaqui, sendo necessária à maceração completa da hipófise em um gral de porcelana, chamado popularmente de cadinho, com o auxílio de um pistilo (haste de ponta arredondada). Para facilitar o processo, foi adicionado três gotas de glicerina (Figura 14). Após a hipófise estar macerada, a mesma foi diluída em solução fisiológica 0,65% NaCl (cerca de 0,5 mL de soro para cada kg de peixe) (Figura 15).

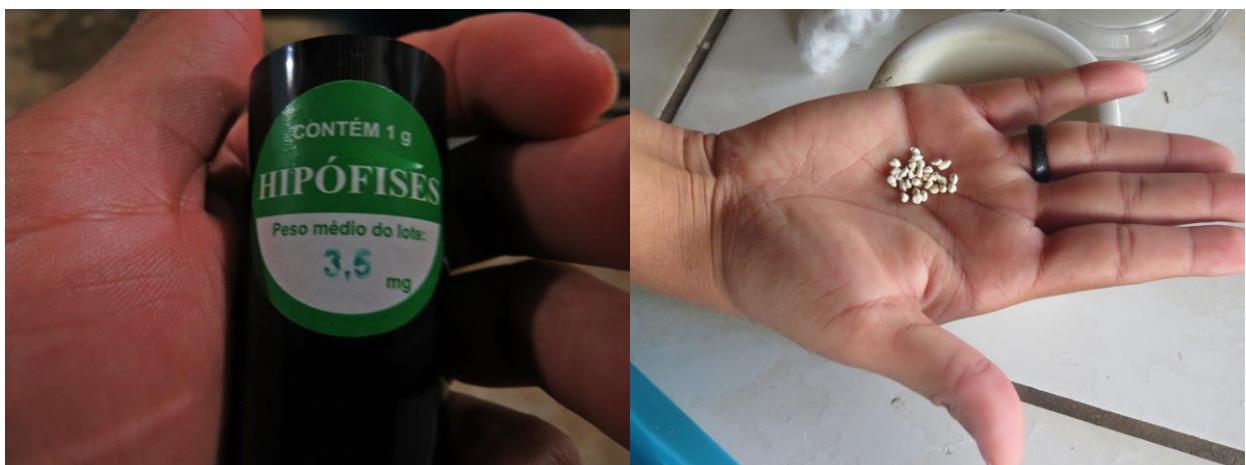


Figura 13. Extrato de hipófise utilizado na indução hormonal de peixes. Fonte: Arquivo pessoal.



Figura 14. (A) Kit para o processo de preparo do extrato de hipófise para a indução hormonal; (B) Glicerina utilizada no processo de maceração da hipófise. Fonte: Arquivo pessoal.



Figura 15. (A) Processo de preparação e maceração da hipófise; **(B)** Diluição da hipófise em solução fisiológica 0,65% NaCl. Fonte: Arquivo pessoal.

O cálculo da dose hormonal a ser aplicada é baseado no peso do peixe e o número de doses utilizadas foram diferentes entre fêmeas e machos, dependendo do quanto o macho estava apto para reprodução. Nas fêmeas foram realizadas duas doses, a primeira de 0,5 mg/kg (referente a 10% da dose total) e a segunda dose,

após 12 horas, de 5,0 mg/kg (referente a 90% da dose hormonal calculada), esta divisão é necessária em razão da dificuldade ligada à maturação final dos ovócitos (LIMA et al., 2013b). Nos machos de Matrinxã foi realizada uma única dose de 1,0 mg/kg e nos machos de Tambaqui foi realizado o mesmo procedimento feito nas fêmeas.

Antes da aplicação das doses e da extrusão de fêmeas e machos, os animais eram anestesiados com óleo de cravo para evitar o estresse. As doses de hormônio foram aplicadas na base da nadadeira peitoral (Figura 16).

A administração da primeira dose é necessária para estimular os receptores hormonais e aumentar a ação da segunda dose, sendo que após a última dose, inicia-se a contagem de uma medida chamada “hora-grau”, que consiste na somatória da temperatura da água em que os reprodutores estão a cada hora (LIMA et al., 2013b). Essa medida é importante, pois é possível conhecer aproximadamente em quanto tempo, após a aplicação do hormônio, as fêmeas estarão preparadas para desovar. Cada espécie de peixe possui um valor diferente (Tabela 2), quando o valor estiver próximo ao de referência para a espécie (Matrinxã ou Tambaqui), as fêmeas foram avaliadas quanto à qualidade de seus ovócitos, através de uma leve pressão no abdômen verificando a sua liberação.





Figura 16. (A) Aplicação do hormônio na espécie Matrinxã; (B) Aplicação do hormônio na espécie Tambaqui. Fonte: Arquivo pessoal.

Tabela 2. Valores de referência de hora-grau para a reprodução de Matrinchás e Tambaquis

Espécie	Temperatura da água (°C)	Hora-grau
Matrinxã (<i>Brycon amazonicus</i>)	24	140-160
Tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i>)	27	290

Fonte: Adaptado de LIMA et al. (2013b).

A coleta dos ovócitos e do esperma foi realizada em um recipiente seco (bacia), evitando-se o contato com a água, pois os ovócitos quando hidratados fecham o orifício por onde o espermatozoide fecunda o óvulo, chamado de micrópila, e também, ocorrerá à inatividade dos espermatozoides em virtude da elevada concentração de potássio no sêmen, ou seja, a hidratação ativa o esperma e sua motilidade diminui com o tempo e a capacidade de fecundação reduz, consequentemente, a região genital dos animais devem estar seca (LIMA et al., 2013b).

A extrusão da fêmea foi realizada primeiro, através de pressão do ventre na direção ântero-posterior, até a visível remoção da máxima quantidade possível de ovócitos (Figura 17A e 17C). Posteriormente, realizou-se a extrusão do macho, através da compressão em mesma direção da fêmea, até a liberação do sêmen em

cima dos ovócitos, que foram misturados suavemente com o auxílio de uma espátula (Figura 17B e 17D).

Após a mistura dos gametas coletados foi lentamente adicionado água, para que ocorre-se a ativação dos espermatozoides, possibilitando a fecundação dos óvulos antes dos fechamento da micrópila (Figura 18A e 18B). Os ovos formados foram levados para as incubadoras em formato cilíndrico-cônicas com fluxo de água contínuo, onde permaneceram em suspensão durante o período inicial da larvicultura (Figura 18C).



Figura 17. (A) Extrusão de uma fêmea de Matrinxã; (B) Extrusão de um macho de Matrinxã sobre os ovócitos da fêmea de Matrinxã; (C) Extrusão de uma fêmea de Tambaqui; (D) Extrusão de um macho de Tambaqui sobre os ovócitos da fêmea de Tambaqui. Fonte: Arquivo pessoal.



Figura 18. (A) Hidratação dos ovos de Matrinxã; (B) Hidratação dos ovos de Tambaqui; (C) Incubadora em formato cilíndrico cônico com fluxo de água contínuo. Fonte: Arquivo pessoal.

Após 24 horas, as larvas foram transferidas das incubadoras para uma caixa de 2000L, com o auxílio de baldes de aclimatação (contendo “redes” de proteção para evitar a saída das larvas), pois a água das caixas estavam com temperatura inferior à água das incubadoras (Figura 19A, 19B e 19C). Observamos as larvas no microscópio, para analisar a sua formação e decidir o melhor momento para que as mesmas fossem transferidas para o tanque escavado. Após um período de aproximadamente 30 horas em que as larvas estavam nas caixas, observou-se que estava ocorrendo “canibalismo” entre as mesmas, portanto, a transferência deveria acontecer. O período noturno é o mais indicado para esse manejo, pois a temperatura está mais amena, a água do tanque escavado passa por processo de avaliação quanto ao seu pH, dureza, alcalinidade e temperatura. O transporte das larvas ocorreu através de sacos plásticos com oxigênio (Figura 19D).

A reprodução dos animais ocorreram na Aquicultura Fazenda São Paulo, local onde os peixes estão alojados.



Figura 19. (A) Caixas de 2000L para onde as larvas são transferidas após saírem das incubadoras; (B) Balde de transferência e aclimatação das larvas; (C) Aclimatação das larvas; (D) Sacos plásticos para transporte das larvas das caixas para os tanques escavados. Fonte: Arquivo pessoal.

5. DISCUSSÃO

5.1. Cumprimento do Plano de Estágio

As atividades descritas no plano de estágio foram desenvolvidas em sua totalidade, contudo, a participação nos dois primeiros meses de estágio nas biometrias, levantamento bibliográfico para a elaboração da revisão bibliográfica e na discussão de artigos voltados para o melhoramento genético e conservação de espécies aquícolas prevaleceram, quando comparada ao acompanhamento da estação reprodutiva dos peixes. Isso porque a reprodução dos peixes inicia-se juntamente com a chegada do período de chuvas, que este ano ocorreu somente no início do mês de novembro (último mês de estágio).

Foi possível participar ou acompanhar outras atividades, porém sempre com a supervisão e autorização dos responsáveis pelo experimento como, por exemplo, acompanhamento do processo de migração e extração de DNA de Tambaqui e pirarucu e a participação na transferência de Tambaquis, realizando a aclimatação, biometria e chipagem dos mesmos e na coleta de tecidos de diferentes órgãos dos peixes. Houve também a possibilidade de realizar cursos dentro da instituição voltados para a área de utilização de recursos computacionais, como um curso básico do programa estatístico R Studio e aulas sobre análises estatísticas multivariadas.

As atividades de campo eram realizadas fora da sede da Embrapa Pesca e Aquicultura, na Aquicultura Fazenda São Paulo, na cidade de Brejinho de Nazaré – TO, onde foi possível a integração e comunicação com diferentes profissionais e funcionários do local, pessoas que trabalham há muitos anos na área e compartilhavam o seu conhecimento prático com os estagiários da Embrapa, possibilitando a ampliação do conhecimento e a experiência em diversas áreas da piscicultura.

A Embrapa Pesca e Aquicultura trabalha em inúmeras áreas, incluindo a área de Sistemas Agrícolas. Realizando o estágio em uma instituição como essa, foi

possível perceber a grandiosidade e a relevância do profissional zootecnista frente a novas descobertas na piscicultura, em especial na área de melhoramento genético, a qual vem se aprimorando no Brasil e demandando cada vez mais profissionais preparados e qualificados.

5.2. Melhoramento Genético na Piscicultura

O aumento populacional e a demanda do mercado consumidor por produtos que garantam uma melhor qualidade de vida podem garantir um avanço do setor aquícola no Brasil, já que possuímos uma ampla área territorial que permite a melhoria do setor. Portanto, existe a necessidade de uma melhor organização da cadeia produtiva, bem como o desenvolvimento do melhoramento genético de espécies nativas, para garantir o atendimento aos consumidores, já que a produção de peixes no Brasil é baseada, quase que totalmente, em espécies que não passaram por melhoramento genético.

O melhoramento genético tem início com a domesticação dos animais, processo que estimula os peixes a se tornarem mais aptos à vida em cativeiro, suportando melhor o estresse e adquirindo melhor desempenho. Com a domesticação é possível selecionar os peixes que tenham as características desejáveis pelos produtores e consumidores, podendo ser características reprodutivas, de crescimento, de carcaça, entre outras.

Os objetivos na utilização de espécies melhoradas são diversos, entre eles os mais relatados na literatura são o ganho na taxa de crescimento, possibilitando maiores pesos de carcaça, a redução no tempo de cultivo e a maior sobrevivência por unidade de área. A obtenção e utilização destes animais melhorados só são possíveis a partir do desenvolvimento de programas de melhoramento genético em condições específicas de produção, ou seja, deve-se conhecer todos os fatores que compõe um programa desde a escolha da espécie e o sistema de acasalamento que será utilizado, passando pelos objetivos e critérios de seleção, a definição do método de avaliação genética e, principalmente, como será feita a disseminação dos estoques melhorados.

Os piscicultores no Brasil tendem a utilizar o método de hibridação interespécifica para obter animais com características de desempenho desejáveis, ou seja, este método consiste no cruzamento entre indivíduos de espécies diferentes

com o objetivo de obter um híbrido com as características de ambas as espécies, como por exemplo, o “tambacu”, híbrido formado a partir do cruzamento entre uma fêmea de Tambaqui e um macho de Pacu, sendo um animal que possui resistência a baixas temperaturas, rusticidade e maiores taxas de crescimento e sobrevivência. A hibridação possui a vantagem descrita acima, de produzir um indivíduo com boas características de desempenho. Geralmente, os híbridos são animais estéreis, não tendo a capacidade de se reproduzirem ou, até mesmo, de retrocruzarem com suas espécies parentais. Porém, quando o híbrido é fértil pode levar a depressão endogâmica nas espécies puras com a incorporação de outros genes, fenômeno chamado de introgressão, reduzindo o tamanho populacional e as qualidades das características de desempenho ou de aptidão reprodutiva.

Os resultados do melhoramento genético em peixes podem ser observados em um menor espaço de tempo, já que o intervalo entre gerações tende a ser mais curto em comparação com os animais terrestres, como por exemplo, bovinos, ovinos e suínos. Porém, a aplicação do melhoramento pode não ser igual para todas as espécies de peixes, o que demanda um tempo para que os estudos obtenham resultados satisfatórios.

Com base na revisão bibliográfica realizada neste trabalho de conclusão de curso, observa-se que a área de melhoramento genético de peixes no Brasil se encontra no início, ou seja, as pesquisas com espécies nativas, como Tambaqui e Cachara, estão em fase de implantação com parceria entre empresas públicas e privadas. No mundo já existem diversos programas consolidados com diferentes espécies aquícolas, como por exemplo, Salmão do Atlântico, Carpa Comum e Tilápia do Nilo, o que demonstra o avanço dos demais países em relação ao nosso. Há muito que se fazer no Brasil para que o setor aquícola cresça através da incorporação de indivíduos geneticamente melhorados. As empresas públicas, como a Embrapa Pesca e Aquicultura, em parceria com instituições de ensino e empresas privadas vem trabalhando para que esse desenvolvimento ocorra nos próximos anos, através de programas de estruturação da cadeia com ênfase em espécies nativas que são um diferencial em relação à produção de pescado no mercado internacional além de um recurso genético de grande importância para a conservação de características de adaptação às condições ambientais específicas do país.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo do estágio me relatei com diversos pesquisadores, técnicos de campo, funcionários da fazenda e estudantes em seus diferentes níveis acadêmicos e cursos. Todos foram fundamentais para o desenvolvimento dos experimentos, bem como a compreensão de cada um deles. Contudo, principalmente a campo, foi possível avaliar algumas questões que ainda precisam ser melhoradas para o bom funcionamento das atividades.

Com relação à área de melhoramento genético de peixes, por ser um setor que está em desenvolvimento na Embrapa Pesca e Aquicultura, ainda não há grandes avanços nos experimentos atuais. Assim, constatei a necessidade de que as instituições de ensino e pesquisa incentivem produtores e técnicos sobre a importância econômica de realizar o melhoramento genético na piscicultura.

Em relação à revisão de literatura sobre a aplicação das técnicas de melhoramento genético na piscicultura, podemos verificar que dentre as diferentes espécies que já contam com programas de melhoramento estruturados, não há particularidade que justifique a não utilização do Melhoramento Genético para a seleção de reprodutores nas principais espécies exploradas no Brasil. Ainda que estejam em fase inicial de implantação, os programas de melhoramento para espécies nativas poderiam e deveriam adaptar as tecnologias dos programas existentes a fim de contemplar perspectivas de grande desenvolvimento para tais espécies.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, D.M. *Variabilidade genética de Pseudoplatystoma reticulatum do programa de melhoramento genético*. 2014. 52 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá. 2014.
- ALLENDORF, F. W.; LEARY, R.F.; SPRUELL, P. et al. The problems with hybrids: setting conservation guidelines. **Trends in Ecology & Evolution**, v.16, n.11, p.613–622, 2001.
- ALVES, L.A.; VARELA, E.S.; MORO, G.V. et al. *Riscos genéticos da produção de híbridos de peixes nativos*. Palmas: Embrapa Pesca e Aquicultura, 2014. 60p.
- BAKOS, J.; VARADI, L.; GORDA, S. et al. Lessons from the breeding program on common carp in Hungary. IN: PONZONI, R. W.; ACOSTA, B. O.; PONNIAH, A. G. **Development of aquatic animal genetic improvement an dissemination programs**. Malaysia. Worldfish Center, p.27-33, 2006.
- BALON, E.K. Origin and domestication of the wild carp, *Cyprinus carpio*: from Roman gourmets to the swimming flowers. **Aquaculture**, v.129, p.3-48, 1995.
- BARTLEY, D.M.; RANA, K.; IMMINK, A. J. The use of inter-specific hybrids in aquaculture and fisheries. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, v.10, p.325–337, 2001.
- BENTSEN, H.B.; EKNATH, A.E.; PALADA-DE VERA, M.S. et al. Genetic improvement of farmed tilapias: growth performance in a complete diallel cross experiment with eight strains of *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture**, v.160, p.145-173, 1998.

BOSCOLO, W.R.; SIGNOR, A.; FREITAS, J.M.A. et al. Nutrição de peixes nativos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.145-154, 2011.

CARVALHO, D.C.; SEERIG, A.; MELO, D.C. et al. Identificação molecular de peixes: o caso do Surubim (*Pseudoplatystoma* spp.). **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v.32, n.4, p.215-219, 2008.

CHARO-KARISA, H.; REZK, M.A.; BOVENHUIS, H. et al. Heritability of cold tolerance in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, juveniles. **Aquaculture**, v.249, p.115-123, 2005.

CHEVASSUS, B. Hybridization in salmonids: results and perspectives. **Aquaculture**, v.17, n.2, p.113-128, 1979.

CREPALDI, D.V.; FARIA, P.M.C.; TEIXEIRA, E.A. et al. O surubim na aquacultura do Brasil. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v.30, n.3-4, p.150-158, 2006.

DIAMOND, J. Evolution, consequences and future of plant and animal domestication. **Nature**, v. 418, 2002.

DONG, Z.J. & YUAN, X.H. The utilizations of heterosis in common carp in China. **Aquaculture Asia**, v.7, n.2, p.14-15, 2002.

EKNATH, A.E.; TAYAMEN, M.M.; PALADA-DE VERA, A.S. et al. Genetic improvement of farmed tilapias: the growth performance of eight strains of *Oreochromis niloticus* tested in different farm environments. **Aquaculture**, v.111, p.171-188, 1993.

EKNATH, A.E.; DEY, M.M.; RYE, M. et al. *Selective breeding of Nile tilapia for Asia*. IN: World Congress of Genetics Applied to Livestock Production, 6., v.27, p.89–96, 1998.

ELER, J.P. *Teorias e métodos em melhoramento genético animal. II – Seleção.* Pirassununga, 2014. 207 f. Disponível em: <<http://www.usp.br/gmab/discip/apos2.pdf>>. Acesso em: 23 de outubro de 2016.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/pesca-e-aquicultura>>. Acesso em: 16 de outubro de 2016.

EPIFANIO, J. & NIELSEN, J. The role of hybridization in the distribution, conservation and management of aquatic species. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, v.10, p.245–251, 2001.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em: <<http://www.fao.org/aquaculture/en/>>. Acesso em: 06 de setembro de 2016.

FERNANDES, J.B.K.; GIANNECCHINI, L.G. Produção de híbridos na piscicultura: tecnologias como a indução hormonal e reprodução artificial, tornam a produção de peixes híbridos uma prática relativamente simples. **Jornal Dia de Campo**, 2010. Disponível em: <<http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Newsletter.asp?id=21564&secao=Colunas%20e%20Artigos>>. Acesso em: 06 de novembro de 2016.

FLEMING, I.A.; JONSSON, B.; GROSS, M.R. et al. An experimental study of the reproductive behavior and success of farmed and wild Atlantic salmon. **Journal of Applied Ecology**, v.33, p.893-905, 1996.

FREITAS, R.T.F.; HILSDORF, A.W.S.; LAGO, A.A. et al. Conceitos de melhoramento genético ao alcance de todos. **Panorama da Aquicultura**, v.23, n.138, jul/ago 2013.

FREYHOF, J.; LIECKFELDT, D.; PITRA, C. et al. Molecules and morphology: evidence for introgression of mitochondrial DNA in Dalmatian cyprinids. **Molecular phylogenetics and evolution**, v.37, p.347-354, 2005.

GJERDE, B.; MENGISTU, S.B.; ØDEGÅRD, J. et al. Quantitative genetics of body weight, fillet weight and fillet yield in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v.342-343, p.117-124, 2012.

GJEDREM, T. Genetic improvement of cold-water fish species. **Aquaculture Research**, v.30, p.25-33, 2000.

GJEDREM, T. & BARANSKI, M. *Selective Breeding in Aquaculture: an introduction*. Series: Reviews: Methods and Technologies in Fish Biology and Fisheries. v.10. Editora Springer, 221p. 2009.

GJEDREM, T. Genetic improvement for the development of efficient global aquaculture: a personal opinion review. **Aquaculture**, v.344-349, p.12-22, 2012.

GJEDREM, T.; ROBINSON, N.; RYE, M. The importance of selective breeding in aquaculture to meet future demands for animal protein: A review. **Aquaculture**, v.350-353, p.117-129, 2012.

GODINHO, H.P. Estratégias reprodutivas de peixes aplicadas à aquicultura: bases para o desenvolvimento de tecnologias de produção. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v.31, n.31, p.251-360, 2007.

GOULDING, M. & CARVALHO, M.L. Life history and management of the tambaqui (*Colossoma macropomum*, Characidae): an important Amazonian food fish. **Revista Brasileira de Zoologia**, v.1, n.2, p.107-133, 1992.

GUPTA M.V. & ACOSTA B.O. From drawing board to dining table: The success story of the GIFT project. **NAGA, WorldFish Center Quarterly**, v.27, n.3 & 4, p.4-14, 2004.

HELFMAN, G.S; COLLETTE, B.B.; FACEY, D.E. et al. Individuals, populations and assemblages. IN: HELFMAN, G.S; COLLETTE, B.B.; FACEY, D.E. et al. **The diversity of fishes: biology, evolution, and ecology**. 2^a edição. Ed. Wiley-Blackwell, 2009, p.525-550.

HILSDORF, A.W. & ORFÃO, L.H. Aspectos gerais do melhoramento genético em peixes no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.317-324, 2011.

HILSDORF, A.W.S.; MOREIRA, H.L.M.; FREITAS, R.T.F. Desmitificando a genética. **Panorama da Aquicultura**, v.23, n.137, p.24-27, mai/jun 2013a.

HILSDORF, A.W.S.; PERAZZA, C.A.; MOREIRA, H.L.M. et al. Como fazer melhoramento genético em sua piscicultura: as bases para o melhoramento genético por seleção individual em médias propriedades. **Panorama da Aquicultura**, v.23, n.140, nov/dez 2013b.

HILSDORF, A.W.S.; DIAS, M.A.D.; MOREIRA, H.L.M. et al. Hibridização em peixe: vantagens e riscos. **Panorama da Aquicultura**, v.24, n.141, p.30-35, jan/fev 2014.

HILSDORF, A.W.S.; MOREIRA, H.L.M.; FREITAS, R.T.F. Desafios do melhoramento genético de organismos aquáticos. **Panorama da Aquicultura**, v.25, n.147, p.36-43, jan/fev 2015.

HOLTSMARK, M.; SONESSON, A.K.; GJERDE, B. et al. Number of contributing subpopulations and mating design in the base population when establishing a selective breeding program for fish. **Aquaculture**, v.258, p.241-249, 2006.

HULATA, G. A review of genetic improvement of the common carp (*Cyprinus carpio* L.) and other cyprinids by crossbreeding, hybridization and selection. **Aquaculture**, n.129, p.143-155, 1995.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção da Pecuária Municipal - 2013. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/2013/>>. Acesso em: 13 de julho de 2016.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção da Pecuária Municipal - 2014. Disponível em:

<<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/2014/>>. Acesso em: 13 de julho de 2016.

INOUE, L.A.K.A.; HISANO, H.; ISHIKAWA, M.M. et al. *Princípios básicos para a produção de alevinos de surubins (Pintado e Cachara)*. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2009. 26p.

KUBITZA, F. Aquicultura no Brasil: principais espécies, áreas de cultivo, rações, fatores limitantes e desafios. **Panorama da Aquicultura**, v.25, n.150, p.10-23, jul/ago 2015.

LI, S. & WANG, C.H. Genetic diversity and selective breeding of red common carps in China. **NAGA, the WorldFish Center Quarterly**, v.24, p.56-61, 2001.

LIMA, A.F.; SILVA, A.P.; RODRIGUES, A.P.O. et al. *Biometria de peixes: Piscicultura familiar*. Palmas: Embrapa Pesca e Aquicultura, 2013a.8p.

LIMA, A.F.; MORO, G.V.; KIRSCHNIK, L.N.G. et al. Reprodução, larvicultura e alevinagem de peixes. IN: RODRIGUES, A. P. O. et al. **Piscicultura de água doce: multiplicando conhecimentos**. 1^a Edição. Brasília, DF: Ed. Embrapa, 2013b. p.301-346.

LUPCHINSKI JÚNIOR, E.; VARGAS, L.; POVH, J.A. et al. Avaliação da variabilidade das gerações G₀ e F₁ da linhagem GIFT de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) por RAPD. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.30, n.2, p.233-240, 2008.

LUSH, J.L. *Animal breeding plans*. A book of the Iowa State College Press, Ames, IA, 443p., 1943.

MALLET, J. Hybridization as an invasion of the genome. **Trends in Ecology and Evolution**, v.20, n.5, p.229–237, 2005.

MASSAGO, H. *Desempenho de alevinos de quatro linhagens da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e análise da variabilidade genética pelos marcadores RAPD.* 2007. 40 f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) – Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura, São Paulo. 2007.

MIA, M.Y.; TAGGART, J.B.; GILMOUR, A.E. et al. Detection of hybridization between Chinese carp species (*Hypophthalmichthys molitrix* and *Aristichthys nobilis*) in hatchery broodstock in Bangladesh, using DNA microsatellite loci. **Aquaculture**, v.247, p.267-273, 2005.

MOREIRA, H.L.M.; HILSDORF, A.W.S.; GUTIERREZ, H.J.P. et al. Seleção genética de caracteres qualitativos e quantitativos. **Panorama da Aquicultura**, v.23, n.139, p.46-53, set/out 2013.

MORO, G.V.; REZENDE, F.P.; ALVES, A.L. et al. IN: RODRIGUES, A. P. O. et al. **Piscicultura de água doce: multiplicando conhecimentos.** 1ª Edição. Brasília, DF: Ed. Embrapa, 2013. p.29-70.

MORO, G.V. *Biometria de peixes: Tanque-rede.* Palmas: Embrapa Pesca e Aquicultura, 2014. 8p.

NINH, N.H.; PONZONI, R. W.; NGUYEN, N.H. et al. A comparison of communal and separate rearing of families in selective breeding of common carp (*Cyprinus carpio*): Estimation of genetic parameters. **Aquaculture**, v.322-323, p.39-46, 2011.

NINH, N.H, PONZONI, R.W.; NGUYEN, N.H. et al. A comparison of communal and separate rearing of families in selective breeding of common carp (*Cyprinus carpio*): Responses to selection. **Aquaculture**, v.408-409, p.152-159, 2013.

OLIVEIRA, R.C. O panorama da aquicultura no Brasil: prática com foco na sustentabilidade. **Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v.2, n.1, p.71-89, 2009.

OLIVEIRA, C.A.L.; RESENDE, K.E.; LEGAT, A.P. et al. *Melhoramento genético de peixes no Brasil: Situação atual e perspectivas*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 20., 2010. Palmas – TO. Resumos... Palmas: XX Congresso Brasileiro de Zootecnia, 2010. p.237-249.

OLIVEIRA, C.A.L.; RIBEIRO, R.P.; STREIT JR, D.P. et al. Melhoramento genético de peixes. Uma realidade para a piscicultura brasileira. **Panorama da Aquicultura**, v.22, n.139, p.38-47, 2012.

PINHEIRO, M.H.P.; SILVA, J.W.B.; NOBRE, M.I.S.; et al. Cultivo do híbrido tambaouí, *Collossoma macropomum* CUVIER, 1818, com a pirapitinga, *C. brachypomum* CUVIER, 1818, na densidade de 5.000 peixes/ha. **Ciências Agronômicas**, v.22, p.77–87, 1991.

PONZONI, R. W. Genetic improvement and effective dissemination: Keys to prosperous and sustainable aquaculture industries. IN: PONZONI, R. W.; ACOSTA, B. O.; PONNIAH, A. G. **Development of aquatic animal genetic improvement and dissemination programs**. Malaysia. Worldfish Center, p.1-6, 2006.

PONZONI, R.W.; KHAW, H.L.; YEE, H.Y. *GIFT: the story since leaving ICLARM (now known as the WorldFish Center) – socioeconomic, access and benefit sharing and Dissemination aspects*. Malaysia. WorldFish Center, 2010. 47p.

PRICE, E.O. Behavioral development in animals undergoing domestication. **Applied Animal Behaviour Science**, v.65, p.245-271, 1999.

PRICE, E.O. *Why study domestication?* In: PRICE, E.O. **Animal domestication and behavior**. CABI Publishing. 2002. 297p.

QUINTON, C.D.; McMILLAN, I; GLEBE, B.D. Development of an Atlantic salmon (*Salmo salar*) genetic improvement program: Genetic parameters of harvest body weight and carcass quality traits estimated with animal models. **Aquaculture**, v.247, p.211-217, 2005.

RAJAEE, A.H.; HUNTINGFORD, F.A.; RANSON, K.J. et al. The effect of male colouration on reproductive success in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v.308, p.119-123, 2010.

RESENDE, E.K. Pesquisa em rede em aquicultura: bases tecnológicas para o desenvolvimento sustentável da aquicultura no Brasil. Aquabrasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.52-57, 2009.

RESENDE, E.K.; OLIVEIRA, C.A.L.; LEGAT, A.P. et al. *Melhoramento animal no Brasil: uma visão crítica espécies aquáticas*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO ANIMAL, SBMA, 8., 2010, Maringá.

RIBEIRO, R.P. & LEGAT, A.P. *Delineamento de programas de melhoramento genético de espécies aquícolas no Brasil*. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2008. 25p.

ROCHA, C.M.C.; RESENDE, E.K.; ROUTLEDGE, E.A.B. et al. Avanços na pesquisa e no desenvolvimento da aquicultura brasileira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, n.8, p.4-6, 2013.

RUTTEN M.J.; BOVENHUIS, H.; KOMEN, H. Modeling fillet traits based on body measurements in three Nile tilapia strains (*Oreochromis niloticus* L.). **Aquaculture**, v.231, p.113-122, 2004.

RUTTEN M.J.; BOVENHUIS, H.; KOMEN, H. Genetic parameters for fillet traits and body measurements in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). **Aquaculture**, v.246, p.125-132, 2005.

RUZZANTE, D. E. Domestication effects on aggressive and schooling behavior in fish. **Aquaculture**, v.120, p.1-24, 1994.

SANTOS, V. B. A disponibilidade de diferentes linhagens de Tilápias. **Pesquisa & Tecnologia**, v.3, n.1, 2006.

SANTOS, M.C.F.; RUFFINO, M.L.; FARIAS, I.P. High levels of genetic variability and panmixia of the tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1816) in the main channel of the Amazon river. **Journal of Fish Biology**, v.71, p.33-44, 2007.

SANTOS, A.I. *Interação genótipo-ambiente e estimativas de parâmetros genéticos em tilápias*. 2009. 97 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá. 2009.

SCRIBNER, K. T.; PAGE, K. S.; BARTRON, M. L. Hybridization in freshwater fishes: a review of case studies and cytonuclear methods of biological inference. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, v.10, p.293–323, 2001.

SEMANAN, W.; KAPUSCINSKI, A.R.; NA-NAKORN, U. et al. Genetic impacts of hybrid catfish farming (*Clarias macrocephalus* X *C. gariepinus*) on native catfish populations in central Thailand. **Aquaculture**, v.235, p.167–184, 2004.

SENHORINI, J.A.; FIGUEIREDO, G.M.; FONTES, N.A. et al. Larvicultura e alevinagem do pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887), tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) e seus respectivos híbridos. **Boletim Técnico do CEPTA**, 1988.

SIDONIO, L.; CAVALCANTI, I.; CAPANEMA, L. et al. Panorama da aquicultura no Brasil: desafios e oportunidades. **BNDES Setorial**, v.35, p.421-463, 2012.

SILVA-ACUÑA, A. & GUEVARA, M. Evaluation of two commercial diets on growth of the hibryd *Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomus*. **Zootecnia Tropical**, v.20, n.4, p.449–459, 2002.

SILVA, S.S.; NGUYEN, T.T.T.; TURCHINI, G.M. et al. Alien species in aquaculture and biodiversity: a paradox in food production. **A Journal of the Human Environment**, v.38, n.1, p.24–28, 2009.

SOUSA-SANTOS, C.; COLLARES-PEREIRA, M. J.; ALMADA, V. Reading the history of a hybrid fish complex from its molecular record. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v.45, p.981–996, 2007.

STREIT JÚNIOR, D.P.; POVH, J.A.; FORNARI, D.C. et al. *Recomendações técnicas para a reprodução do tambaqui*. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2012. 30p.

TELETCHEA, F. & FONTAINE, P. Levels of domestication in fish: implications for the sustainable future of aquaculture. **Fish and Fisheries**, v.15, p.181-195, 2014.

THIEN, T.M. A review of the fish breeding research and practices in Vietnam. In: Main, K.L., Reynolds, E. **Selective Breeding of Fishes in Asia and the United States**. The Ocean Institute, Honolulu, p.190–197, 1993.

THIEN, T.M & TRONG, T.D. Genetic resources of common carp in Vietnam. **Aquaculture**, v.129, p.216 (abstract), 1995.

THODESEN, J.; GRISDALE-HELLAND, B.; HELLAND, S.J. et al. Feed intake, growth and feed utilization of offspring from wild and selected Atlantic salmon (*Salmo salar*). **Aquaculture**, v.180, p.237-246, 1999.

THODESEN, J. & GJEDREM, T. Breeding programs on Atlantic salmon in Norway – Lessons learned. IN: PONZONI, R. W.; ACOSTA, B. O.; PONNIAH, A. G. **Development of aquatic animal genetic improvement an dissemination programs**. Malaysia. Worldfish Center, p.22-26, 2006.

TOLEDO FILHO, S. & TOLEDO, L.A. Programas genéticos de seleção, hibridação e endocruzamento aplicados à piscicultura. **Cadernos de Ictiogenética**, 1998.

WAMBACH, X.F. *Manejo Prático Aplicado a Piscicultura de Água Doce* – 2012. Diponível em: <<http://files.petzootecniafrpe.webnode.com.br/200000279-27974280ef/Manejo%20Pr%C3%A1tico%20Aplicado%20a%20Piscicultura%20de%20%C3%81gua%20Doce%20.pdf>>. Acesso em: 06 de setembro de 2016.

8. ANEXOS

Anexo 1. Plano de Estágio

Embrapa	
Pesca e Aquicultura	
PLANO DE ESTÁGIO	
IDENTIFICAÇÃO DO ESTUDANTE:	
Nome: Gisele Ferreira da Silva	
Série/Curso: 6º ano/12º período/Zootecnia	
Instituição de Ensino: Universidade Federal do Paraná	
SUPERVISOR	
Nome: Luciana Shiozuki Belchior	
Cargo: Pesquisadora A	
<input checked="" type="checkbox"/> Formação na área de conhecimento desenvolvida no curso do estagiário (Curso: Zootecnia) <input checked="" type="checkbox"/> Experiência profissional na área de conhecimento desenvolvida no curso do estagiário Obs.: Marcar pelo menos uma das opções	
UNIDADE:	
CNPASA	
PERÍODO DO ESTÁGIO:	
<input checked="" type="checkbox"/> Conforme definido no Termo de Compromisso de Estágio – TCE <input type="checkbox"/> Conforme definido no Termo Aditivo de Renovação	
PROGRAMAÇÃO DE ATIVIDADES	
<input checked="" type="checkbox"/> Levantamento bibliográfico da espécie em estudo; <input checked="" type="checkbox"/> Acompanhamento de biometrias e escrituração zootécnica dos planteis sob orientação da Embrapa Pesca e Aquicultura; <input checked="" type="checkbox"/> Utilizar recursos computacionais para o tratamento dos dados da escrituração zootécnica; <input checked="" type="checkbox"/> Acompanhamento da estação reprodutiva, cálculos de sucesso do período, índice de natalidade e mortalidade do plantel; <input checked="" type="checkbox"/> Outras atividades ligadas à conservação de espécies aquáticas nativas; <input checked="" type="checkbox"/> Discussão de artigos voltados para o melhoramento genético e conservação de espécies aquáticas; <input checked="" type="checkbox"/> Outras atividades ligadas ao melhoramento genético de espécies aquáticas; <input checked="" type="checkbox"/> Outras atividades ligadas à reprodução das espécies aquáticas;	



Pesca e Aquicultura

Orientações:

1. Programação de atividades: atividades **a serem executadas** no período do estágio e serão relacionadas apenas as macroatividades.

De acordo:

Luciana Shiotsuki

 Supervisora do Estagiário na Embrapa
 Luciana Shiotsuki Belchior

Walter Dílles
 Coordenador Geral da Estágio e
 Matricula S. ID: 120079
 UFPR/PROGRADICGE

Instituição de Ensino

Giselle F.S.

 Estagiária

Dr. Antônio

 Orientador da Instituição de Ensino
 Rodrigo de Almeida Teixeira
 -coordenador do Curso de Zootecnia
 UFPR - Matrícula 201825

Embrapa Pesca e Aquicultura
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Prolongamento da Av. NS 10, cruzamento com Av. LO 18, sentido Norte
Loteamento Água Fria - Caixa Postal N° 90
CEP 77.008-900, Palmas-TO.
Telefone/Fax: (63) 3229-7800 / 3229-7850

Anexo 2. Termo de Compromisso



Pesca e Aquicultura

TERMO DE COMPROMISSO DE ESTÁGIO OBRIGATÓRIO

TERMO DE COMPROMISSO DE ESTÁGIO OBRIGATÓRIO, QUE ENTRE SI CELEBRAM A EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA E A ALUNA: GISELE FERREIRA DA SILVA, COM A INTERVENIÊNCIA DA INSTITUIÇÃO DE ENSINO UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ – UFPR.

A EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – Embrapa, empresa pública federal, vinculada ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, criada por força da Lei nº 5.851, de 07.12.72, com Estatuto Social aprovado pelo Decreto nº 2.291, de 04.08.97, por intermédio de sua EMBRAPA PESCA E AQUICULTURA inscrita no CNPJ/MF sob nº 00.348.003/0019-40, sediada em Palmas/Tocantins, endereço Prolongamento da AV. NS 10, cruzamento com Av. LO 18, sentido norte, Loteamento Água Fria, CEP: 77.008-900, neste ato representada por seu Chefe-Geral Sr. Carlos Magno Campos da Rocha, brasileiro, casado, portador da Carteira de Identidade nº 1313784, expedida pela SSP/TO, inscrito no CPF sob o nº 306.092.837-15, doravante designada simplesmente **Embrapa**, e, de outro lado, a aluna **Gisele Ferreira da Silva**, nacionalidade Brasileira, estado civil: Solteira, data de nascimento 27/06/1990, portadora do RG nº 10.054.963-8, Órgão Expedidor: SSP/PR, data de expedição: 10/05/2004, inscrita no CPF/MF sob o nº 072.214.039-88, residente e domiciliada em Colombo/Paraná, endereço: Rua Olímpio Cardoso, nº 145, CEP: 83.411-110, doravante designada simplesmente **Estudante**, com a interveniência da Instituição de Ensino **Universidade Federal do Paraná**, inscrita no CNPJ/MF sob o nº 75.095.679/0001-49, sediada em Curitiba/Paraná, endereço: Rua XV de Novembro, nº 1299, Centro, CEP: 80.020-300, telefones (41) 3310-2656 ou (41) 3310-2675, e-mail: estagio@ufpr.br, neste ato representada por seu Coordenador Geral de Estágios, **Walter Dilay**, portador do CPF nº 737.308.909-72 e da C.I nº 5.112.557-6 SSP/PR, doravante designada simplesmente **Instituição de Ensino**, resolveram celebrar o presente TERMO DE COMPROMISSO DE ESTÁGIO OBRIGATÓRIO, que será regido pela Lei nº 11.788, de 25.09.2008, e respectivas alterações subsequentes, bem como pelas seguintes cláusulas e condições:

CLÁUSULA PRIMEIRA – Da Vinculação ao Convênio

Este Termo de Compromisso vincula-se, para todos os efeitos legais, ao Convênio de Concessão de Estágio celebrado em 28/02/2013, entre a **Embrapa** e a **Instituição de Ensino**, registrado no SAIC/Embrapa sob o nº 22200.13/0016-3.

CLÁUSULA SEGUNDA – Do Curso ou Programa

O **Estudante** é aluno formalmente matriculado e com frequência regular no Curso de Zootecnia, iniciado no 1º semestre do ano de 2011 e com sua conclusão prevista para o 2º semestre do ano de 2016, tudo de conformidade com a declaração específica da **Instituição**

Embrapa Pesca e Aquicultura
 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
 Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
 Prolongamento da Av. NS 10, cruzamento com Av. LO 18, sentido Norte
 Loteamento Água Fria - Caixa Postal Nº 90
 CEP 77.008-900, Palmas-TO.
 Telefone/Fax: (63) 3229-7800 / 3229-7850


 wD


 Gfr



Pesca e Aquicultura

de **Ensino** à qual se vincula o citado Curso/Programa, declaração esta que passa a integrar o presente Termo de Compromisso como Anexo I.

CLÁUSULA TERCEIRA – Do Objeto

A **Embrapa**, por este instrumento, concede, ao **Estudante**, estágio com vistas a complementar sua formação educacional e à sua preparação para o trabalho produtivo, com sua efetiva atuação nas atividades pertinentes à área de Pesquisa e Desenvolvimento, junto ao Núcleo Temático de Pesca e Aquicultura - NTPA de sua Unidade: Embrapa Pesca e Aquicultura situada no endereço discriminado no preâmbulo deste instrumento, em consonância com o "PLANO DE ESTÁGIO" que, rubricado pelas partes e pela Instituição de Ensino, integra este Termo de Compromisso como Anexo II.

SUBCLÁUSULA ÚNICA: Supervisionará o estágio do estudante a empregada **Luciana Shiotsuki Belchior**.

CLÁUSULA QUARTA – Da jornada de atividade

O **Estudante** obriga-se a cumprir uma jornada de atividade de 08 (oito) horas diárias e 40 (quarenta) horas semanais, nos seguintes horários de 08:00 às 12:00 e de 13:30 às 17:30.

SUBCLÁUSULA PRIMEIRA: O **Estudante** em nível de pós-graduação deverá estar vinculado a um projeto de pesquisa ou processo da Unidade da **Embrapa**, cujo objetivo esteja relacionado ao tema do trabalho de conclusão do curso a ser elaborado.

SUBCLÁUSULA SEGUNDA: A jornada de atividade do **Estudante** poderá ser flexibilizada pelo empregado supervisor, desde que mantida sua supervisão e a carga horária definida nesta cláusula.

SUBCLÁUSULA TERCEIRA: A critério do empregado supervisor, poderá ser adotado o sistema de compensação de horas, quando compatível com a jornada de atividade definida nesta cláusula.

SUBCLÁUSULA QUARTA: Se a instituição de ensino adotar verificações de aprendizagem periódicas ou finais, nos períodos de avaliação, devidamente comprovados, a carga horária do estágio será reduzida à metade.

CLÁUSULA QUINTA – Das Obrigações Especiais

Sem prejuízo do disposto nas demais cláusulas deste instrumento, o **Estudante** obriga-se especialmente ao seguinte:

- a) atuar com zelo e dedicação na execução de suas atribuições, de forma a evidenciar desempenho satisfatório nas avaliações periódicas a serem realizadas pelo Empregado Supervisor do estágio;


Embrapa Pesca e Aquicultura
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Prolongamento da Av. NS 10, cruzamento com Av. LO 18, sentido Norte
Loteamento Água Fria - Caixa Postal N° 90
CEP 77.008-900, Palmas-TO.
Telefone/Fax: (63) 3229-7800 / 3229-7850
W
GJ

Embrapa
Pesca e Aquicultura

- b) cumprir fielmente todas as instruções, recomendações de normas relativas ao estágio emanadas da Instituição de Ensino e da Embrapa, em especial as constantes do "Plano de Estágio";
- c) manter total reserva em relação a quaisquer dados ou informações a que venha ter acesso em razão de sua atuação no cumprimento do estágio, não repassando-as a terceiros sob qualquer forma ou pretexto, sem prévia autorização formal da Embrapa, independentemente de se tratar ou não de informação reservada, confidencial ou sigilosa;
- d) preencher e assinar a proposta de seguro de acidentes pessoais referente ao Plano de Seguro de Vida em Grupo da Embrapa no ato da celebração deste instrumento;
- e) responsabilizar-se por qualquer dano ou prejuízo que venha a causar ao patrimônio da Embrapa por dolo ou culpa;
- f) manter assiduidade e aproveitamento escolar satisfatórios em relação ao curso/programa de que trata a cláusula segunda durante a vigência do estágio;
- g) manter conduta compatível com a ética, os bons costumes e a probidade administrativa no desenvolvimento de estágio, evitando a prática de atos que caracterizem falta grave;
- h) observar a regulamentação interna da Embrapa no exercício de suas atividades, conforme orientação do empregado supervisor.

CLÁUSULA SEXTA – Do Acesso às Instalações

O acesso à infra-estrutura e instalações da Embrapa, pelo **Estudante**, será o estritamente necessário à execução das atividades objeto do estágio, observada a regulamentação interna da Embrapa.

CLÁUSULA SÉTIMA – Dos Resultados

A exploração, a qualquer título, dos resultados dos trabalhos realizados pelo **Estudante**, privilegiáveis ou não, pertencerá automática e exclusivamente à Embrapa, especialmente Direitos da Propriedade Industrial, Direito sobre Cultivares e Direitos Autorais.

CLÁUSULA OITAVA – Do Seguro

A Embrapa obriga-se a contratar e a custear, direta ou indiretamente, seguro de acidentes pessoais em favor do **Estudante**, que tenham como causa direta o desempenho das atividades decorrentes do estágio, pela seguradora MAPFRE VIDA S/A, apólice nº 930/1388/0000013/01.

CLÁUSULA NONA – Do Recesso

É assegurado ao **Estudante**, sempre que o estágio tenha duração igual ou superior a 1 (um) ano, um período de recesso de 30 (trinta) dias, a ser gozado preferencialmente durante suas férias escolares.

SUBCLÁUSULA ÚNICA: Os dias de recesso previstos nesta cláusula serão concedidos de maneira proporcional nos casos de o estágio ter duração inferior a 1 (um) ano.



 Embrapa Pesca e Aquicultura
 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
 Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
 Prolongamento da Av. NS 10, cruzamento com Av. LO 18, sentido Norte
 Loteamento Água Fria - Caixa Postal N° 90
 CEP 77.008-900. Palmas-TO.
 Telefone/Fax: (63) 3229-7800 / 3229-7850



CLÁUSULA DÉCIMA – Do Certificado de Estágio

Ao término do estágio com aproveitamento, a **Embrapa** emitirá o correspondente certificado de estágio, do qual constará:

- a) a identificação do **Estudante** (nome, nacionalidade, RG, CPF e outros);
- b) a identificação do curso e da **Instituição de Ensino** frequentados pelo **Estudante**;
- c) a unidade de lotação;
- d) o período de realização do estágio e respectiva carga horária;
- e) as atividades desenvolvidas no estágio, conforme previsto no plano de estágio; e
- f) a avaliação quanto ao aproveitamento do **Estudante**.

SUBCLÁUSULA ÚNICA: A emissão do certificado de estágio ficará condicionada à entrega, pelo **Estudante**, da seguinte documentação:

- a) nada consta da biblioteca da Embrapa;
- b) frequências apuradas durante toda a realização do estágio;
- c) formulário de avaliação do **Estudante** preenchido, assinado e datado pelo empregado supervisor;
- d) formulário de avaliação do estágio preenchido, assinado e datado pelo estagiário;
- e) crachá, quando for utilizado;
- f) relatório do projeto, caso o **Estudante** esteja vinculado a algum.

CLÁUSULA DÉCIMA PRIMEIRA – Da Vigência

O estágio terá vigência de **30/08/2016 a 25/11/2016**, podendo ser prorrogado, no interesse das partes, mediante celebração de Termo Aditivo por iguais períodos, até completar o limite máximo de 2 (dois) anos, observadas as condições legais específicas e as exigências regulamentares da **Instituição de Ensino**.

CLÁUSULA DÉCIMA SEGUNDA – Da Rescisão

A Embrapa poderá rescindir o presente Termo de Compromisso, independentemente de prévia interpelação judicial ou extrajudicial, por descumprimento de qualquer de suas cláusulas ou condições pelo **Estudante**, respondendo este pelos prejuízos ocasionados, salvo hipótese de caso fortuito ou de força maior.

SUBCLÁUSULA ÚNICA: Além do acima exposto, o presente Termo de Compromisso extingui-se automaticamente nas seguintes hipóteses:

- a) conduta reprovável do **Estudante** no ambiente de trabalho;


G. P. V.
 Embrapa Pesca e Aquicultura
 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
 Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
 Prolongamento da Av. NS 10, cruzamento com Av. LO 18, sentido Norte
 Loteamento Água Fria - Caixa Postal Nº 90
 CEP 77.008-900. Palmas-TO.
 Telefone/Fax: (63) 3229-7800 / 3229-7850

Embrapa
Pesca e Aquicultura

- b) conclusão, abandono de curso ou trancamento da matrícula pelo **Estudante** junto à **Instituição de Ensino** interveniente;
- c) quando atingido o prazo limite de 2 (dois) anos;
- d) ao final do prazo estabelecido no Termo de Compromisso de Estágio, se o mesmo não for prorrogado;
- e) extinção do convênio com a **Instituição de Ensino**;
- f) insuficiência de desempenho do estagiário no cumprimento do plano de estágio.

CLÁUSULA DÉCIMA TERCEIRA – Da Denúncia

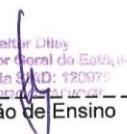
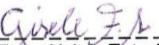
Quaisquer das partes, independentemente de justo motivo e quando bem lhe convier, poderá denunciar o presente Termo de Compromisso, desde que o faça por escrito, mediante aviso prévio de, pelo menos, 05 (cinco) dias úteis.

CLÁUSULA DÉCIMA QUARTA – Do Foro

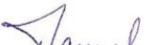
Para solução de quaisquer controvérsias porventura oriundas da execução deste Convênio, as partícipes elegem o Foro da Justiça Federal, Seção Judiciária da Comarca de Palmas -TO.

Estando assim justas e acordes, firmam o presente em 03 (três) vias de igual teor e forma, para um só efeito legal, na presença das testemunhas instrumentárias abaixo nomeadas e subscritas.

Palmas - TO, 11 de Agosto de 2016

 Walter Dittay Coordenador Geral do Estágio Matrícula SIAE: 120979	 Pela Instituição de Ensino
 Gisele F.A. Estagiário - Estudante	


 Nome: Guilherme Machado Tavares
 CPF: 061.574.636-51


 Nome: Daniela Philippi Camboim
 CPF: 914.482.719-91

Embrapa Pesca e Aquicultura
 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
 Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
 Prolongamento da Av. NS 10, cruzamento com Av. LO 18, sentido Norte
 Loteamento Água Fria - Caixa Postal N° 90
 CEP 77.008-900, Palmas-TO.
 Telefone/Fax: (63) 3229-7800 / 3229-7850

Anexo 3. Ficha de Desempenho em Atividades



Universidade Federal do Paraná
Coordenação do Curso de Zootecnia

FICHA DE SUPERVISÃO DE ESTÁGIO CURRICULAR OBRIGATÓRIO

Identificação do Local de Estágio: Embrapa Pecuaria e Aquicultura

Período de Estágio: 30/08/2016 a 25/11/2016

Orientador do Estágio: Luciana Shintaku Belchior

Estagiário: Gustavo Fernandes da Silva

Ficha de Desempenho em Atividades:

- 1) Cite três atividades que o estagiário realizou que merecem destaque pela boa qualidade de execução:

A estagiária apresentou facilidade de aprendizagem, interesse, responsabilidade, principalmente nas atividades: (1) levantamento hibridográfico; (2) Acompanhamento de bissomâtrias e escriturárias zootécnicas de núcleo de reprodução da Embrapa; (3) Utilizações de recursos computacionais para o tratamento de dados.

- 2) Comente a respeito das atividades que o estagiário encontrou maior dificuldade em realizar. (Utilize o verso da folha se necessário)

Nenhuma atividade/dificuldade a relatar

- 3) O estagiário demonstrou conhecer tecnicamente o tema de suas atividades? Assinale com X: (1) insuficiente; (2) pouco; (3) acima do esperado; (4) muito

- 4) Perante as atividades propostas o estagiário demonstrou comportamento: Assinale com X:

- (1) Excessivamente passivo não cumpriu a proposta;
- (2) Passivo cumpriu a proposta;
- (3) Proativo colaborou acima do esperado;
- (4) Proativo foi capaz de propor inovação;

- 5) Diante do desempenho do estagiário qual o nível de recomendação faria para um futuro empregador.

- (1) Não recomendaria; (2) Recomendaria;
- (2) Recomendaria com elogios; (4) Altamente recomendado

- 6) Faria alguma recomendação de treinamento ao estagiário?

Não.

[Assinatura]

Anexo 4. Ficha de Controle de Frequência

Universidade Federal do Paraná
Coordenação do Curso de Zootecnia

Ficha de Controle de Frequência

- 1) O estagiário foi pontual no cumprimento dos horários de expediente?
(1) pouco pontual; (2) pontual; (3) muito pontual
- 2) O estagiário foi pontual no cumprimento do tempo para realização das atividades?
(1) pouco pontual; (2) pontual; (3) muito pontual
- 3) Houve alguma atividade que o estagiário deixou de realizar por algum impedimento pessoal? Qual? E por que motivo?

Nenhuma atividade do programa de atividades foi cancelada.

- 4) Houve alguma atividade que o estagiário deixou de realizar por algum impedimento do local de estágio? Qual? E por que motivo?

Nenhuma atividade.

- 5) Houve alguma ocorrência em relação à frequência que mereça ser notificada?

Nenhuma ocorrência.

Janeira