

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS  
PRODUTIVAS E QUALIDADE DE PELE EM TILÁPIA-DO-  
NILO (*Oreochromis niloticus*)**

**Autor: Elisângela De Cesaro**

**Orientador: Prof. Dr. Ricardo Pereira Ribeiro**

Maringá  
Estado do Paraná  
Outubro 2023

PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS  
PRODUTIVAS E QUALIDADE DE PELE EM TILÁPIA-DO-  
NILO (*Oreochromis niloticus*)

**Autor: Elisângela De Cesaro**

**Orientador: Prof. Dr. Ricardo Pereira Ribeiro**

Tese apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de DOUTORA EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá Área de concentração Produção Animal.

Maringá  
Estado do Paraná  
Outubro 2023

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
(Biblioteca Central - UEM, Maringá - PR, Brasil)

C421p

De Cesaro, Elisângela

Parâmetros genéticos para características produtivas e qualidade de pele em Tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) / Elisângela De Cesaro. -- Maringá, PR, 2024.  
69 f.: il. color., figs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Pereira Ribeiro.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, 2024.

1. Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) - Melhoramento genético. 2. Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) - Pele. 3. Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) - Gordura muscular. 4. Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) - Qualidade. I. Ribeiro, Ricardo Pereira, orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Agrárias. Departamento de Zootecnia. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. III. Título.

CDD 23.ed. 639.3774

Jane Lessa Monção - CRB 9/1173



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

PARÂMETROS GENÉTICOS PARA  
CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS  
E QUALIDADE DE PELE EM TILÁPIA DO  
NILO(*OREOCHROMIS NILOTICUS*)

Autora: Elisângela De Cesaro  
Orientador: Prof. Dr. Ricardo Pereira Ribeiro

TITULAÇÃO: Doutora em Zootecnia - Área de Concentração Produção  
Animal

APROVADA em 09 de outubro de 2023.

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** JAYME APARECIDO POVH  
Data: 09/10/2023 17:52:05-0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

---

Prof. Dr. Jayme Aparecido Povh

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** RAIMUNDO ALBERTO TOSTES  
Data: 16/10/2023 14:02:02-0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

---

Prof. Dr. Raimundo Alberto  
Tostes

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** CARLOS ANTONIO LOPES DE OLIVEIRA  
Data: 11/10/2023 17:39:15-0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

---

Prof. Dr. Carlos Antonio Lopes de  
Oliveira

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** ELISANDRA LURDES KERN  
Data: 11/10/2023 13:57:50-0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

---

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Elisandra Lurdes Kern

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** RICARDO PEREIRA RIBEIRO  
Data: 16/10/2023 14:24:25-0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

---

Prof. Dr. Ricardo Pereira Ribeiro  
Orientador

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pela vida e saúde para caminhar e evoluir todos os dias.

À Universidade Estadual de Maringá, ao Departamento de Zootecnia e ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia pela oportunidade de realizar o projeto e Doutorado nesta instituição.

À minha família, meu esposo Sidnei, filhos Bruno e Angelo pelo amor, carinho e apoio incondicional.

As minhas guerreiras, mãe Helena e irmã Elaine Edi, e ao Moacir e sobrinhos, pelo auxílio, incentivo e acolhida. Meu pai Eli José (*in memoriam*), meus irmãos Eleni (*in memoriam*) e Elieder (*in memoriam*) que de outro plano também me deram força.

Minha tia Josefina pelo exemplo, acolhida e abrigo.

Ao professor Ricardo Pereira Ribeiro, pela orientação e ensinamentos.

Ao professor Carlos Antonio Lopes Oliveira, pelo norte, paciência e suporte.

Aos colegas de Pós-Graduação e do grupo de pesquisa PeixeGen, pelo aprendizado, pela troca de ideias, força e companheirismo de todos os dias.

Aos servidores, professores e acadêmicos do Departamento de Pós-graduação em Zootecnia, que auxiliaram na execução do trabalho.

Às famílias CODAPAR/CORVO, pela parceria, ajuda e incentivo em todas as atividades.

## BIOGRAFIA

Elisângela De Cesaro nasceu em Serafina Corrêa – RS, no dia 31/05/1982, filha de Eli José De Cesaro (*in memoriam*) e Helena Maria Damo De Cesaro.

Iniciou os estudos no ensino fundamental na Escola Estadual de 1º Grau Incompleto Santa Ana, em 1988, seguindo para o ensino médio na Escola Estadual Carneiro de Campos de 1992 até 1998, obtendo a formação em secretariado executivo.

Em agosto de 2006, iniciou no Curso de Zootecnia pela Universidade Federal de Santa Maria de Palmeira das Missões (UFSM/CESNORS), vindo a concluir em dezembro de 2010.

Em maio de 2014, ingressou no curso de Especialização em Gestão e Docência no Ensino Superior, pela CELLER Faculdades de Santa Catarina, vindo a concluir em julho de 2015.

Em março de 2018, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá, em nível de Mestrado, na área de Produção Animal, vindo a concluir em fevereiro de 2020.

Em março de 2020, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá, em nível de Doutorado, na área de Produção Animal. Em 29 de julho de 2022 submeteu-se à banca de qualificação e em outubro de 2023, submeteu-se à banca para defesa da Tese de Doutorado.

## ÍNDICE

LISTA DE TABELAS.....	7
LISTA DE FIGURAS.....	9
RESUMO .....	9
ABSTRACT .....	10
I - INTRODUÇÃO .....	12
1 REVISÃO DE LITERATURA .....	14
<i>1.1 Tilápia</i> .....	<i>14</i>
<i>1.2 Produção e consumo de Tilápia</i> .....	<i>14</i>
<i>1.3 Melhoramento genético em Tilápias</i> .....	<i>16</i>
<i>1.4 Nutrição e Expressão de genes</i> .....	<i>18</i>
<i>1.5 Produtos obtidos a partir do cultivo de tilápias</i> .....	<i>19</i>
1.5.1 Filé de tilápia e gordura .....	19
1.5.2 Pele de tilápia e colágeno.....	20
II CONSIDERAÇÕES GERAIS .....	23
III OBJETIVO GERAL.....	31
<b>Capítulo I: Parâmetros genéticos para crescimento e percentual de gordura no filé em tilápias-do-Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)</b> .....	<b>32</b>
<i>1 Introdução</i> .....	<i>32</i>
<i>2 Materiais e métodos</i> .....	<i>34</i>
2.1 Animais e sistema de criação .....	34
2.2 Procedimentos de abate .....	34
2.3 Extração e quantificação de gordura.....	35
2.4 Análise estatística .....	36
<i>3 Resultados</i> .....	<i>36</i>
<i>4 Discussão</i> .....	<i>38</i>
<i>5 Conclusão</i> .....	<i>40</i>
<b>Capítulo II: Parâmetros genéticos para características produtivas e qualidade de pele em 3 gerações de tilápia-do-Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)</b> .....	<b>47</b>
<i>1.Introdução</i> .....	<i>47</i>
<i>2.Metodologia</i> .....	<i>48</i>
2.1. Conjunto de dados .....	48
2.2. Procedimentos de abate e coleta de dados .....	49
2.3. Modelo e avaliação genética.....	49
<i>3.Resultados</i> .....	<i>50</i>
<i>4.Discussão</i> .....	<i>52</i>
<i>5. Conclusão</i> .....	<i>55</i>
<b>CAPÍTULO III: Normas da revista utilizada para redação dos artigos.</b>	

**LISTA DE TABELAS****CAPÍTULO I**

Tabela 1. Dados biométricos e estatística descritiva. ....	37
Tabela 2. Teste de AIC para escolha do melhor modelo. ....	37
Tabela 3. Componentes de variância e herdabilidade das características. ....	38
Tabela 4. Correlações genéticas e fenotípicas. ....	38

**CAPÍTULO II**

Tabela 1. Dados biométricos e estatísticas descritivas. ....	51
Tabela 2. Medidas de idade, espessura da pele e peso em diferentes categorias de peso em duas gerações. ....	51
Tabela 3. Modelos testados pelo modelo AIC para cada característica. ....	52
Tabela 4. Componentes de variância e estimativa de herdabilidades. ....	52



**LISTA DE FIGURAS**

<b>Figura 1.</b> Unidade Demonstrativa de Produção em Tanques-rede no Rio do Corvo, no município de Diamante do Norte – PR.....	17
<b>Figura 2.</b> Mensuração da espessura das peles de tilápia.....	19
<b>Figura 3.</b> Quantificação da gordura no filé de tilápia.....	21

## RESUMO

A prospecção mundial estimada para 2050 é que existam cerca de 9 bilhões de pessoas. Estimativa que volta a preocupação mundial em produção de alimentos muito além de obter quantidade, mas, também produtividade, eficiência, aproveitamento e qualidade. Sendo a tilápia do Nilo uma espécie precoce, rústica e de fácil adaptabilidade em diferentes ambientes, torna-se uma fonte de proteína de origem animal facilmente disponível em cultivo. A produção de tilápias tem destaque mundialmente pelos elevados índices produtivos e qualitativos no cultivo e industrialização e, o melhoramento genético é importante área da produção animal que influencia positiva e diretamente a melhoria destes índices, estimulando a cadeia da tilapicultura para que se torne sustentável e lucrativa. Objetivou-se avaliar parâmetros genéticos para gordura no filé, peso ao abate e pele em tilápias-do-Nilo. Foram avaliadas tilápias de um programa de melhoramento genético, ao longo de três gerações. As tilápias foram alocadas anualmente em quatro (4) tanques-rede distribuídos ao acaso e no mesmo ambiente. O modelo de melhor ajuste para os dois trabalhos foi definido pelos valores do índice *Akaike Information Criterion* (AIC), sendo escolhido o modelo com menor AIC, com a metodologia de máxima verossimilhança restrita e auxílio do software AIREMLF90. Os valores de herdabilidade e correlações genéticas foram estimados mediante modelos uni e bicaráter com aplicação dos programas da família BLUPF90, baseados em inferência *Bayesiana*. Com base nas correlações genéticas observadas, conclui-se que, ao aplicar seleção voltada para características de rendimento de filé, espera-se incremento na deposição de gordura no filé, encontrou-se correlação 0,57 entre as características rendimento de filé e porcentagem de gordura no filé. Ao avaliar características de peles coletadas ao longo de três anos de melhoramento genético para peso, observou-se correlação de 0,90 entre peso ao abate e espessura de pele, comprovando a eficiência da seleção genética direcionada para ganho de peso no ganho em espessura de pele em tilápias. Além disso, com o melhoramento genético animal, é esperado obter sustentabilidade em toda a cadeia produtiva, envolvendo desde produção de alevinos geneticamente melhorados, até o melhor aproveitamento de partes nobres como os filés e coprodutos como as peles para fins nutricionais com extração do colágeno e farmacológicos com aplicação das peles como curativo biológico.

**Palavras-chave:** filé, gordura muscular; melhoramento genético, qualidade, pele

## ABSTRACT

The estimated global outlook for 2050 is that there will be around 9 billion people. An estimate that raises global concerns about food production beyond quantity, but also productivity, efficiency, use and quality. As Nile tilapia is a precocious, rustic species that is easily adaptable to different environments, it becomes a protein source of animal origin easily available in cultivation. Tilapia production stands out worldwide for its high productive and qualitative indices in cultivation and industrialization, and genetic improvement is an important area of animal production that positively and directly influences the improvement of these indices, encouraging the tilapiculture chain to become sustainable and profitable. The objective was to evaluate genetic parameters for fillet fat, slaughter weight and skin in Nile tilapia. Tilapia from a genetic improvement program were evaluated over three generations. Tilapia were allocated annually to four (4) cages randomly distributed in the same environment. The best fitting model for both studies was defined by the values of the Akaike Information Criterion (AIC) index, with the model with the lowest AIC being chosen, by the restricted maximum likelihood methodology and the aid of the AIREMLF90 software. Heritability values and genetic correlations were estimated using uni- and two-character models using the BLUPF90 family programs, based on Bayesian inference. Based on the genetic correlations observed, it is concluded that, when applying selection focused on fillet yield characteristics, an increase in fat deposition in the fillet is expected, also a correlation of 0.57 was found between the characteristics of fillet yield and fat percentage in the fillet. When evaluating characteristics of skins collected over three years of genetic improvement for weight, a correlation of 0.90 was observed between slaughter weight and skin thickness, which proves the efficiency of genetic selection aimed at weight gain. in skin thickness in tilapia. Furthermore, with animal genetic improvement, it is expected to achieve sustainability throughout the production chain, involving everything from the production of genetically improved fry, to the better use of noble parts such as fillets and co-products such as skins for nutritional purposes with collagen extraction and pharmacological treatments with the skins application as a biological dressing.

**Keywords:** fillet, genetic improvement, muscle fat, quality, skin

## I - INTRODUÇÃO

O relatório da *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (2020), mostra que a produção de peixes de cultivo cresce e movimentam milhões de dólares, principalmente em consumo e produção de farinha e óleo de peixes. As estimativas são de aumento na produção de pescado, principalmente em função da necessidade de suprir o consumo humano por proteína de origem animal, visto que a prospecção para o ano de 2050, é de uma população mundial aproximada de 9 bilhões de pessoas (FAO, 2020). A atividade agropecuária nacional que mais obtém destaque é a piscicultura de cultivo, atividade rentável e lucrativa, em que a tilápia-do-Nilo representa 63,93% das 550.060 toneladas produzidas em 2022, mesmo em período desafiador de pandemia e impactos da guerra entre Rússia e Ucrânia, foi a espécie mais produzida e exportada (PeixeBr, 2023).

A necessidade por pescado é cada vez mais crescente, mas o extrativismo não consegue suprir esta necessidade crescente, sendo necessário que a piscicultura supra esta demanda (Schulter e Filho, 2017). No entanto, a experiência com outras espécies vegetais e animais mostram que para o desenvolvimento de qualquer produção, seja ela vegetal (Steinwand & Ronald, 2020; Machado, *et al.*, 2022) ou animal, é fundamental o melhoramento genético, pois desta forma é possível aumentar a produtividade de forma mais eficiente e sustentável (Yoshida *et al.*, 2021).

O foco do melhoramento genético de tilápias no Brasil está voltado para incrementos de precocidade e peso, contudo, sabe-se que a composição da dieta está diretamente relacionada com a composição do filé, devido à capacidade da tilápia em absorver e depositar nutrientes de acordo com a oferta dos mesmos na dieta e no ambiente (Furuya, 2010). Uma das características avaliadas no filé é o teor de gordura (Souza; Anido; Tognan, 2007; Jorge *et al.*, 2022) em que são observados efeitos da síntese e deposição de ácidos graxos poli-insaturados no músculo, associados à saúde pelo efeito antioxidante (Garmyn, 2020).

A composição da gordura dos peixes em geral é de lipídios poli-insaturados, geralmente em maior quantidade os n-3 nos peixes marinhos e n-6 nos peixes de água doce (Venugopal & Shahidi, 1996; Souza; Anido; Tognan, 2007; Jorge *et al.*, 2022). Para melhor compreender a deposição da gordura no filé, alguns estudos com tilápia-do-Nilo são relevantes, pois trabalharam equações específicas no método BLUPF90 a respeito de efeitos fixos, parâmetros genéticos relacionados e, avaliação da resposta direta à seleção e qualidade de carne (Hamzah *et al.*, 2014; 2016), e a deposição de gordura no filé de tilápias (Garcia *et al.*, 2017), sempre em discussão a respeito de causar ou não benefícios à saúde humana.

Junto com a produção e industrialização da tilápia, também aumenta o acúmulo dos subprodutos de abate que precisam de destino apropriado, porque o rendimento de filé é de aproximadamente 30% do peso do animal. O restante do peixe, as carcaças, espinhos, peles e vísceras representam em torno de 70% do peso da tilápia, e geralmente são transformados em farinha de peixe para nutrição animal, vendidos por preço não competitivo, ou até mesmo descartados em aterros (De Cesaro, *et al.*, 2022).

A maior porcentagem de aproveitamento de subprodutos da tilápia ocorre com a extração de carne mecanicamente separada (CMS) das carcaças. A CMS é transformada em polpa de carne que pode servir de pasta base de bolinhos, *nuggets*, empanados para fritar, e processada para ser utilizada como farinha de peixe em diversos produtos alimentícios, ser fonte para extração de concentrado proteico de peixe (Souza *et al.*, 2017, 2021, 2022; Goes *et al.*, 2016). A pele é considerada um resíduo da cadeia produtiva da tilápia, que poderia ser reaproveitada como coproduto de elevado valor comercial, se empregado tratamento para venda e curtição em couro (Gondim; Marinho; Lima, 2015) ou utilização farmacológica e medicinal (Lima Júnior *et al.*, 2017, 2019a, 2019b).

O principal componente das peles de tilápia é o colágeno contido nas fibras proteicas que constituem as camadas da derme e epiderme (Mine; Fortunel; Pigeon; Asselineau, 2008). A pele possui propriedades biológicas (Alves *et al.*, 2015; 2018) que permitem sua aplicação como curativo biológico (Lima Júnior *et al.*, 2017; 2019a; 2019b; 2020), podendo servir também como fonte para extração do colágeno em forma pura para ser desidratado (Kozłowska *et al.*, 2015; Tang *et al.*, 2015; Krishnamoorthi *et al.*, 2017).

Uma forma eficiente de aliar o aproveitamento de recursos ambientais ao potencial genético das espécies é aplicar melhoramento genético nas tilápias. O melhoramento é uma área da produção que permite identificar e selecionar indivíduos e famílias com os melhores índices de desempenho para cada característica determinada (Inyang *et al.*, 2021; Brito *et al.*, 2021).

Essas premissas tecnológicas aplicadas à piscicultura são incremento indispensável, proporcionando aumento na produtividade e crescimento na produção de alimentos, sendo beneficiados todos envolvidos na cadeia produtiva, produtores, indústria e consumidores.

Resultados das pesquisas do grupo PeixeGen indicam correlação forte e positiva entre as características peso animal e espessura de pele, em animais oriundos do Programa de melhoramento genético de tilápias, Tilamax da Universidade Estadual de Maringá (PMGT/UEM), em que a estimativa de herdabilidade para a característica espessura de pele foi de 0,71 e a correlação genética entre espessura de pele e peso a despesca foi de 0,77, apresentou aumento na espessura das peles e do colágeno depositado, em animais sob seleção para peso (Todesco *et al.*, 2022).

Através da seleção genética, buscando variabilidade e qualidade no filé e nas peles das tilápias, incrementarão as características produtivas, possibilitando à indústria e produtores acréscimo na receita bruta, pela valorização deste material que ainda é considerado apenas resíduo frigorífico. As empresas que trabalham com produção de peixes, podem adquirir material melhorado geneticamente direto da Universidade, estabelecendo a base genética de reprodutores, produção de alevinos para os produtores no campo, e maximizar ganhos em produtividade e lucratividade.

O objetivo deste trabalho foi avaliar teor de gordura no filé e qualidade de peles em tilápias-do-Nilo há 13 anos sob seleção para peso.

# 1 REVISÃO DE LITERATURA

## 1.1 Tilápia

A tilápia-do-Nilo é oriunda de diversos países africanos, sendo a espécie mais cultivada no mundo. A *Oreochromis niloticus* foi introduzida no Brasil em 1971 junto com a tilápia de Zanzibar (*Oreochromis hornorum*), pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas, com o objetivo de ajudar as regiões do nordeste brasileiro na produção de alimento. A segunda importação registrada foi em 1996 no Paraná, com introdução de alevinos, provenientes da Tailândia (Ásia). Em 2002 e 2005 a piscicultura Aquabel importou da Noruega a linhagem GenoMar Supreme Tilápia (GST), e da Malásia a “Genetically Improved Farmed Tilapia” (GIFT), em português: “Melhoramento genético de tilápias criadas em cativeiro” (de Oliveira; Santos; Pereira e Lima, 2007).

A linhagem GIFT foi formada a partir do acasalamento de oito linhagens vindas do Egito, Gana, Senegal, Quênia, Filipinas, Israel, Taiwan e Tailândia. A GIFT foi desenvolvida inicialmente pela ICLARM (*International Center for Living Aquatic Resources Management*), atual WorldFish Center, e atualmente é a espécie mais cultivada e selecionada no Brasil (da Silva *et al.*, 2015; PeixeBr, 2023).

Espécie conhecida por apresentar filé de características sensoriais suaves e de ótima aceitação pelos consumidores, que permite além da produção de carnes nobres, a obtenção de subprodutos de ótima qualidade nutricional, provenientes da Carne Mecanicamente Separada (CMS) das carcaças, e das farinhas produzidas a partir de carcaças e espinhas que podem ser aplicadas na elaboração de inovações tecnológicas para alimentação humana, produtos com CMS, concentrado proteico e ou farinha de peixes (Souza *et al.*, 2017, 2021, 2022; Goes *et al.*, 2016). Atualmente, as quatro espécies de maior destaque produtivo são a tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*), a tilápia-de-Moçambique (*Oreochromis mossambicus*), a tilápia azul ou tilápia áurea (*Oreochromis aureus*) e a tilápia-de-Zanzibar (*Oreochromis hornorum*) (Kubitza, 2011).

## 1.2 Produção e consumo de Tilápia

A piscicultura brasileira é uma cadeia com elevado potencial de expansão, com crescimento de 45,7% nos últimos 8 anos, principalmente pelas condições ambientais e crescente demanda mundial por oferta de pescado (Yoshida *et al.*, 2021). A produção anual brasileira de peixes de cultivo atingiu 841,005 toneladas, com incremento de 4,7% em 2021, e

a tilápia que representa 63,5% da produção, contabilizou 534.005 toneladas produzidas em 2021 e 550 mil toneladas em 2022 (PeixeBr, 2023). As atividades aquícolas compreendem a pesca extrativista e a aquicultura, os dados de produção compreendem apenas organismos aquáticos de cultivo total ou parcialmente dentro da água, independente se em águas marinhas ou água doce, animais criados em cativeiro, sob atividades de piscicultura, ranicultura, carcinicultura, malacocultura, jacaricultura etc. (Schulter e Filho, 2017).

Em geral, as regiões metropolitanas aonde estão concentradas as grandes propriedades produtoras do pescado, mesmo que com menor extensão de terras, são as que possuem maior extensão hídrica e maior registro de produção e venda (IBGE, 2019). O consumo de pescado chegou a 38,7% nos últimos anos (PeixeBr, 2021), e do mesmo modo aumentou a produção de resíduos na indústria processadora (Moraes, 2020), evidenciando a necessidade em trabalhar o aproveitamento de subprodutos, contribuindo para a sustentabilidade da cadeia (Idea, *et al.*, 2020).

A tilapicultura vem trabalhando principalmente com cultivo de animais melhorados geneticamente, com alta prolificidade reprodutiva, nutricionalmente mais exigentes, porém com maior resposta ao crescimento e desenvolvimento, apresentando ciclo produtivo rápido de seis a nove meses (Furuya *et al.*, 2001). Estes animais são geneticamente superiores, com características de rusticidade e resistência a altas densidades, parasitos, doenças e ao estresse ambiental (Oliveira *et al.*, 2016), características que permitem estabelecer o cultivo de tilápias como fonte de alimento e renda em todo mundo, criados em lagos e rios como mostra a figura 1.

O estado do Paraná tem sido o principal produtor brasileiro de tilápias desde 2016, colocando a região Sul como responsável por 32% da produção nacional de peixes, região de clima mais frio que produz principalmente carpas e tilápias, sendo que as regiões de clima mais quente como Norte e Centro Oeste, produzem principalmente tambaqui (IBGE, 2019). A tilápia do Nilo já está disseminada pelo país, cultivada também nas regiões Nordeste e Sudeste, espécie que representou 57% da produção nacional de peixes no ano de 2021 (PeixeBr, 2022) e segue com incentivos políticos sólidos, com autorização para a produção de pescado em águas da União (Brasil, 2020).

A demanda do consumidor de peixes estrutura-se diferentemente por estados, com a compra e venda principalmente de peixe inteiro e carnes nobres, e mesmo sendo menos consumida em detrimento às carnes de outras espécies como bovinos e aves (Criança, *et al.*, 2021), a valorização do filé de tilápia cresce por ser considerado uma proteína de origem animal



mais saudável, principalmente pelo baixo percentual de gordura e à composição lipídica (Kubitzka; Campos; Ono; Istchuk, 2012; Sary *et al.*, 2022).

### 1.3 Melhoramento genético em Tilápias

O primeiro programa de melhoramento genético de tilápias-do-Nilo iniciou no Brasil em 2005, através de uma parceria entre o World Fish Center e a Universidade Estadual de Maringá (UEM) no Paraná, em que foram transferidos 600 alevinos de 30 famílias da GIFT, com o apoio do Ministério de Pesca e Aquicultura e, da Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca (SEAP) (Santos *et al.*, 2011). Instalado na Estação de Piscicultura UEM-CODAPAR no distrito de Floriano em Maringá – PR, e na Unidade Demonstrativa de Produção em Tanques-rede no Rio do Corvo, no município de Diamante do Norte – PR (Figura 1).



**Figura 1.** Unidade Demonstrativa de Produção em Tanques-rede no Rio do Corvo, no município de Diamante do Norte – PR (Fonte: arquivo pessoal).

Os acasalamentos utilizam um desenho hierárquico sendo dispostas duas fêmeas para cada macho, originando famílias de irmãos completos e meio-irmãos. Após a reprodução os ovos são cultivados separadamente em ambiente controlado, até a eclosão completa, na sequência são transferidos para um viveiro escavado. Quando estiverem com 10g de peso corporal, os animais recebem identificação individual através de microchip e fazendo a primeira coleta de dados, permanecendo no tanque escavado por aproximadamente 90 dias. Após esse período, os peixes são levados para tanques rede no Rio do Corvo, município de Diamante do Norte – PR (Yoshida *et al.*, 2021), permanecendo sob avaliação até atingirem idade reprodutiva, quando retornam para a Estação Experimental em Floriano para novo período de acasalamentos.

Atualmente aplica-se seleção para a característica peso corporal, avaliando ganho de peso diário, através de cruzamento de indivíduos identificados e com pedigree (Oliveira, *et*

*al.*, 2016). Para selecionar os animais, existe um banco de dados em que são coletadas medidas corporais, como largura, altura, comprimento de cabeça, comprimento padrão, comprimento total, altura caudal e largura caudal, mortalidade à idade comercial, entre outros. Os dados de cada indivíduo são cruzados com os dados de família, e entre famílias em diferentes gerações, ranqueando os animais de acordo com o valor genético (Santos *et al.*, 2011; Oliveira, *et al.*, 2016).

Em nove anos de melhoramento genético, observou-se a tendência genética baseada em todos os dados disponíveis, apresentando aumento de cerca de 3,3% por geração, com ganho de peso acumulado de 0,46 g/dia. A média do coeficiente linear de endogamia por ganho de peso diário foi  $1,25 \pm 0,58$ , apontando que não há efeito negativo da endogamia sobre o ganho de peso diário, e a  $h^2$  entre 0,2 e 0,33 sugeriu um adequado modelo de criação (Yoshida *et al.*, 2021). Algumas das principais linhas de pesquisa do programa de melhoramento genético atualmente envolvem pesquisas por imagens bidimensionais e tridimensionais para avaliação de medidas corporais e rendimento de filé (Cardoso *et al.*, 2021), qualidade de carne (Garcia, *et al.*, 2017), qualidade de pele para uso biológico (Todesco *et al.*, 2022) e interação genótipo e ambiente no cultivo (De Araújo *et al.*, 2020).

Tanto em água doce quanto salgada a tilápia vêm sendo melhorada geneticamente e apresentando resultados positivos relacionados à adaptabilidade, resistência a doenças e elevados índices de crescimento, tornando-a uma espécie de fácil introdução e manejo em diferentes climas e sistemas de cultivo (De Araújo *et al.*, 2020; Oliveira, *et al.*, 2017).



**Figura 2.** Mensuração da espessura das peles de tilápia (Fonte: arquivo pessoal).

O foco do melhoramento genético de tilápias no Brasil está voltado principalmente para ganhos em precocidade e peso (Carvalho *et al.*, 2022; Yoshida *et al.*, 2021), ao seguir com as pesquisas genéticas buscando, variabilidade e qualidade no filé e nas peles de tilápia, estarão incrementando as características produtivas e possibilitando à indústria e produtores um

acréscimo na receita bruta, pela valorização do filé como produto nobre e, dos coprodutos como as peles, que são avaliadas quantitativamente para se aplicar seleção (Figura 2) visando aplicação como curativo biológico (Todesco *et al.*, 2022).

#### 1.4 Nutrição e Expressão de genes

A nutrição é fundamental para todas as espécies de animais. As rotas metabólicas estão direta e fisiologicamente relacionadas atuando constantemente na absorção de nutrientes para o funcionamento do organismo, gasto com energia para reprodução, controle metabólico, deposição e crescimento muscular, e principalmente na inter-relação de toda a expressão em tecidos (Kwasek *et al.*, 2014; Wang *et al.*, 2014; Michelato, Furuya e Gatlin, 2017; Urbich, 2020). As funções estruturais e fisiológicas dos tecidos conjuntivos são definidas e diferenciadas pela constituição proteica, variando de acordo com a presença de glicoproteínas, proteínas e demais moléculas solúveis que irão determinar as características bioquímicas de cada tecido individualmente (Gelse *et al.*, 2003), estando diretamente relacionadas à composição do filé de peixe e às peles.

O aporte nutricional está diretamente ligado às funções metabólicas, podendo restringir absorção de nutrientes quando da escassez de um aminoácido limitante na dieta, principalmente em não ruminantes que possuem ineficiência no aproveitamento de nitrogênio a partir de proteína microbiana, visto que a proteína é produzida pela microflora intestinal após o estômago, impossibilitando a digestão química deste material para a absorção dos aminoácidos que a compõe (Bergen e Wu, 2009). Em caso de falta de aminoácidos na dieta, ocorre disfunção mitocondrial e aumento na degradação do colágeno, deposição esparsa das fibras (Zouboulis e Makrantonaki, 2011; Raut *et al.*; 2012) e perda da capacidade hídrica da pele (Fisher *et al.*, 2009).

Algumas das desordens que degeneram a pele são consequências do estresse oxidativo, que pode alterar o equilíbrio entre síntese e degradação de componentes da matriz extracelular dérmica, formada por tecido conjuntivo, colágeno e demais fibras (Hwang, Yi & Choi, 2011; Quan *et al.*, 2013), podendo ser causado ainda pela perda ou ineficiência metabólica, que diminui a resistência ao estresse e causa redução das funções dos tecidos (Tigges *et al.*, 2014) e das funções relacionadas a fatores genéticos como senescência celular, falhas no reparo do DNA, perda de telômeros e aumento de anormalidades cromossômicas com maior expressão de enzimas de degradação que de síntese (Zouboulis e Makrantonaki, 2011; Raut *et al.*, 2012).

Os peixes enquanto animais não ruminantes, possuem exigência de aminoácidos

essenciais que devem estar suplementados na dieta (Hua; Suwendi; Bureau, 2019). O principal aminoácido limitante em dietas para peixes é a metionina, que participa na metilação de RNA e DNA, síntese de proteína, lipídeos e de outros aminoácidos como cisteína, glicina, glutamina e taurina, sendo que esse último aparece em grande quantidade na farinha de peixe, porém é insignificante nos ingredientes de origem vegetal (Sakomoura *et al.*, 2014).

É comum como consequência da inativação de vias metabólicas, ocorrerem mudanças no padrão da expressão gênica que é mediada pela atividade dos fatores de transcrição nuclear (Rittié & Fisher, 2015), e alterações nos genes reguladores de diferenciação celular e crescimento. Foi observado efeito sinérgico entre metionina e taurina sobre o desempenho dos peixes, que se destaca quando adicionados níveis inadequados de aminoácidos em dietas, e conseqüentemente ocorre redução no consumo, na retenção de aminoácidos, na deposição proteica e no crescimento dos peixes (Wilson, 2003). Todos esses fatores envolvidos causam aumento nos custos de produção e na excreção de nitrogênio, devido à restrição de absorção por falta de aminoácidos essenciais (Furuya *et al.*, 2001; 2010).

Sabe-se, portanto, que a nutrição pode afetar quantitativamente e qualitativamente a deposição de tecidos corporais em animais não ruminantes, estabelecendo uma relação direta entre a nutrição das tilápias e a expressão dos genes relacionados à produção.

## 1.5 Produtos obtidos a partir do cultivo de tilápias

### 1.5.1 Filé de tilápia e gordura

As espécies de peixes apresentam variações na composição química de filé, constituído por proteínas (16 a 21%), lipídios (0,5 a 2,3%), cinzas (1,2 a 1,5%) e água (52 a 82%), o filé compreende a maior parte de músculo encontrada no peixe e apresenta  $h^2$  média de  $0,21 \pm 0,0511$  (Todesco *et al.*, 2022), músculo composto principalmente por proteínas miofibrilares, sarcoplasmáticas e do estroma (Petricorena, 2014). O rendimento de filé oscila, principalmente pelos fatores idade, tamanho e tipo de cultivo, variando entre 28 e 39,1% do peso do animal (De Araújo, *et al.*, 2020). As proteínas do filé de peixe possuem todos os aminoácidos essenciais em sua composição, com predominância de lisina e leucina (Nunes *et al.* 2011; Petricorena, 2014).

Em testes sensoriais com filé de tilápia-do-Nilo, foi observada a preferência dos consumidores, constatando que quanto maior o peso de abate (de 600 a 1.200g) maior será o teor de lipídios, a dureza do filé e a preferência do consumidor (Kayan *et al.*, 2015). Embora o teor de água seja de grande importância para a indústria, pois impacta diretamente no

rendimento dos filés (Goes, *et al.*, 2019), a qualidade sensorial também perde com a perda de água, que geram uma carne mais seca e dura, diante do exposto observa-se a importância em trabalhar o percentual de gordura nos filés de tilápia (Figura 3).



**Figura 3.** Quantificação da gordura no filé de tilápia (Fonte: arquivo pessoal).

### 1.5.2 Pele de tilápia e colágeno

A pele dos peixes é parecida com a pele humana, composta morfologicamente por duas camadas, a epiderme externa e a derme logo abaixo, a camada mais externa possui estrutura celular multicamadas, originária do ectoderma embrionário, a derme é composta de uma estrutura basicamente fibrosa, com poucas células, em grande parte composta por células de colágeno (Alves *et al.*, 2015; 2018).

Classificada como resíduo da indústria, as peles de tilápia são obtidas do processo de esfolamento do filé, representando cerca de 10% do peso animal (De Cesaro *et al.*, 2022), atualmente são utilizadas principalmente para elaboração de farinha de peixe e extração do óleo de peixe (FAO, 2020). Com aplicação de novas tecnologias, está se buscando maior valorização e aproveitamento destas peles e suas propriedades biológicas, através de curtimento em couro (Gondim; Marinho; Lima, 2015) e de curativo biológico para queimaduras, testado em animais e humanos (Lima Júnior, *et al.*, 2017).

O colágeno é uma proteína de função estrutural, relacionada à sustentação extracelular (Zeugolis & Raghunath, 2011). O colágeno pode ser classificado em estriado, não fibroso e microfibrilar, geralmente associado às fibrilas. Estas fibrilas possuem composição molecular baseada em tropocolágenos polipeptídicos unidos por pontes de hidrogênio, que formam uma tripa hélice com aminas ou carboxilas nas extremidades (Damodaran & Parkin, 2010). Cada hélice é composta por mais de 100 diferentes resíduos de aminoácidos, formando cadeias  $\alpha 1$  e  $\alpha 2$ .

As cadeias  $\alpha 1$  e  $\alpha 2$  irão determinar a classificação do colágeno entre os 29 diferentes

tipos de já identificados, de acordo com as sequências de aminoácidos observadas. Essa classificação permitirá deliberar ao tecido de extração, diferenças numéricas relacionadas com elasticidade e estabilidade (Fauzi *et al.*, 2016; Ferraro *et al.*, 2016), organização molecular, e antigenicidade (Zeugolis & Raghunath, 2011), sendo que dentre os encontrados com maior frequência são os fibrilares: divididos em tipos I, II, III (Elango *et al.*, 2017).

A massa molecular é uma característica quantitativa observada na estrutura primária do colágeno, podendo ser variável de acordo com a sequência de aminoácidos que compõe a cadeia polipeptídica, repetindo sequências de glicina, prolina e hidroxiprolina (Silva, 2010). Essa massa molecular observada na estrutura primária, quando for menor que 20000 Da não permitirá que ocorra formação de gel no colágeno extraído, pois segundo a literatura, para ser de boa qualidade, o material deve apresentar massa molar entre 60000 e 80000 Da (Damodaran & Parkin, 2010; Schrieber & Gareis, 2007).

O colágeno tipo I é o mais encontrado em mamíferos e por possuir características de compatibilidade com os tecidos humanos (Alves *et al.*, 2015; 2018), é bastante utilizado na produção de biomateriais para aplicação medicinal (Lima Júnior, *et al.* 2017; 2019a; 2019b; 2020). Nos peixes de água doce, o colágeno depositado varia em composição proteica de acordo com a espécie e, pode ser encontrado nas escamas, na pele, barbatanas, ossos e músculos (Kozłowska *et al.*, 2015; Krishnamoorthi *et al.*, 2017; Tang *et al.*, 2015), sendo que na pele encontra-se maior quantidade dos aminoácidos valina e glicina (Bordignon *et al.*, 2012).

O colágeno tipo I consiste em uma estrutura com 3 cadeias  $\alpha 1$ ,  $\alpha 2$  e  $\alpha 3$  (Kimura, 1992), compreendendo 57% da composição da pele da tilápia e as moléculas que o compõe se organizam formando fibras estruturais na pele (Alves *et al.*, 2018). A pele da tilápia apresenta maior expressão nos genes de colágeno tipo I para as cadeias  $\alpha 2$  (COL1A2) e  $\alpha 3$  (COL1A3) (Todesco *et al.*, 2022), sendo que a cadeia  $\alpha 3$  possui rota metabólica mais rápida, favorecendo a estabilidade térmica do colágeno e maior adaptabilidade dos animais ao ambiente (Morvan-Dubois *et al.*, 2003). Permitindo antever que diferenças na expressão das cadeias  $\alpha 2$  e  $\alpha 3$ , podem estar associadas à espessura de pele, pois quanto maior a necessidade de adaptação às variações térmicas, mais espessa será a pele e maior será a expressão para a cadeia  $\alpha 3$  (Todesco *et al.*, 2022).

Diante do exposto, utiliza-se eficientemente o Melhoramento Genético Animal como ferramenta para selecionar características de qualidade de filé e peles em tilápias-do-Nilo. Ainda, a partir da correlação forte e positiva entre as características espessura de pele e peso animal pode-se concluir que ao selecionar os animais para peso à despesca, obtêm-se maiores

rendimentos em volume e espessura de pele.

## **II CONSIDERAÇÕES GERAIS**

O teor de gordura nos filés e a porcentagem de colágeno nas peles de Tilápia-do-Nilo são parâmetros de composição química que requerem atenção dos melhoristas, pelo impacto direto no lucro e na produtividade em piscicultura.



## REFERÊNCIAS

- Alves, A. P. N. N. et al. (2015). Avaliação microscópica, estudo histoquímico e análise de propriedades tensiométricas da pele de tilápia do Nilo. *Revista Brasileira de Queimaduras*, 14(3), 203–210.
- Alves, A. P. N. N. et al. (2018). Study of tensiometric properties, microbiological and collagen content in Nile tilapia skin submitted to different sterilization methods. *Cell Tissue Bank*. 19(3), 373–382. <https://doi.org/10.1007/s10561-017-9681-y>
- Bergen, W.G. and WU, G. (2009). Intestinal nitrogen recycling and utilization in health and disease. *Journal of Nutrition, Recent Advances in Nutritional Sciences*, 821-825.
- Bordignon, A. C., et al. (2012). Aproveitamento de peles de tilápia-do-nilo congeladas e salgadas para extração de gelatina em processo batelada. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41(3), 473–478. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982012000300001>
- Brasil. (2020). Cessão de uso de espaços físicos de corpos d'água da União para prática de aquicultura. Decreto nº 10.576/2020. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF.
- Brito, L.F. et al. (2021). Review: Genetic selection of high-yielding dairy cattle toward sustainable farming systems in a rapidly changing world. *Animal*. V.15, n.1.
- Cardoso, A. J. S., Oliveira, C. A. L. de, Campos, E. C., Ribeiro, R. P., Assis, G. J. D. F., & Silva, F. F. E. (2021). Estimation of genetic parameters for body areas in Nile tilapia measured by digital image analysis. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 138(6), 731–738. <https://doi.org/10.1111/jbg.12551>
- Carvalho J. C., et al. (2022). Growth curve of Nile tilapia from different families of the Aqua América variety. *Brazilian Journal of Biology*, 82, e243534.
- Criança, E. da S., Canela, E. S., Lopes, A. R. de B. C., Otani, F. S., & Nebo, C. (2021). Perfil socioeconômico dos consumidores de pescado na microrregião de Redenção do Pará. *Revista Brasileira de DesenvolvimGento*, 7(4), 37525–37545. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n4-291>
- Da Silva, G. F., et al. (2015). **Tilápia-do-Nilo: Criação e cultivo em viveiros no estado do Paraná**. Curitiba: GIA, 290p.
- Damodaran, S. K. & Parkin, O. R (2010). Fennema. **Química de Alimentos de Fennema**. Artmed, Porto Alegre, 900 p.
- De Araújo, F. C. T. et al. (2020). Effects of genotype x environment interaction on the estimation of genetic fibroblastos and gains in Nile tilapia. *Journal of Applied Genetics* 61, 575-580. <http://doi.org/10.1007/s13353-020-00576-2>
- De Cesaro, E., Oliveira, C. A. L., Oliveira, G. G., Souza, M. L. R. e Ribeiro, R. P. (2022). Qual o valor de uma pele de tilápia? 26ª ed. *Aquaculture Brasil*, 36–42.

De Oliveira, E. G., Santos, F. J. de S., Pereira, A. M. L. e Lima, C. B. (2007). Circular Técnica 45: “Produção de tilápia: Mercado, espécie, biologia e recria.” **Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento**, Teresina, PI. ISSN 0104-7633.

Elango, J. et al. (2017). Effect of chemical and biological cross-linkers on mechanical and functional properties of shark catfish skin collagen films. *Food Bioscience*, 17, 42–51. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2016.12.002>

FAO. (2018). El estado mundial de la pesca y la acuicultura: Cumplir los objetivos de desarrollo sostenible. Departamento de Pesca de La FAO – Organización de Las Naciones Unidas para La Agricultura y La Alimentación, Roma 2018.

FAO. (2020). Food and Agriculture Organization of the United Nations. The state of the world fisheries and aquaculture. 14-31, 2020.

Fauzi, M. B., Lokanathan, Y., Aminuddin, B. S., Ruszymah, B. H. I., and Chowdhury, R. S. (2016). Ovine tendon collagen: Extraction, characterisation and fabrication of thinfilms for tissue engineering applications. *Materials Science and Engineering: C*, 68,163–171. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2016.05.109>

Ferraro, V., Anton, M. e Santé-Lhoutellier, V. (2016). The “sisters”  $\alpha$ -helices of collagen, elastin and keratin recovered from animal by-products: Functionality, bioactivity and trends of Application. *Trends in Food Science & Technology*, 51, 65–75. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.03.006>

Fisher, G. J. et al. (2009). Collagen fragmentation promotes oxidative stress and elevates matrix metalloproteinase-1 in fibroblasts in aged human skin. *The American journal of pathology* 174(1): 101-114.

Furuya, W. M. et al. (2001). Coeficientes de Digestibilidade e Valores de Aminoácidos Digestíveis de Alguns Ingredientes para Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 30, 4, 1143–1149.

Furuya, W. M. **Tabelas brasileiras para a nutrição de tilápias**. Toledo: GFM, 2010.

Garcia, A. L. S. et al. (2017). Genetic parameters for growth performance, fillet traits, and fat percentage of male Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Journal of Applied Genetics*, 58, 527–533. <https://doi.org/10.1007/s13353-017-0413-6>

Garmyn, A. (2020). Consumer Preferences and Acceptance of Meat Products. *Foods*, 9(6), 708. <https://doi.org/10.3390/foods9060708>

Gelse, K., Pöschl, E. e Aigner, T. (2003). Collagens - Structure, function, and biosynthesis. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 55(12), 1531–1546.

Goes, E. S. R. et al. (2019). Imbalance of the redox system and quality of tilapia fillets subjected to pre-slaughter stress. *PLoS ONE*, 14(1), e0210742. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0210742>

Goes, E. S. R., et al. (2016). Fresh pasta enrichment with protein concentrate of tilapia:

nutritional and sensory characteristics. *Food Science and Technology*, 36, 76- 82.

Gondim, R. D., Marinho, R. A., Lima, R. N. C. (2015). Curtimento artesanal de couro de tilápia (*Oreochromis* sp.) a partir de três curtentes naturais. *Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal*, 9 (2), 172-184.

Hamzah, A., Nguyen, N. H., Mekkawy, W., Ponzoni, R. W., Khaw, H. L., Yee, H. Y., Bakar, K. R. A., & Nor, S. A. M. (2016). Flesh characteristics: estimation of genetic parameters and correlated responses to selection for growth rate in the GIFT strain. *Aquaculture Research*, 47(7), 2139–2149. <https://doi.org/10.1111/are.12666>

Hamzah, A., Ponzoni, R. W., Nguyen, N. H., Khaw, H. L., Yee, H. Y., & Nor, S. A. M. (2014). Performance of the genetically improved farmed tilapia (GIFT) strain over ten generations of selection in Malaysia. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*, 37(4), 411–429.

Hua, K., Suwendi, E., Bureau, D. P. (2019). Effect of body weight on lysine utilization efficiency in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 505, p. 47–53.

Hwang, K., Yi, B. & Choi, K. (2011). Molecular mechanisms and in vivo mouse models of skin aging associated with dermal matrix alterations. *Laboratory Animal Research*, 27 (1), 1-8. doi:10.5625/lar.2011.27.1.1

IBGE. (2019). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo agropecuário 2018. Produção Da Pecuária Municipal, 46, 1–8. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6938> e 6937.

Idea, P., Pinto, J., Ferreira, R., Figueiredo, L., Spínola, V., & Castilho, P. C. (2020). Fish processing industry residues: A review of valuable products extraction and characterization methods. *Waste and Biomass Valorization*, 11(7), 3223-3246.

Inyang, P. et al. (2021). Environmental impact and genetic expressions of new drought tolerant maize genotypes in derived savannah agro-ecology. *Notulae Scientia Biologicae*. V. 13, n.1.

Jorge, T. B. F., et al. (2022). Effects of dietary supplementation time with *Schizochytrium* microalgae meal on growth, meat quality and fatty acid composition of Nile tilapia. *Aquaculture Research*, 53, 528–543. <https://doi.org/10.1111/are.15597>

Kayan A., Boontan I., Jaturssitha S., Wicke M. & Kreuser M. (2015) Effect of slaughter weight on meat quality of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 5, 159–163. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2015.08.024>

Kimura, S. (1992). Wide distribution of the skin type I collagen  $\alpha 3$  chain in bony fish. *Comp. Biochem. Physiol. Laboratory of Food Biochemistry*, 102, 255–260. [https://doi.org/10.1016/0305-0491\(92\)90119-C](https://doi.org/10.1016/0305-0491(92)90119-C)

Kozłowska, J., Sionkowska, A., Skopinska-Wisniewska, J., & Piechowicz, K. (2015). Northern pike (*Esox lucius*) collagen: Extraction, characterization and potential application. *International Journal of Biological Macromolecules*, 81, 220–227. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2015.08.002>

Krishnamoorthi, J., Ramasamy, P., Shanmugam, V., e Shanmugam, A. (2017). Isolation and partial characterization of collagen from outer skin of *Sepia pharaonis* (Ehrenberg, 1831) from Puducherry coast. *Biochemistry and Biophysics Reports*, 10 (September 2016), 39–45. <https://doi.org/10.1016/j.bbrep.2017.02.006>

Kubitza, F. **Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial**. 2011. Jundiaí 2ª ed. 316 p.

Kubitza, F.; Campos, J. L.; Ono, E. A. & Istchuk, P. I. (2012). Panorama da piscicultura do Brasil – Parte I: Estatísticas, espécies, pólos de produção e fatores limitantes à expansão da atividade. *Panorama da Aquicultura*, 22, 132, pág. 14-25.

Kwasek, K., Terova, G., Lee, B. J., Bossi, E., Saroglia, M., Dabrowski, K. (2014). Dietary methionine supplementation alters the expression of genes involved in methionine metabolism in salmonids. *Aquaculture* 433, 223-228, ISSN 0044-8486, <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.05.031>

Lima Junior, E. M. et al. (2017). Uso da pele de tilápia (*Oreochromis niloticus*), como curativo biológico oclusivo, no tratamento de queimaduras. *Revista Brasileira de Queimaduras*, 16, 10–17.

Lima Junior, E. M. et al. (2019a). Innovative treatment using tilapia skin as a xenograft for partial thickness burns after a gunpowder explosion. *Journal of Surgical Case Reports*, 6, 1–4. <https://doi.org/10.1093/jscr/rjz181>

Lima Junior, E. M. et al. (2019b). Pediatric burn treatment using tilapia skin as a xenograft for superficial partial-thickness wounds: A pilot study. *Journal Burn Care & Research*. 1–7. <https://doi.org/10.1093/jbcr/irz149>

Lima Júnior, E. M. et al. (2020). Pediatric burn treatment using tilapia skin as a xenograft for superficial partial-thickness wounds: a pilot study. *Journal of Burn Care Research*, 41(2), 241–247. <https://doi.org/10.1093/jbcr/irz149>

Machado, B. O., Tonelo, C. Z., Júnior, F. W. R., Brammer, S. P., Lima, G. P. P., Chiomento, J. L. T. (2022). Melhoramento genético e biotecnologia vegetal aplicados à fruticultura: uma revisão sistemática. *Open Science Reserch* (2).

Michelato, M.; Furuya, W. M.; Gatlin, D. M. (2017). Metabolic responses of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* to methionine and taurine supplementation. *Aquaculture*, S0044848617311547–. doi:10.1016/j.aquaculture.2017.11.003

Mine, S., Fortunel, N. O., Pigeon, H. & Asselineau, D. (2008). Aging alters functionally human dermal papillary fibroblasts but not reticular fibroblasts: a new view of skin morphogenesis and aging. *PLoS One* 3(12): e4066.

Moraes, P. S.; Engelmann, J.I.; Igansi, A.V.; Cadaval Jr. T.R.Sc. & Pinto, L.A.A. (2020). Nile tilapia industrialization waste: Evaluation of the yield. Quality and cost of the biodiesel production process. *Journal of Cleaner Production*, 287.

Morvan-Dubois, G., Le Guellec, D., Garrone, R., Zylberberg, L., Bonnaud, L., (2003).

Phylogenetic analysis of vertebrate fibrillar collagen locates the position of zebrafish  $\alpha 3$  (I) and suggests an evolutionary link between collagen  $\alpha$  chains and Hox Clusters. *Journal of Molecular Evolution*, 57, 501–514. <https://doi.org/10.1007/s00239-003-2502-x>

Nunes, A. J., Sá, M. V., Browdy, C. L., & Vazquez-Anon, M. (2014). Suplementação prática de rações para camarões e peixes com aminoácidos cristalinos. *Aquicultura*, 431, 20-27.

Oliveira, C. A. L. de, et al. (2016). Correlated changes in body shape after five generations of selection to improve growth rate in a breeding program for Nile tilapia *Oreochromis niloticus* in Brazil. *Journal of Applied Genetics*, 57, 487–493. <https://doi.org/10.1007/s13353-016-0338-5>

Oliveira, S. N. de, et al. (2017). Interactive effects of genotype x environment on the live weight of GIFT Nile tilapias. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 89(4), 2931–2943. doi:10.1590/0001-3765201720150629

PeixeBr. (2022). Anuário PeixeBr da Piscicultura 2022. Associação Brasileira de Piscicultura, 79 pág.

PeixeBr. (2023). Anuário PeixeBr da Piscicultura 2023. Associação Brasileira de Piscicultura, 65 pág.

Petricorena, Z. C. (2014). **Chemical Composition of Fish and Fishery Products**. Handbook of Food Chemistry. Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-41609-5\\_12-1](https://doi.org/10.1007/978-3-642-41609-5_12-1)

Quan, T., Little, E., Quan, H., Qin, Z., Voorhees, J. J., & Fisher, G. J. (2013). Elevated Matrix Metalloproteinases and Collagen Fragmentation in Photodamaged Human Skin: Impact of Altered Extracellular Matrix Microenvironment on Dermal Fibroblast Function. *The Journal of Investigative Dermatology*, 133(5), 1362–1366. <https://doi.org/10.1038/jid.2012.509>

Raut, S., Singh, S., Uplanchiwar, V., Mishra, V. (2012). Lecithin organogel: a unique micellar system for the delivery of bioactive agents in the treatment of skin aging. *Acta Pharmaceutica Sinica B* 2(1): 8-15.

Rittié, L. and G. J. Fisher (2015). Natural and Sun-Induced Aging of Human Skin. *Cold Spring Harbor perspectives in medicine* 5(1): a015370.

Santos, A. I., Ribeiro, R. P., Vargas, L., Mora, F.; Filho, L. A, Fornari, D. C., Oliveira, S. N. (2011). Bayesian genetic parameters for body weight and survival of Nile tilapia farmed in Brazil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 46 (1), 33-43.

Sary, C., et al. (2022). Clove (*Eugenia caryophyllus*) essential oil in diets for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) improves fillet quality. *Food Science and Technology*, 42, e60320. <https://doi.org/10.1590/fst.60320>

Schrieber, R. & Gareis, H. (2007). Gelatine handbook: theory and industrial practice. John Wiley & Sons.

Schulter, E. P., e Filho, J. E. R. V. (2017). Evolução Da Piscicultura No Brasil: Diagnóstico E

Desenvolvimento Da Cadeia Produtiva De Tilápia. *Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - Ipea*, 42.

Silva, E. V. C. (2010). Otimização das condições de extração da gelatina de pele de peixes amazônicos por diferentes métodos. Tese de Doutorado (Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal do Pará.

Souza, M. L. R., E. et al. (2022). Fish carcass flours from different species and their incorporation in tapioca cookies. *Future Foods*, 5: 100132, 2022.

Souza, M. L. R., et al. (2017). Formulation of fish waste meal for human nutrition. *Acta Scientiarum Technology*, 39, 525-531. <https://doi.org/10.4025/actascitechnol.v39i5.29723>

Souza, M. L. R., et al. (2021). Diferentes níveis de inclusão de farinha elaborada a partir de carcaças cozidas de tilápia do Nilo em pão caseiro. *Research, Society and Development*, 10: 12. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i12.20208>.

Souza, S. M. G., Anido, R. J. V., Tognan, F. C. (2007). Ácidos graxos Ômega-3 e Ômega-6 na nutrição de peixes—fontes e relações. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, 6, n. 1, p. 63–71.

Steinwand, M. & Ronald, P. (2020) Crop biotechnology and the future of food. *Nature Food*, v. 1, 273p. doi: 10.1038/s43016-020-0072-3

Tang, L., Chen, S., Su, W., Weng, W., Osako, K., & Tanaka, M. (2015). Physicochemical properties and film-forming ability of fish skin collagen extracted from different freshwater species. *Process Biochemistry*, 50(1), 148–155. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2014.10.015>

Tigges, J. et al. (2014). The hallmarks of fibroblast ageing. *Mechanisms of Ageing and Development*, 138, 26–44. doi:10.1016/j.mad.2014.03.004

Todesco, H. et al. (2022). Genetic parameters for productive traits and skin quality in Nile tilapia, *Aquaculture*, reference: AQUA 738572. doi: 10.1016/j.aquaculture.2022.738572

Urbich, Allan Vinnícius. (2020). Desempenho produtivo, expressão de genes relacionados com o metabolismo de aminoácidos sulfurados e qualidade da carne de tilápias do Nilo na terminação, alimentadas com dietas suplementadas com metionina e taurina. Ponta Grossa, 2020. 73 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia - Área de Concentração: Produção Animal), Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Venugopal, V. & F. Shahidi. 1996. Structure and composition of fish muscle. *Food Rev. Int.*, 12(2): 175-197.

Wang, Q. et al. (2014). Dietary sulfur amino acid modulations of taurine biosynthesis in juvenile turbot (*Psetta maxima*). *Aquaculture*, v 422–423, 141–145.

Wilson, R. P. (2003). Amino acid requirements of finfish and crustaceans. *Amino acid in farm animal nutrition*. Wallingford, UK: CABI Publishing, 427–447.

Yoshida, G. M. et al. (2021). A breeding program for Nile tilapia in Brazil: Results from nine generations of selection to increase the growth rate in cage. *Journal of Animal Breeding and*

*Genetics*, 139(2), 127–135. <https://doi.org/10.1111/jbg.12650>

Zeugolis, D. I., & Raghunath, M. (2011). Collagen: Materials analysis and implant uses. *In Comprehensive Biomaterials*, 2. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-055294-1.00074-x>

### **III OBJETIVO GERAL**

Avaliar associações genéticas entre características produtivas e espessura da pele em tilápias-do-Nilo.

#### **3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Estimar componentes de variância e parâmetros genéticos para características de crescimento, percentual de gordura no filé e qualidade de pele em tilápias-do-Nilo.



## Capítulo I: Parâmetros genéticos para crescimento e percentual de gordura no filé em tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*)

(Modelo da revista: Journal of Animal Breeding and Genetics)

### Resumo

A deposição de gordura intramuscular está associada a nutrição, fisiologia e características de crescimento. Para quantificar o teor de gordura no filé de tilápias, dentro de um programa de melhoramento genético de tilápias, foram estimados os parâmetros genéticos de tilápias do Nilo para as características de crescimento e porcentagem de gordura em machos e fêmeas. Os animais avaliados são provenientes do programa de melhoramento genético de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) da Universidade Estadual de Maringá (TILAMAX/UEM). Foram utilizados 933 animais, sendo 493 machos e 439 fêmeas para a avaliação de peso animal; peso de filé; rendimento de filé e gordura de filé. Os valores do percentual de gordura variaram entre 0,59 e 6,55%, apresentando média de 2,43% para machos e 2,13% para fêmeas. Observou-se diferença significativa ( $p < 0,005$ ) do percentual de gordura no filé entre machos e fêmeas, os machos apresentaram maior deposição de gordura no filé. O modelo de melhor ajuste para os dois trabalhos foi definido pelos valores do índice *Akaike Information Criterion* (AIC), sendo escolhido o modelo com menor AIC, metodologia de máxima verossimilhança restrita com uso de software AIREMLF90. Os valores de herdabilidade e correlações genéticas foram estimados mediante modelos uni e bicaráter com auxílio dos programas GIBBS1F90 e POSTGIBBSF90 da família BLUPF90, baseados em inferência *Bayesiana*. A herdabilidade para a característica gordura no filé foi 0,22. As correlações genéticas entre peso animal e rendimento de filé (PA\_RF: -0,05), peso animal e peso de filé (PA\_PF: 0,93), peso animal e percentual de gordura (PA\_PG: 0,05), peso de filé e percentual de gordura (PF\_GD: 0,23), peso de filé e rendimento de filé (PF\_RF: 0,33) e porcentagem de gordura e rendimento de filé (GD\_RF: 0,57). Com base nas correlações genéticas, conclui-se que ao aplicar seleção voltada ao melhoramento genético para características de rendimento de filé, conseqüentemente pode-se obter incremento na deposição de gordura no filé.

**Palavras-chave:** gordura no filé, herdabilidade, melhoramento genético, qualidade de carne

### 1 Introdução

O potencial de cultivo e produção aquícola mundial é considerado em expansão, frente à enorme disponibilidade de recursos naturais e crescente demanda mundial por alimentos (FAO, 2020). A produção anual brasileira de peixes de cultivo atingiu 841,005 toneladas, com incremento de 4,7% em 2021, e a tilápia representa 63,5% da produção, sendo a espécie de peixes de cultivo mais exportada no país (PeixeBR, 2022; 2023). O impacto financeiro direto que incide na piscicultura, devido a oscilação mundial na oferta e custos de matérias-primas para ingredientes nutricionais, recai sobre a rentabilidade aquícola (PeixeBr, 2023). Em alternativa à inevitável elevação dos preços, justifica-se a aplicação de melhoramento genético

para características de crescimento, voltadas à composição nutricional do produto, principalmente para melhoria de características de elevado valor econômico, como rendimento e qualidade de filé (Todesco *et al.*, 2022; Garcia *et al.*, 2017).

Como alternativa ao aumento dos custos e permitindo alavancar o melhoramento da espécie observam-se estudos voltados para a avaliação de genes (nutrigenômica) relacionados aos efeitos dos nutrientes sobre o crescimento (Kwasek *et al.*, 2014; Wang *et al.*, 2014), à deposição muscular (Michelato; Furuya; Gatlin, 2017; Urbich, 2020), equações desenvolvidas para estimar o rendimento de carcaça e filé mediante a coleta e mensuração de medidas corporais sem abate, com o uso de imagens (Cardoso *et al.*, 2021), entre outros.

A partir de um produto de qualidade selecionada, deve-se estudar o perfil do consumidor de peixes que vêm constantemente mudando seus hábitos alimentares por causa da pressão dos custos com alimentação, da oferta e, principalmente, das propriedades nutricionais adicionadas aos produtos alimentícios (FAO, 2018; EMBRAPA, 2020). Uma das características que vem sendo nutricionalmente trabalhadas é o teor de gordura nos produtos cárneos, por exemplo, nos filés de peixe (Souza; Anido; Tognan, 2007; Jorge *et al.*, 2022) e no músculo bovino (Otto, *et al.*, 2022). Efeitos observados pela síntese e deposição de ácidos graxos poli-insaturados n-3 (LC-PUFA), gorduras associadas à saúde pelo efeito antioxidante, e promotor de atributos sensoriais como intensificador de sabor e aroma (Garmyn, 2020; Otto, *et al.*, 2022).

A composição da gordura dos peixes em geral é de lipídios poli-insaturados, geralmente em maior quantidade os n-3 nos peixes marinhos e n-6 nos peixes de água doce (Venugopal & Shahidi, 1996; Souza; Anido; Tognan, 2007; Jorge *et al.*, 2022). Para compreender melhor a deposição da gordura no filé, alguns estudos com tilápia do Nilo são considerados de suma importância, pois trabalharam equações específicas no método BLUPF90 a respeito de efeitos fixos, parâmetros genéticos relacionados e avaliação da resposta direta à seleção e qualidade de carne (Hamzah *et al.*, 2014; 2016), e a deposição de gordura no filé de tilápias (Garcia *et al.*, 2017).

As proteínas de origem animal representam uma parte considerável das fontes alimentares no âmbito mundial (FAO, 2018) e a piscicultura, principalmente pela expansão científica e tecnológica, aliada à indústria pesqueira, oferece ao consumidor um alimento seguro e saudável (IBGE, 2019). Em vista disso, buscam através do melhoramento genético produzir filés de tilápias com maior porcentagem energética através da deposição de gordura saturada no músculo, além de, avaliar a possibilidade de utilizar essa característica para compor o índice de seleção em programa de melhoramento genético (Garcia *et al.*, 2017).

O foco principal do melhoramento genético aplicado na cadeia produtiva de pescado é conversão alimentar, peso, rendimento de filé e qualidade nutricional de carne (Luczinsk, 2019; EMBRAPA, 2020). Contudo, visando maximizar os benefícios dos programas de melhoramento e suprimindo as demandas de mercado (De Araújo *et al.*, 2020), são necessários mais estudos relacionados à avaliação e compreensão dos parâmetros genéticos relacionados às características de composição nutricional e, principalmente, da deposição de gordura no filé. Por isso, o objetivo deste estudo é estimar os parâmetros genéticos de tilápias do Nilo relacionados com características de crescimento e deposição de gordura muscular.

## 2 Materiais e métodos

### 2.1 Animais e sistema de criação

Foram utilizados 933 indivíduos, sendo 493 peixes machos e 439 fêmeas, de 75 famílias formadas na 11ª geração do Programa de melhoramento genético de tilápia do Nilo da Universidade Estadual de Maringá (TILAMAX/UEM). Os procedimentos para formação das famílias, identificação dos animais, descrição dos locais de avaliação foram descritos por Yoshida *et al.* (2021) e Oliveira *et al.* (2016).

Os animais foram distribuídos ao acaso em 4 tanques rede de 6 m<sup>3</sup>, com representantes de todas as famílias em cada tanque rede. A densidade de cultivo foi de 75 peixes por m<sup>3</sup>. Os tanques rede foram alocados no Rio do Corvo no reservatório de Rosana, no município de Diamante do Norte-PR/BR. O período de cultivo foi de abril de 2020 a fevereiro de 2021. Os peixes foram alimentados com ração comercial com 45% de proteína, na frequência de três vezes ao dia por 45 dias, posteriormente com 32% de proteína até o abate (Oliveira *et al.*, 2016). Ao final do período de cultivo os animais foram abatidos.

O protocolo experimental de abate e manejo foi executado de acordo com as normas de bem-estar animal, seguindo autorização do comitê de ética da UEM, sob número 322990121.

### 2.2 Procedimentos de abate

Antes do abate, os animais foram mantidos em jejum alimentar por 24 horas. No momento do abate, os animais foram submersos em solução de água e eugenol com concentração de 184,26 mg/L (Vidal *et al.*, 2008), para causar analgesia como efeito mitigador do estresse e abatidos por termonarcose seguida de sangria opercular.

Na sequência, os animais foram eviscerados e esfolados manualmente para a coleta do peso do animal ao abate (PA) e peso de filé (PF) em Kg. Os filés foram retirados por apenas uma pessoa treinada, evitando possível erro de filetagem (Reis, Cardoso e Oliveira, 2023). Posteriormente, em laboratório foi quantificada a porcentagem de gordura do filé (GD). Para obtenção dos dados de peso utilizou-se balanças modelo PRIX com capacidades de 0,1 e de 5000g.

O filé direito e esquerdo de cada peixe foram lavados, secos e pesados para o cálculo do rendimento de filé (RF) sendo obtido pela razão do peso do filé pelo peso do animal ao abate, aplicando a equação:  $RF = (PF/PA) \cdot 100$ . Apenas o filé esquerdo foi armazenado e congelado para a posterior quantificação da GD.

### 2.3 Extração e quantificação de gordura

Os filés foram descongelados e foi triturada uma amostra crânio dorsal de 3cm<sup>2</sup> para retirar 5g utilizadas na extração e quantificação da GD. Foram testadas as metodologias de Bligh e Dyer (1959) contra outra metodologia alternativa. Os resultados apresentaram-se análogos, permitindo optar pela metodologia alternativa de extração também a frio, com a metade dos reagentes geralmente utilizados e com tempo total de 4 horas para obtenção dos resultados, sendo que a quantificação com o método Bligh e Dyer leva em a cerca de 30 horas para ser concluída.

A amostra de 5g de filé homogeneizada em *mixer* por 20 segundos foi adicionada de 16 mL de metanol e 8 mL de clorofórmio, permanecendo por 3 minutos em agitador magnético. Na sequência foi adicionado mais 8 mL de clorofórmio seguindo sob agitação de 2 minutos, e por fim foi adicionado 8 mL de água destilada, sendo agitado por mais 1 minuto. O conteúdo foi filtrado em funil de *Buchner* com papel filtro quantitativo até cessar o gotejamento. A solução foi coletada em um Becker e deixada em repouso por 5 minutos para total separação das camadas.

A camada inferior foi retirada com pipeta Pasteur e acondicionada em um cadinho previamente seco a 105 °C e tarado. A solução permaneceu em estufa por 3 horas para evaporar o clorofórmio. O cadinho com conteúdo lipídico foi resfriado em dessecador por 20 minutos para ser novamente pesado. A porcentagem de gordura da amostra foi obtida pelo cálculo:  $((P1 - P2) / 5) \cdot 100$ . Sendo P1: peso do cadinho tarado; P2: peso do cadinho na saída da estufa; 5: o peso da amostra. Esse valor foi extrapolado para o peso total do filé e obteve-se a porcentagem de gordura total (GD).

## 2.4 Análise estatística

Para a definição dos efeitos fixos e aleatório a serem incluídos no modelo de estimação dos componentes de variância para as características peso animal (PA), peso de filé (PF), rendimento de filé (RF) e porcentagem de gordura (GD), foram testados diferentes modelos. O critério para seleção do modelo estatístico foi: *Akaike Information Criterion* (AIC), fornecido pelo programa AIREMLF90 (Misztal *et al.*, 2022).

Para as características PA e PF o modelo mais adequado considerou o efeito genético aditivo direto, sexo, tanque e o coeficiente linear da idade do animal. Para RF e PG, o melhor ajuste foi observado no modelo que inclui apenas os efeitos genéticos aditivo direto, tanque e sexo (Tabela 2).

Uma vez definido o modelo de melhor ajuste para cada característica avaliada, foram realizadas análises *single-trait* para estimar os componentes de variância fenotípica, variância genotípica e valores de herdabilidade. Adicionalmente, foram realizadas análises bicarácter para estimar os valores de correlação entre as características. As análises foram realizadas utilizando os programas GIBBS1F90 e POSTGIBBSF90 da família BLUPF90 (Misztal *et al.*, 2022).

O modelo animal pode ser descrito da seguinte forma:

$$y = X\beta + Za + Wc + e$$

Em que  $y$  é o vetor das observações,  $\beta$  é o vetor de efeitos fixos,  $a$  é o vetor de efeitos genéticos aditivos diretos,  $c$  é o vetor de efeitos de ambiente comum de família,  $e$  é o vetor de efeitos residuais aleatórios, e  $X$ ,  $Z$  e  $W$  são matrizes de incidência relacionadas a  $\beta$ ,  $a$  e  $c$  para as observações.

A estratégia de análise considerou 1.000.000 de ciclos para PA, RF e GD e 2.000.000 para a característica PF, *the thinning* intervalo foi de 100 ciclos e o *burn-in* de 10% do total de ciclos. A convergência das cadeias foi testada utilizando o pacote CODA desenvolvido para o programa R (Plummer *et al.*, 2006; R Core Team, 2022).

## 3 Resultados

Houve convergência para todas as cadeias obtidas em análises unicarácter e bicarácter. O peso animal, o peso de filé, o rendimento de filé e o percentual de gordura no filé foram

calculados distintamente para os 493 machos e 439 fêmeas (Tabela 1). O peso médio ao abate dos machos foi de 1.295,27g, com média do peso e do rendimento de filé de 430,74 e 33,24%, respectivamente. Os valores médios das fêmeas foram 851,03g, 283,12g e 33,20%, para peso ao abate, peso do filé e rendimento de filé, respectivamente.

O percentual de gordura no filé apresentou diferença significativa, entre as categorias machos (2,43%) e fêmeas (2,13%) ( $p < 0,005$ ), e ambos os grupos apresentaram porcentagem lipídica considerada moderada (menos de 5% de gordura) (Venugopal & Shahidi, 1996).

O elevado coeficiente de variação (Tabela 1) indica variabilidade entre e dentro de famílias. Contudo, o favorecimento ou não da expressão da característica (CVM: 40,87; CVF: 41,95), pode estar relacionado ao alto valor genético (EBV) de algumas famílias e baixo de outras. Visto que a composição química dos peixes, pode sofrer variações entre as espécies e de um peixe para outro, dependendo principalmente da dieta, da idade, sexo, ambiente e estação do ano (Furuya, 2010; Petricorena, 2014).

Tabela -1. Dados biométricos e estatística descritiva dos animais avaliados.

Trat	N		Mínimo		Máximo		Média		DP		CV (%)	
	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F
PA(g)	493	439	320,00	360,00	2290,00	1510,00	1295,27	851,03	326,12	168,17	25,18	19,76
PF(g)	493	439	113,05	103,86	792,78	511,51	430,74	283,12	115,17	60,77	26,74	21,46
RF(%)	493	439	15,60	22,27	45,65	41,74	33,24	33,20	2,74	2,01	8,25	6,05
GD(%)	493	439	0,59	0,65	6,55	6,36	2,43 <sup>a</sup>	2,13 <sup>b</sup>	0,99	0,89	40,87	41,95

Dados apresentados com valores mínimos e máximos para as diferentes categorias.

PA: peso animal, PF: peso do filé, RF: rendimento de filé, GD: porcentagem de gordura no filé, M: machos, F: fêmeas, n: número de animais, DP: desvio padrão, CV (%): coeficiente de variação. Tukey  $< 0,005$  diferença de GD entre M e F.

O modelo contendo o efeito genético aditivo e os efeitos sistemáticos de tanques rede e sexo e a covariável idade, com efeito linear apresentou melhor ajuste. Para RF e GD, os efeitos sistemáticos foram de tanques rede e sexo, além do efeito genético aditivo, compunham o modelo de melhor ajuste (Tabela 2).

Tabela 2. Efeitos incluídos em modelos estatísticos para as características avaliadas em peixes.

Trat	Animal	Família	Tanque	Sexo	Idade L	Idade Q	AIC
PA	X	-	X	X	X	-	12741,34
PF	X	-	X	X	X	-	10863,79
RF	X	-	X	X	-	-	4195,068
GD	X	-	X	X	-	-	2495,316

PA: peso animal, PF: peso do filé, RF: rendimento do filé, GD: % de gordura e, Idade L: Idade linear, Idade Q: idade quadrática e AIC: Akaike Information Criterion.

Os valores das herdabilidades foram moderados, oscilando de 0.22 a 0.28, com maiores valores observados para peso ao abate (0.27) e rendimento de filé (0.28). A porcentagem de gordura apresentou o menor valor entre as características avaliadas (22%).

Tabela 3. Componentes de variância e herdabilidade das características dos animais avaliados.

Trat	$\sigma^2_a$	$\sigma^2_r$	$\sigma^2_p$	$h^2$
PA	15750 ± 4607 (8416,95, 26430)	41700 ± 3474 (34660, 48380)	57460 ± 3153 (51799,7, 64140)	0,27 ± 0,07 (0,15, 0,43)
PF	1896,55 ± 568,66 (1002, 3227)	5607,143 ± 445,61 (4704, 6459)	7503,69 ± 405,17 (6770, 8354)	0,25 ± 0,06 (0,13, 0,40)
RF	1,61 ± 0,47 (0,84, 2,68)	4,08 ± 0,35 (3,36, 4,76)	5,70 ± 0,31 (5,13,6,37)	0,28 ± 0,07 (0,15, 0,43)
GD	0,20 ± 0,05 (0,10, 0,32)	0,69 ± 0,04 (0,59, 0,78)	0,89 ± 0,04 (0,80, 0,98)	0,22 ± 0,05 (0,12, 0,35)

Dados apresentados como médias ± desvio padrão (95% intervalo de confiança).

PA: peso animal, PF: peso do filé, RF: rendimento do filé, GD: % de gordura,  $\sigma^2_a$ : variância genética aditiva;  $\sigma^2_r$ : variância residual;  $\sigma^2_p$ : variância fenotípica;  $h^2$ : herdabilidade.

As correlações genéticas entre as características avaliadas foram significativamente diferentes de zero PA\_PF (0,93) e GD\_RF (0,57), as demais estimativas apresentaram intervalos de credibilidade contendo o valor zero. Para as correlações fenotípicas, todas as características testadas entre si apresentaram valores significativamente de zero, com valores médios variando de 0.09 a 0.94 (Tabela 4).

Tabela 4. Correlações genéticas e fenotípicas.

Tratamentos	$rg$	$Rp$
PA_RF	-0,05 (-0,45, 0,35)	0,09 (0,01, 0,17)
PA_PF	0,93 (0,85, 0,97)	0,94 (0,93, 0,95)
PA_GD	0,05 (-0,36, 0,43)	0,23 (0,16, 0,30)
PF_GD	0,23 (-0,18, 0,57)	0,26 (0,19,0,33)
PF_RF	0,33 (-0,07, 0,65)	0,40 (0,33, 0,46)
GD_RF	0,57 (0,21, 0,84)	0,17 (0,09, 0,24)

Dados apresentados como médias, seguidas de valores mínimos e máximos.

PA: peso animal, PF: peso do filé, RF: rendimento do filé e GD: % de gordura.

#### 4 Discussão

A média de peso ao abate, assim como o peso correspondente ao filé dos animais foram acima da média de abate comercial, diferente do encontrado por Garcia *et al.* (2017), (PA: 523,23g e PF: 218,59g) que estudou um grupo de animais machos proveniente de melhoramento genético, porém dentro da média citada na literatura para peso animal (Bentsen *et al.*, 2012; de Oliveira *et al.*, 2016; Thodesen *et al.*, 2011). O rendimento do filé foi similar ao citado na literatura entre 29 e 34%, (Oliveira *et al.*, 2016; EMBRAPA, 2020). Visto que o rendimento de filé varia sob efeitos nutricionais, genética e ambiente, idade ao abate, disputas



hierárquicas, e principalmente pelas formas de filetagem no abate, efeitos de filetador, entre outros (Furuya, 2001; Oliveira *et al.*, 2016; Souza, 2002).

A tilápia do Nilo utiliza os lipídios da dieta como fonte de energia e ácidos graxos de forma eficiente, assim, como a fonte dietética de ácidos graxos pode influenciar a composição corporal, o padrão de lipoproteínas plasmáticas e a função imunológica dos animais (Sargent *et al.*, 2002), o uso de ração comercial oferecida até a saciedade, permite desconsiderar o efeito dieta que é um efeito ambiental, e considerar apenas os efeitos genéticos.

Nos animais, a composição muscular varia sob influência de dieta (Sargent *et al.*, 2002), densidade de cultivo (Zhao *et al.*, 2019), variabilidade genética, metodologia de extração (Bligh & Dyer, 1959; Folch, Lees & Stanley, 1957) idade ao abate (Kayan *et al.*, 2015) e, por isso, os valores de gordura encontrados no filé também são variáveis, entre 0,8 e 6,38, de acordo com Garcia *et al.* (2017).

O valor lipídico dos filés de tilápia pode variar na concentração conforme o estágio de cultivo do animal e a região do filé a ser analisada (Cleveland *et al.*, 2017). Neste trabalho, a parte muscular coletada e o método utilizados para a extração lipídica foram determinados por padronização e uniformidade na deposição muscular e, testes amostrais prévios foram realizados com amostra liofilizada e úmida. Encontrando neste trabalho efeito de sexo, em que os valores de gordura dos machos estiveram entre 0,59 e 6,55 (média 2,43) e entre fêmeas 0,65 e 6,36 (média 2,13), com diferença significativa, e maior deposição de gordura no filé em machos do que em fêmeas de tilápia do Nilo.

Alcántar-Vázquez *et al.* (2015) ao trabalhar com reversão sexual em fêmeas de tilápia, relatou que o aumento de gordura muscular ocorre provavelmente pelo acúmulo de glicogênio e lipídios no músculo, já outros trabalhos comparando diferentes formas de cultivo, relatam que as tilápia readaptam seu padrão de mobilização de energia no acesso ao glicogênio como energia fácil para o metabolismo do exercício e, os lipídios e proteínas passam a ser consumidos para crescimento e desenvolvimento gonadal (Razali *et al.*, 2021).

Da mesma forma, ao avaliar a fisiologia reprodutiva de machos e fêmeas de tilápias percebeu-se que, o gasto energético nas fêmeas para maturação gonadal, produção de ovos (Gómez-Marquez *et al.*, 2003; 2008), isolamento e proteção dos órgãos e manutenção das larvas no período de incubação (Juárez-Juárez *et al.*, 2017), favorecendo a deposição de gordura visceral, dados que permite explicar a diferença encontrada neste trabalho, pois a média da deposição de gordura no filé foi maior em machos (2,43%) do que em fêmeas (2,13%).



Os valores das médias estatísticas foram similares às encontradas por Garcia et al. (2017) ao trabalhar com animais de outro grupo de melhoramento genético, com evidente polimorfismo já que os autores trabalharam apenas com machos e no presente trabalho, foi possível avaliar machos e fêmeas.

Os valores de herdabilidades para as características peso animal, peso de filé, rendimento de filé foram moderados e dentro das médias observadas na literatura (Yoshida *et al.*, 2013, 2021; de Oliveira *et al.*, 2016). Garcia e colaboradores encontraram herdabilidade moderada para o teor de gordura dos filés e rendimento do filé (0,2–0,32) e ligeiramente superiores para o peso corporal ao abate (0,41) (Garcia, *et al.*, 2017). Ao encontrar os valores para a herdabilidade das características pode-se estimar quanto da variabilidade existente é de origem genética aditiva, permitindo prever e quantificar as diferenças que podem ser herdáveis se exploradas através de seleção genética (Oliveira *et al.*, 2015).

A correlação genética encontrada entre peso animal e peso de filé (0,93) está de acordo com os valores encontrados na literatura (Oliveira *et al.*, 2016; Yoshida *et al.*, 2021; Todesco *et al.*, 2022). Garcia, *et al.* (2017) descreve correlação genética significativa entre rendimento de filé e gordura (0,6), mas não significativas entre peso corporal e rendimento de filé, peso corporal e teor de gordura, ganho diário de peso e rendimento de filé, e ganho diário de peso e teor de gordura (0,032; 0,1; 0,09 e 0,4, respectivamente) (Garcia, *et al.*, 2017).

Partindo da premissa que dieta, genética e ambiente influenciam na deposição lipídica intramuscular (Furuya, 2010; Pericortena, 2014) observa-se que Duarte e colaboradores, 2021, relataram crescimento gradual do animal e da concentração de ácidos graxos no músculo ao suplementar tilápias com óleo de peixe na ração. Este trabalho, apresentou resultados que indicam que a existência de resposta correlacionada entre porcentagem de gordura e rendimento de filé, com correlação genética moderada (0,57). Embora, a seleção para velocidade de crescimento impacte a produção absoluta de filé, não há evidências neste trabalho do impacto positivo sobre o rendimento de filé e percentual de gordura no filé.

## 5 Conclusão

A estimativa de parâmetros genéticos de tilápias do Nilo relacionados com características de crescimento e deposição de gordura muscular nos permite concluir que tilápias machos depositam mais gordura intramuscular do que fêmeas. A correlação de 0,57 entre rendimento de filé e gordura no filé, indica que ao aplicar seleção de características

geneticamente correlacionadas em tilápias do Nilo, obtêm-se melhores índices de produtividade e qualidade.

### **Agradecimentos**

Equipe PeixeGen da Universidade Estadual de Maringá (UEM).

Equipes das estações de piscicultura da Universidade Estadual de Maringá (UEM), de Floriano (CODAPAR) e Diamante do Norte (Rio do Corvo).

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

### **Contribuição dos autores**

Elisângela De Cesaro: Concepção e projeto; análise e interpretação dos dados; redação do artigo.

Ricardo Pereira Ribeiro: Orientação, concepção e projeto; interpretação de dados; revisão crítica do artigo.

Carlos Antonio Lopes de Oliveira: Concepção e projeto; análise e interpretação de dados; revisão crítica do artigo.

Carolina Schlotefeldt: Concepção e design; aquisição e interpretação de dados.

Arthur Roberto da Costa: Concepção e design; aquisição e interpretação dedados.

Bruno Pires: Análises; aquisição e interpretação de dados.

Simone Siemer: Análises; aquisição e interpretação de dados.

Satia Costa Bonfim: Análises; aquisição e interpretação de dados.

Gisele Ferreira da Silva: Análises; aquisição e interpretação de dados.

### **Conformidade com os padrões éticos**

#### **Conflito de interesse**

Os autores declaram não ter conflitos de interesse.

#### **Declaração de direitos humanos**

Este artigo não contém estudos com participantes humanos realizado por qualquer um dos autores.

#### **Aprovação ética**

Todas as normas internacionais, nacionais e/ou institucionais aplicáveis foram seguidas as diretrizes nacionais para o cuidado e uso dos animais. Todos os procedimentos realizados em estudos envolvendo animais estavam de acordo com os padrões éticos da instituição ou prática em que os estudos foram conduzidos. Número do certificado: nº 322990121 pela Universidade Estadual de Maringá.

#### **Consentimento informado**

O consentimento informado foi obtido de todos os autores participantes incluídos no estudo.

#### **Referências**

Alcántar-Vázquez, J. P., Rueda-Curiel, P., Calzada-Ruíz, D., Antonio-Estrada, C. & Moreno-de la Torre, R. (2015). Feminization of the Nile tilapia *Oreochromis niloticus* by estradiol-17 $\beta$ . Effects on growth, gonadal development and body composition. *Hidrobiológica*, **25**(2): 275–283.

Bentsen, H. B., Gjerde, B., Nguyen, N. H., Rye, M., Ponzoni, R. W., Palada de Vera, M. S., Bolivar, H. L., Velasco, R. R., Danting, J. C., Dionisio, E. E., Longalong, F. M., Reyes, R. A., Abella, T. A., Tayamen, M. M., & Eknath, A. E. (2012). Genetic improvement of farmed tilapias: Genetic parameters for body weight at harvest in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) during five generations of testing in multiple environments. *Aquaculture*, **338–341**, 56–65. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.01.027>

Bligh, E. G., & Dyer, W. J. (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, **37**(8), 911–917. <https://doi.org/10.1139/o59-099>

Cardoso, A. J. S., Oliveira, C. A. L. de, Campos, E. C., Ribeiro, R. P., Assis, G. J. D. F., & Silva, F. F. E. (2021). Estimation of genetic parameters for body areas in Nile tilapia measured by digital image analysis. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, **138**(6), 731–738. <https://doi.org/10.1111/jbg.12551>

Cleveland, B. M., Weber, G. M., Raatz, S. K., Rexroad, C. E., & Picklo, M. J. (2017). Fatty acid partitioning varies across fillet regions during sexual maturation in female rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, **475**, 52–60. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.03.012>

De Araújo, F. C. T., Oliveira, C. A. L. de, Campos, E. C., Yoshida, G. M., Lewandowski, V., Todesco, H., Nguyen, N. H., Ribeiro, R. P. (2020). Effects of genotype x environment interaction on the estimation of genetic fibroblasts and gains in Nile tilapia. *Journal of Applied Genetics* **61**, 575-580. <http://doi.org/10.1007/s13353-020-00576-2>

Duarte, F. O. S., de Paula, F. G., Prado, C. S., dos Santos, R. R., Minafra-Rezende, C. S., Gebara, C., & Lage, M. E. (2021). Better fatty acids profile in fillets of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) supplemented with fish oil. *Aquaculture*, **534**, 736241. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.736241>

EMBRAPA. (2020). *O mercado de peixes da piscicultura no Brasil: estudo do segmento de supermercados*. Embrapa Pesca e Aquicultura.

FAO. (2018). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura: Cumplir los objetivos de desarrollo sostenible*. Organización de Las Naciones Unidas para La Agricultura y La Alimentation.

FAO. (2020). *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. The state of the world fisheries and aquaculture. 14-31, 2020.

Folch, J.; Lees, M.; Stanley, G. H. S.; *J. Biol. Chem.* **1957**, 226, 497.

Furuya, W. M. (2010). *Tabelas brasileiras para a nutrição de tilápias*. Toledo: GFM, 100. ISBN: 978-85-60308-14-9.

Furuya, W. M. et al. (2001). Coeficientes de Digestibilidade e Valores de Aminoácidos Digestíveis de Alguns Ingredientes para Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, **30**, 4, 1143–1149.

Garcia, A. L. S., Oliveira, C. A. L. de, Karim, H. M., Sary, C., Todesco, H., & Ribeiro, R. P. (2017). Genetic parameters for growth performance, fillet traits, and fat percentage of male Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Journal of Applied Genetics*, **58**, 527–533. <https://doi.org/10.1007/s13353-017-0413-6>

Gómez-Márquez, J. L., Peña-Mendoza, B., Salgado-Ugarte, I. H., & Arredondo-Figueroa, J. L.

(2008). Age and growth of the tilapia, *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) from a tropical shallow lake in Mexico. *Revista de Biología Tropical*, **56**(2), 875-884.

Gómez-Márquez, J. L., Peña-Mendoza, B., Salgado-Ugarte, I. H., & Guzmán-Arroyo, M. (2003). Reproductive aspects of *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) at coatetelco lake, morelos, mexico. *Revista de Biología Tropical*, **51**(1), 221-228.

Hamzah, A., Nguyen, N. H., Mekkawy, W., Ponzoni, R. W., Khaw, H. L., Yee, H. Y., Bakar, K. R. A., & Nor, S. A. M. (2016). Flesh characteristics: estimation of genetic parameters and correlated responses to selection for growth rate in the GIFT strain. *Aquaculture Research*, **47**(7), 2139–2149. <https://doi.org/10.1111/are.12667>

Hamzah, A., Ponzoni, R. W., Nguyen, N. H., Khaw, H. L., Yee, H. Y., & Nor, S. A. M. (2014). Performance of the genetically improved farmed tilapia (GIFT) strain over ten generations of selection in Malaysia. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*, **37**(4), 411–429.

IBGE. (2019). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo agropecuário 2018. Produção Da Pecuária Municipal, **46**, 1–8. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6938e6937>.

Jorge, T. B. F., et al. (2022). Effects of dietary supplementation time with *Schizochytrium* microalgae meal on growth, meat quality and fatty acid composition of Nile tilapia. *Aquaculture Research*, **53**, 528–543. <https://doi.org/10.1111/are.15597>

Juárez-Juárez, V., Alcántar-Vázquez, J. P., Antonio-Estrada, C., Marín-Ramírez, J. A. & Moreno-de la Torre, R. (2017). Feminization by 17 $\alpha$ -ethinylestradiol of the progeny of XY-female Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Effects on growth, condition factor and gonadosomatic index. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **17**, 599–607. <http://doi.org/10.4194/1303-2712-v17316>

Kayan, A., Boontan, I., Jaturssitha, S., Wicke, M., & Kreuzer, M. (2015). Effect of slaughter weight on meat quality of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, **5**, 159–163. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2015.08.024>

Kwasek, K., Terova, G., Lee, B. J., Bossi, E., Saroglia, M., Dabrowski, K. (2014). Dietary methionine supplementation alters the expression of genes involved in methionine metabolism in salmonids. *Aquaculture*, **433**, 223-228, ISSN 0044-8486, <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.05.031>.

Luczinski, T. G. (2019). **Proteína hidrolisada de frango em dietas para juvenis de tilápia-do-nilo**. 28 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2019.

Michelato, M.; Furuya, W. M.; Gatlin, D. M. (2017). Metabolic responses of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* to methionine and taurine supplementation. *Aquaculture*, S0044848617311547–. <http://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.11.003>

Misztal, I., Tsuruta, S., Lourenco, D. A. L., Masuda, Y., Aguilar, I., Legarra, A., & Vitezica, Z. (2022). *Manual for BLUPF90 Family of Programs*. University of Georgia.

Oliveira, C. A. L. de, Ribeiro, R. P., Yoshida, G. M., Kunita, N. M., Rizzato, G. S., Oliveira, S. N. de, Santos, A. I. dos & Nguyen, N. H. (2016). Correlated changes in body shape after five generations of selection to improve growth rate in a breeding program for Nile tilapia *Oreochromis niloticus* in Brazil. *Journal of Applied Genetics*, **57**, 487–493. <https://doi.org/10.1007/s13353-016-0338-5>

Oliveira, C. A. L. de, Yoshida, G. M., Oliveira, S. N. de, Kunita, N. M., Santos, A. I. dos, Alexandre Filho, L., & Ribeiro, R. P. (2015). Avaliação genética de tilápias-do-nilo durante cinco anos de seleção. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, **50**(10), 871–877. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2015001000002>

Otto, J. R.; Mwangi, F. W.; Pewan, S. B.; Adegbeye, O. A.; Malau-Aduli, A. E. O. (2022). Lipogenic Gene Single Nucleotide Polymorphic DNA Markers Associated with Intramuscular Fat, Fat Melting Point, and Health-Beneficial Omega-3 Long-Chain Polyunsaturated Fatty Acids in Australian Pasture-Based Bowen Genetics Forest Pastoral Angus, Hereford, and Wagyu Beef Cattle. *Genes*, **13**, 1411. <https://doi.org/10.3390/genes13081411>

Petricorena, Z. C. (2014). **Chemical Composition of Fish and Fishery Products**. Handbook of Food Chemistry. Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-41609-5\\_12-1](https://doi.org/10.1007/978-3-642-41609-5_12-1)

R Core Team. (2022). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing.

Razali, R. S., Rahmah, S., Ghaffar, M. A., Lim, L.-S., Amornsakun, T., Nhan, H. T., Chang, Y. M., Liang, L. Q., Chen, Y.-M., & Liew, H. J. (2021). Female Tilapia Strategising Energy Mobilisation Differently For Growth Or Reproduction Depend On Living Environments. *Research Square*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-746351/v1>

Reis, E. S., Cardoso, S., e Oliveira, T. E. de (2023). Nile tilapia filleting methods in two fish slaughterhouses: fillet yield and waste. *Research, Society and Development*, [S. l.], **12**(1), p. e27812135831. <https://doi.org/10.33448/rsd-v12i1.35831>

Sargent, J. R., D. R., Tocher and J. G. Bell. (2002). **The lipids. In: Fish Nutrition, 3rd Ed.**, (Halver JE and RW Hardy, eds): Academic Press, San Diego, California, 181-257.

Souza, S. M. G., Anido, R. J. V., Tognan, F. C. (2007). Ácidos graxos Ômega-3 e Ômega-6 na nutrição de peixes—fontes e relações. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, **6**(1), 63–71.

Thodesen, J., Rye, M., Wang, Y. X., Yang, K. S., Bentsen, H. B., & Gjedrem, T. (2011). Genetic improvement of tilapias in China: genetic parameters and selection responses in growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) after six generations of multi-trait selection for growth and fillet yield. *Aquaculture*, **322**, 51-64. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.10.010>

Urbich, A. V. (2020). **Desempenho produtivo, expressão de genes relacionados com o metabolismo de aminoácidos sulfurados e qualidade da carne de tilápias do Nilo na terminação, alimentadas com dietas suplementadas com metionina e taurina**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 73 f.

Venugopal, V. & F. Shahidi. 1996. Structure and composition of fish muscle. *Food Rev. Int.*,

12(2): 175-197.

Vidal, L. V. O., Albinati, R. C. B., Albinati, A. C. L., Lira, A. D. D., Almeida, T. R. D., & Santos, G. B. (2008). Eugenol como anestésico para a tilápia-do-nilo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, **43**, 1069-1074.

Wang, Q. et al. (2014). Dietary sulfur amino acid modulations of taurine biosynthesis in juvenile turbot (*Psetta maxima*). *Aquaculture*, **422–423**, 141–145

Yoshida, G. M., de Oliveira, C. A. L., Campos, E. C., Todesco, H., Araújo, F. C. T., Karin, H. M., Zardin, A. M. S. O., Bezerra-Júnior, J. S., Alexandre-Filho, L., Vargas, L., & Ribeiro, R. P. (2021). A breeding program for Nile tilapia in Brazil: Results from nine generations of selection to increase the growth rate in cage. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, **139**(2), 127–135. <https://doi.org/10.1111/jbg.12650>

Yoshida, G. M., Oliveira, C. A. L. de, Kunita, N. M., Oliveira, S. N., Alexandre-Filho, L., Resende, E. K., Lopera-Barrero, N. M., & Ribeiro, R. P. (2013). Resposta à seleção de características de desempenho e morfométricas de tilápias-do-nilo ao longo do período de cultivo. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, **65**(6), 1815–1822. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352013000600032>

Zhao, H., Soufan, O., Xia, J., Tang, R., Li, L. & Li, D. (2019). Transcriptome and physiological analysis reveal alterations in muscle metabolisms and immune responses of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) cultured at different stocking densities. *Aquaculture*, **503**, 186–197. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.01.003>



## Capítulo II: Parâmetros genéticos para características produtivas e qualidade de pele em 3 gerações de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).

(Modelo da revista: Journal of Animal Breeding and Genetics)

### Resumo

A identificação de características produtivas positivamente correlacionadas, permite maior ganho genético em peixes de cultivo. Objetivou-se com este estudo, estimar componentes de variância e parâmetros genéticos para características produtivas e de qualidade de pele utilizando três gerações de seleção. Foram utilizadas informações do Programa de melhoramento genético de tilápias do Nilo (TILAMAX) da Universidade Estadual de Maringá. Para peso à despesca foram utilizados dados de três gerações (2019 a 2021) e para espessura de pele informações de duas gerações (2019 e 2021). Estimou-se os componentes de (co)variância e os parâmetros genéticos considerando estas duas características. Para peso a despesca variou de 784g, 458g e 490g nos três anos e para espessura de pele a média foi 0,490 e 0,415mm nas avaliações de 2019 e 2021. As idades de abate foram 298, 307 e 242 dias, em 2019, 2020 e 2021, respectivamente. As tilápias foram anualmente alocadas em quatro (4) tanques-rede distribuídos ao acaso e no mesmo criatório. O modelo de melhor ajuste para os dois trabalhos foi definido pelos valores do índice *Akaike Information Criterion* (AIC), sendo escolhido o modelo com menor AIC, metodologia de máxima verossimilhança restrita com uso de software AIREMLF90. Os valores de herdabilidade e correlações genéticas foram estimados mediante modelos uni e bicaráter com auxílio dos programas GIBBS1F90 e POSTGIBBSF90 da família BLUPF90, baseados em inferência *Bayesiana*. A estimativa de herdabilidade para a característica peso ao abate (PA) considerando os três anos avaliados foi 0,15 e para espessura de pele (EP) de 0,58. A correlação genética entre as características PA e EP foi 0,90, considerada forte e positiva, pois ao aplicar seleção para PA obtém-se ganho genético também para EP. Os resultados desta avaliação, indicam que o dimorfismo sexual ocorre apenas para a característica PA, e que em animais separados por categorias, não há diferença estatística para a característica EP. A avaliação de três gerações de tilápias do Nilo nos permite aplicar ferramentas de seleção correlacionada para peso e qualidade de pele.

**Palavras-chave:** correlações genéticas, espessura de pele, herdabilidade

### 1.Introdução

O melhoramento genético da *Oreochromis niloticus* proporciona crescimentos incontáveis em toda a cadeia produtiva. A contar de quando iniciou o programa de melhoramento genético na linhagem GIFT (*Genetically Improved Farmed Tilapia*) na Universidade Estadual de Maringá, em 2005, os critérios de seleção mais utilizados são o peso corporal e o ganho de peso diário (Oliveira *et al.*, 2015; 2016). Desde então, construiu-se um plantel reprodutivo que nos primeiros dez anos, contabilizou incremento genético de mais de 17% nas características de crescimento em tilápias (Ribeiro; Vargas; Oliveira, 2016). Isso com manutenção da variabilidade e ganhos genéticos por mais de dez gerações (Yoshida *et al.*, 2021).

Atualmente, avaliam-se outras características, possivelmente correlacionadas às



características de crescimento, que também apresentaram incremento genético e a espessura de pele (Todesco, *et al.* 2022). O avanço no desenvolvimento genético, aliado a investimentos tecnológicos e capacitação profissional, resulta em crescimento de 45% na piscicultura brasileira nos últimos oito anos. Parte deste crescimento está associado ao incremento da produção de tilápias do Nilo superior a 5% ao ano na última década, destacando esta espécie como a mais produzida no Brasil, com mais de 63% de toda a produção (Valenti *et al.*, 2021; Peixe BR, 2022).

No abate industrial, o rendimento de filé de tilápia pode variar de 28 até 39,1% do peso do animal, oscilando de acordo com a idade, tamanho, forma de filetagem (Souza, 2002), aspectos genéticos (Bentsen, *et al.*, 2012; Oliveira *et al.*, 2015; Garcia, *et al.*, 2017); tipo de cultivo, ambiente e interações (Oliveira, *et al.*, 2017; De Araújo, *et al.*, 2020). O percentual restante do abate, geralmente é descartado ou destinado à produção de proteína de origem animal (farinha de peixe). De Cesaro *et al.*, 2022, citam que a porcentagem total de descarte (67%) é dividida em peles (4%), carcaças, vísceras e cabeça (63%).

Como alternativa para melhorar o aproveitamento integral da tilápia, pesquisadores da Universidade Federal do Ceará, em conjunto com pesquisadores de diversos países desenvolveram uma metodologia, com qualidade e eficiência testada e aprovada em humanos e animais, para o emprego da pele de tilápias como material biológico para tratamento de queimaduras, apresentando uma solução nobre para um material rico em colágeno, (Costa *et al.*, 2019; Lima Junior *et al.*, 2016; 2017; 2019; 2020; Song *et al.*, 2019).

Dentro deste contexto e considerando os objetivos de seleção em um programa de seleção de tilápias do Nilo, objetivou-se estimar associação genética entre velocidade de crescimento e qualidade de pele de três gerações de seleção de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) do programa de melhoramento genético da Universidade Estadual de Maringá (TILAMAX/UEM).

## 2. Metodologia

### 2.1. Conjunto de dados

Os dados dos animais utilizados neste trabalho foram cedidos pelo Programa de Melhoramento Genético de tilápia do Nilo da Universidade Estadual de Maringá (TILAMAX/UEM), Paraná, Brasil. Todo o manejo antes e durante o abate foi avaliado e aprovado pelo Comitê de Ética Animal da Universidade Estadual de Maringá sob número de protocolo CEUA: 3203110821.

Os dados utilizados nesta pesquisa foram relativos a 7597 animais de três gerações de seleção, coletados nos anos de 2019, 2020 e 2021. Utilizou-se para análise de parâmetros genéticos as medidas de peso à despesca (em gramas) de três gerações (2019 – 2021), e espessura de pele (em milímetros) de duas gerações (2019 e 2021), totalizando 237 famílias, provenientes do acasalamento direcionado de animais, selecionados para aumento do peso corporal.

## 2.2. Procedimentos de abate e coleta de dados

Foi realizado jejum pré-abate por 24 horas em todos os animais, sendo inicialmente insensibilizados por termonarose em água e gelo (na proporção de 1:1), na sequência, identificados pela leitura do microchip individual, foram separados em bandejas identificadas para pesagem e sangria. Na sequência, os peixes foram filetados por dois filetadores treinados e a pele do filé foi extraída em máquina automática de esfolar. As peles foram medidas em dois pontos distantes 2 cm, na região lombar próximo ao opérculo. Todas medidas foram feitas na pele do lado esquerdo sem escamas, utilizando micrômetro digital (capacidade de 1–2"/25–50 mm, resolução de 0,00005"/0,001 mm, precisão de aproximadamente 0,002 mm e força de medição de 5 a 10 N).

## 2.3. Modelo e avaliação genética

Foram testados diferentes modelos estatísticos considerando os efeitos de sexo, tanque-rede, idade como covariável (linear e quadrática), efeitos genéticos diretos, de ambiente comum de família. Foram estimados o critério de *Akaike Information Criterion* (AIC) (Akaike, 1974) para cada modelo de cada característica individualmente, sendo considerado o modelo de melhor ajuste aquele com menor AIC.

O modelo estatístico utilizado foi:  $y = X\beta + Za + Wc + e$ . Em que  $y$  é o vetor das observações,  $\beta$  é o vetor de efeitos fixos,  $a$  é o vetor de efeitos genéticos aditivos diretos,  $c$  é o vetor de efeitos de ambiente comum de família,  $e$  é o vetor de efeitos residuais aleatórios, e  $X$ ,  $Z$  e  $W$  são matrizes de incidência relacionadas a  $\beta$ ,  $a$  e  $c$  para as observações. Após foram estimados os componentes de variância e parâmetros genéticos para cada característica em análises unicaracter e, numa análise bicaracter foram estimadas as correlações genéticas, residuais e fenotípicas entre peso e espessura de pele.

Considerando a mensuração da pele em dois pontos distintos, foi estimado coeficiente de repetibilidade (R), utilizando a equação descrita abaixo:

$$R = \frac{\sigma_a^2 + \sigma_{pe}^2}{\sigma_p^2}$$

Em que:  $\sigma_a^2$ ,  $\sigma_{pe}^2$  e  $\sigma_p^2$  são a variância genética aditiva, variância do efeito do ambiente permanente e variância fenotípica, respectivamente.

As estimativas dos componentes de (co)variância foram obtidas utilizando o programa AIREMLF90, da família de programas BLUPF90 (Misztal *et al.*, 2022). As herdabilidades ( $h^2$ ) e correlações genéticas ( $Ra_x a_y$ ) foram estimadas a partir das equações descritas abaixo,

$$h^2 = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_p^2}$$

Em que:  $\sigma_a^2$  e  $\sigma_p^2$  são a variância genética aditiva e variância fenotípica, respectivamente.

$$Ra_x a_y = \frac{(\text{COV}_{a_x a_y})}{\sqrt{(\sigma_{a_x}^2 \sigma_{a_y}^2)}}$$

Em que:  $\text{COV}_{a_x a_y}$  são as covariâncias genéticas entre as duas características avaliadas e,  $\sqrt{(\sigma_{a_x}^2 \sigma_{a_y}^2)}$  a raiz quadrada das variâncias genéticas multiplicadas.

#### 2.4. Análise estatística

Os modelos foram submetidos à análise de variância para definição do modelo de melhor ajuste a partir do critério de AIC. As diferenças entre as médias dos grupos (anos: 2019; 2020 e 2021) foram comparadas ao nível de significância de 5% pelo teste de Shapiro-Wilk para avaliar a normalidade da distribuição de dados (Shapiro e Wilk, 1965). Os testes de hipóteses foram realizados usando o software R (R Development Core Team, 2019).

### 3. Resultados

Os resultados da análise descritiva estão expressos na tabela 01. O peso médio ao abate foi 784g para os animais abatidos em 2019, 458g em 2020, e 490g em 2021. A espessura de pele (ST) variou em 2019 e 2021 com mínimo e máximo entre 0,188mm e 0,711mm, e médias de 0,490 e 0,415, respectivamente, sendo que em 2020 os dados para espessura de pele não foram coletados.

Tabela 1. Dados biométricos e estatísticas descritivas.

Ano	Tratamentos	Mínimo	Máximo	Média	DP	CV (%)
2019	PA (g)	100	1468	784	205,33	26,2
	EP (mm)	0,269	0,711	0,490	0,06	14,1
	Idade (dias)	282	317	298	12,54	4,2
2020	PA (g)	80	980	458	145,34	31,7
	EP (mm)	-	-	-	-	-
	Idade (dias)	290	323	307	10,17	3,3
2021	PA (g)	59	1162	490	156,21	31,9
	EP (mm)	0,188	0,641	0,415	0,07	17,1
	Idade (dias)	213	271	242	17,23	7,0

EP: espessura de pele; PA: peso ao abate; N: número de animais, DP: desvio padrão, CV (%): coeficiente de variação.

Observou-se média de espessura de pele e peso ao abate maior para animais avaliados em 2019 do que em 2021. A diferença da idade média entre os animais destes dois anos foi de 56 dias, podendo explicar parte das diferenças observadas nas características mensuradas (Tabela 1).

Ao separar animais por sexo e em categorias distintas de peso ao abate, e analisar estatisticamente as categorias, observa-se que duas gerações de animais avaliados (2019 e 2021) não expressam dimorfismo sexual para a característica pele, apenas para peso. Que dentro de mesma categoria de peso não existe efeito estatisticamente significativo para sexo sobre a espessura de pele ( $p < 0.05$ ) (Tabela 2).

Tabela 2. Medidas de idade, espessura da pele e peso em diferentes categorias de peso em duas gerações.

Ano	Categorias (g)	Idade (dias)	Machos		Fêmeas	
			PA	EP	PA	EP
2019	<600	296	488,00	0,283	506,73	0,296
	600-700	305	661,00	0,303	656,82	0,312
	700-800	309	763,33	0,329	748,88	0,344
	800-900	312	839,52	0,349	842,29	0,349
	900-1000	312	939,40	0,334	942,22	0,370
2021	<600	238	450,42	0,473	434,71	0,445
	600-700	244	652,88	0,526	646,49	0,491
	700-800	247	750,50	0,529	746,53	0,519
	800-900	250	845,18	0,527	837,54	0,493
	900-1000	257	948,01	0,551	954,11	0,558

PA: peso ao abate; EP: espessura de pele.

O modelo que apresentou melhor ajuste para os dados, de acordo com o AIC, foi o modelo completo para PA, com efeitos genéticos direto de animal, comum de família, sexo, tanque rede e idade linear e quadrática, para ST o modelo considerado foi apenas para efeitos genéticos direto de animal, sexo e tanque rede, conforme tabela 3.

Tabela 3. Efeitos incluídos em modelos estatísticos para as características avaliadas em peixes.

Trat	a	C	S	T	ag	ag <sup>2</sup>	AIC
PA (g)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	8856,5942
EP (mm)	✓	X	✓	✓	X	X	-2104,7741

PA: peso ao abate; EP: espessura de pele; a: efeito animal; c: efeito comum de família; s: efeito de sexo; t: efeito de tanque; ag: efeito de idade; ag<sup>2</sup>: efeito de idade quadrática; X: efeito não incluídos no modelo; ✓: efeito incluído no modelo; AIC: Akaike Information Criterion.

A estimativa de herdabilidade para a característica PA em 2019, 2020 e 2021 foi 0,15, e para EP medida apenas em 2019 e 2020 foi 0,58 (Tabela 4). O coeficiente de repetibilidade para medida em dois pontos da EP foi de 0,95. A correlação genética apresentada entre as características PA e EP foi forte e positiva, com valor de 0,90 e o erro padrão de 0,05.

Tabela 4. Componentes de variância e estimativa de herdabilidades.

Trat	$\sigma^2a$	$\sigma^2c$	$\sigma^2r$	$\sigma^2p$	$h^2$
PA (g)	3563,9 <sup>(1546,2)</sup>	4870,4 <sup>(745,28)</sup>	15271 <sup>(821,82)</sup>	23705 <sup>(769,83)</sup>	0,15 <sup>(0,06)</sup>
EP (mm)	0,003 <sup>(0,0004)</sup>	-	0,002 <sup>(0,0002)</sup>	0,004 <sup>(0,0002)</sup>	0,58 <sup>(0,06)</sup>

PA: peso ao abate; EP: espessura de pele;  $\sigma^2a$ : variância genética aditiva;  $\sigma^2c$ : variância de família;  $\sigma^2r$ : variância residual;  $\sigma^2p$ : variância fenotípica;  $h^2$ : herdabilidade; <sup>(DP)</sup>: desvio padrão.

#### 4. Discussão

As influências por fatores intrínsecos e extrínsecos como raça, idade, sexo, nutrição e ambiente (Grigorakis, 2007; Oliveira, *et al.*, 2017) na qualidade de carne (Souza *et al.*, 2005; Goes *et al.*, 2019; Sary *et al.*, 2022) e parâmetros genéticos (Oliveira *et al.*, 2015) dos peixes, amplamente discutidas ao longo dos anos, atualmente estão centradas em seleção para crescimento, peso ao abate e rendimento de filé (Yoshida *et al.*, 2021). No entanto, a exploração de características de importância econômica e ambiental correlacionadas ao peso, vêm sendo pesquisadas no melhoramento genético de peixes, como por exemplo, a qualidade das peles, por causa dos impactantes resultados relatados em aplicação medicinal (Lima Junior *et al.*, 2016; 2017; 2019; 2020).

Todesco *et al.*, (2022) descrevem o que seria a primeira avaliação da espessura de pele em tilápias, dentro de um grupo de melhoramento genético. Dados cedidos por Todesco, da biometria do ano de 2019, relatam animais idade média de 243,70 dias, e PA de 602,35g, em que a EP medida ao abate foi de 0,483mm, já no presente trabalho, as medidas obtidas aos 213 dias foram 490g PA, e 0,415mm para EP (Tabela 1), em que PA foi também inferior ao encontrado por Garcia (2017) de 647,45 com 290 dias. Diferenças, provavelmente pelos efeitos de idade dos animais ao abate, e pelas influências e variáveis climáticas que podem ocorrer em diferentes anos de avaliação, devido à interação genótipo e ambiente (De Araújo *et al.*, 2020).

Em avaliação prévia separando machos e fêmeas, em apenas uma geração de animais, observou-se que os machos (1139,8g) são mais pesados que as fêmeas (781,4g), e a espessura de pele também é maior em machos (0,377mm) que em fêmeas (0,342mm) (De Cesaro *et al.*, 2022), de acordo com Zardin (2019) ao testar modelos de regressão para crescimento em machos e fêmeas de diferentes grupos genéticos. No entanto, ao avaliar os animais de duas gerações, e separá-los por categorias de peso, verificou-se que não há diferenças na média de espessura de pele, mesmo em diferentes gerações, rejeitando a hipótese de ocorrência de dimorfismo sexual para a característica espessura de pele (Tabela 2).

Deste modo, aceita-se a hipótese de que o dimorfismo ocorre apenas para a característica peso, de acordo com estudos de Wan, Lin e Hua (2021) que ao avaliar o transcriptoma de tilápia moçambicana (*Oreochromis mossambicus*) nos primeiros dias após a eclosão, relataram que o  $\beta$ -estradiol aumentou gradativamente a expressão da atividade da luciferase, sugerindo que a expressão do gene *pró-opiomelanocortina (Pomc)* é mediada pelo estrogênio. Em que, o aumento do nível de estrogênio nas fêmeas promove a expressão do *Pomc* e suprime o comportamento alimentar, contribuindo para o dimorfismo sexual de tamanho por causa do crescimento mais lento das fêmeas. Em machos, estudos com camundongos (Morford *et al.*, 2018) sugerem que pode ocorrer o inverso, em que o alto nível de andrógenos inibe a expressão de *Pomc* promovendo o crescimento, podendo explicar a maior e mais rápida deposição muscular na tilápia macho.

Possíveis diferenças existentes em nível fisiológico entre machos e fêmeas podem auxiliar a compreender a alta correlação entre peso e espessura de pele. As rotas metabólicas estão direta e fisiologicamente relacionadas, atuando constantemente na absorção de nutrientes usados para manutenção, reprodução, controle metabólico, crescimento muscular e principalmente na inter-relação de toda a expressão em tecidos. As funções estruturais e fisiológicas dos tecidos conjuntivos são definidas e diferenciadas pela sua constituição proteica,

variando de acordo com a presença de glicoproteínas, proteínas e demais moléculas solúveis que determinam as características bioquímicas de cada tecido individualmente (Gelse, Pöschl & Ainger, 2003).

A estabilidade térmica conferida pela presença do colágeno, permite maior adaptabilidade dos animais ao ambiente (Morvan-Dubois *et al.*, 2003), visto que algumas desordens que degeneram a pele são consequências do estresse oxidativo nas células, que pode alterar o equilíbrio entre síntese e degradação de componentes da matriz extracelular dérmica, formada principalmente por tecido conjuntivo e colágeno (Hwang & Shoi, 2011; Quan *et al.*, 2013). A perda ou ineficiência metabólica, favorece o estresse e causa redução das funções dos tecidos (Tigges *et al.*, 2014), causando aumento na degradação do colágeno, deposição esparsa das fibras (Zouboulis e Makrantonaki, 2011; Raut *et al.*; 2012). Consequência já observada da inativação de vias metabólicas, registraram mudanças no padrão da expressão gênica que é mediada pela atividade dos fatores de transcrição nuclear (Rittié & Fisher, 2015), e alterações nos genes reguladores de diferenciação celular e crescimento (Fisher *et al.*, 2002; Wilson, 2003).

Fatores que podem ser considerados na fisiologia de machos e fêmeas, diante da forte correlação entre peso e espessura de pele identificada neste trabalho, que em machos e fêmeas comparados dentro de mesma categoria de peso não apresentam diferenças. Ou seja, as fêmeas retardam o crescimento e a deposição de colágeno devido a gastos nutricionais com fatores reprodutivos, e em machos, o aporte metabólico de nutrientes para reprodução é bem menor, acelerando a deposição muscular e de colágeno.

As estimativas de herdabilidade ( $h^2$ ) são de grande valor para o melhoramento genético, principalmente ao estarem correlacionadas às características de importância econômica como peso animal. A  $h^2$  encontrada neste trabalho para PA foi 0,15 (Tabela 4), considerada baixa quando comparada com outros trabalhos que relatam  $h^2$  entre 0,19 e 0,32 (Yoshida *et al.*, 2021) ao avaliar resultados de nove diferentes gerações e ambientes. Resultado que pode ter sido influenciada por um ano de variações ambientais atípicas se considerar a correlação genética e fenotípica para peso a despesca de 0,98 (Oliveira *et al.*, 2016), e os efeitos comuns de família (Campos *et al.*, 2020). A  $h^2$  para ST foi 0,58, confirmando o descrito por Todesco (2022) que relatou  $h^2$  de 0,59 para a mesma característica.

Diferenças nas variâncias genéticas e fenotípicas podem estar relacionadas às diferenças de PA dos animais entre os estudos, e as correlações genéticas podem ser fortemente influenciadas pelos diferentes ambientes e sistemas de cultivo, principalmente quando se avalia

características de crescimento (De Araújo *et al.*, 2020). Neste trabalho, a correlação entre as características PA e ST foi positiva e forte, de 0,90, confirmando valores descritos por Todesco (2022) de 0,77, em que os autores já sugeriam a possibilidade de resposta positiva para EP ao aplicar seleção para peso em tilápias do Nilo, ao avaliar a correlação entre PA e EP em ambiente de tanque rede.

A relevância desta pesquisa é confirmada, visto a importância dos resultados da seleção de características correlacionadas em melhoramento genético animal, em que se obtém valores quantificáveis de ganho genético e padronização tanto em peso para rendimento de filé preconizado pela indústria, quanto em qualidade de pele para aplicação médica. Ainda, os dados observados demandam maior investigação a respeito de influências da temperatura da água e sazonalidade sobre a característica espessura de pele.

## 5. Conclusão

As estimativas da  $h^2$  de 0,58 para EP e a correlação de 0,90 entre PA e EP, indicam a eficiência de aplicar seleção direcionada para ganho em peso e o consequente ganho em espessura de pele para usos medicinais. A avaliação de três gerações sequenciais permite ampliar a visão a respeito dos vieses existentes quanto ao dimorfismo sexual, quantificar a evolução observada nos animais selecionados, e enfatizar a obtenção de rendimento na indústria com o processamento das peles para fins medicinais.

## Agradecimentos

Equipe PeixeGen da Universidade Estadual de Maringá (UEM).

Equipes das estações de piscicultura da Universidade Estadual de Maringá (UEM) de Florianópolis (CODAPAR) e Diamante do Norte (Rio do Corvo).

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

## Contribuição dos autores

Elisângela De Cesaro: Concepção e projeto; análise e interpretação dos dados; redação do artigo.



Ricardo Pereira Ribeiro: Orientação, concepção e projeto; revisão crítica do artigo.

Carlos Antonio Lopes de Oliveira: Concepção e projeto; coleta, análise e interpretação de dados; revisão crítica do artigo.

Humberto Todesco: Coleta e sessão de dados.

Simone Siemer: Análises; aquisição e interpretação de dados.

Carolina Schlotefeldt: Análise, aquisição e interpretação de dados.

Satia Costa Bomfim: Análises; aquisição e interpretação de dados.

Gisele Ferreira da Silva: Análises; aquisição e interpretação de dados.

Maria Luiza Rodrigues de Sousa: Análise e interpretação de dados.

Gislaine Gonçalves Oliveira: Análises e aquisição de dados.

### **Conflito de interesse**

Os autores declaram não ter conflitos de interesse.

### **Declaração de direitos humanos**

Este artigo não contém estudos com participantes humanos realizado por qualquer um dos autores.

### **Aprovação ética**

Todas as normas internacionais, nacionais e/ou institucionais aplicáveis foram seguidas as diretrizes nacionais para o cuidado e uso dos animais. Todos os procedimentos realizados em estudos envolvendo animais estavam de acordo com os padrões éticos da instituição ou prática em que os estudos foram conduzidos. Número do protocolo: 3203110821 pela Universidade Estadual de Maringá.

## Consentimento informado

O consentimento informado foi obtido de todos os autores participantes incluídos no estudo.

## Referências

- Akaike, H., 1974. A new look at the statistical model identification. In: *IEEE Transactions on Automatic Control*, **19**(6), 716–723. <https://doi.org/10.1109/TAC.1974.1100705>
- Alves, A. P. N. N., Lima-Júnior, E. M., Piccolo, N. S., de Miranda, M. J. B., Lima Verde, M. E. Q., Ferreira-Júnior, A. E. C., Silva, P. G. de B., Feitosa, V. P., de Bandeira, T. J. P. G., Mathor, M. B., & de Moraes, M. O. (2018). Study of tensiometric properties, microbiological and collagen content in Nile tilapia skin submitted to different sterilization methods. *Cell Tissue Bank*, **19**(3), 373–382. <https://doi.org/10.1007/s10561-017-9681-y>
- Alves, A. P. N. N., Verde, M. E. Q. L., Ferreira-Júnior, A. E. C., Silva, P. G. de B., Feitosa, V. P., Lima-Junior, E. M., Miranda, M. J. B. de., & Moraes-Filho, M. O. D. (2015). Avaliação microscópica, estudo histoquímico e análise de propriedades tensiométricas da pele de tilápia do Nilo. *Revista Brasileira de Queimaduras*, **14**(3), 203–210.
- Bentsen, H. B., Gjerde, B., Nguyen, N. H., Rye, M., Ponzoni, R. W., Palada de Vera, M. S., Bolivar, H. L., Velasco, R. R., Danting, J. C., Dionisio, E. E., Longalong, F. M., Reyes, R. A., Abella, T. A., Tayamen, M. M., & Eknath, A. E. (2012). Genetic improvement of farmed tilapias: Genetic parameters for body weight at harvest in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) during five generations of testing in multiple environments. *Aquaculture*, **338–341**, 56–65. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.01.027>
- Campos, E. C., Oliveira, C. A. L. de, Araújo, F. C. T., Todesco, H., Souza, F. N., Rossi, R. M., Fornari, D. C., & Ribeiro, R. P. (2020). Genetic parameters and response to selection for growth in tambaqui. *Animal*, **14**(9), 1777–1785. <https://doi.org/10.1017/S1751731120000488>
- Costa, B. A., Lima-Júnior, E. M., de Moraes-Filho, M. O., Fachine, F. V., de Moraes, M. E. A., Silva-Júnior, F. R., Soares, M. F. A. do N., & Rocha, M. B. S. (2019). Use of Tilapia Skin as a Xenograft for Pediatric Burn Treatment: A Case Report. *Journal of Burn Care Research*, **40**(5), 714–717. <https://doi.org/10.1093/jbcr/irz085>
- De Araújo, F. C. T., Oliveira, C. A. L. de, Campos, E. C., Yoshida, G. M., Lewandowski, V., Todesco, H., Nguyen, N. H., Ribeiro, R. P. (2020). Effects of genotype x environment interaction on the estimation of genetic fibroblastos and gains in Nile tilapia. *Journal of Applied Genetics* **61**, 575-580. <http://doi.org/10.1007/s13353-020-00576-2>
- De Cesaro, E., Oliveira, C. A. L., Oliveira, G. G., Souza, M. L. R., & Ribeiro, R. P. (2022). Qual o valor de uma pele de tilápia?. **26<sup>a</sup> ed.** *Aquaculture Brasil*, 36–42.
- De Oliveira, S. N., Ribeiro, R. P., Oliveira, C. A. L. de, Alexandre Filho, L., Oliveira, A. M. S., Lopera-Barrero, N. M., Santander, V. F. A., & Santana, R. A. C. (2017). Interactive effects of genotype x environment on the live weight of GIFT Nile tilapias. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **89**(4), 2931–2943. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201720150629>

- Fisher, G. J., Kang, S., Varani, J., Bata-Csorgo, Z., Wan, Y., Datta, S., Voorhees, J. J. (2002). Mechanisms of photoaging and chronological skin aging. *Archives of Dermatology*, **138**(11), 1462–1470. [10.1001/archderm.138.11.1462](https://doi.org/10.1001/archderm.138.11.1462)
- Garcia, A. L. S., Oliveira, C. A. L., Karim, H. M., Sary, C., Todesco, H., & Ribeiro, R. P. (2017). Genetic parameters for growth performance, fillet traits, and fat percentage of male Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Journal of Applied Genetics*, **58**, 527–533. <https://doi.org/10.1007/s13353-017-0413-6>
- Gelse, K., Poschl, E., & Aigner, T. (2003). Collagens--structure, function, and biosynthesis. *Advanced Drug Delivery Reviews*, **55**(12), 1531–1546. <https://doi.org/10.1016/j.addr.2003.08.002>
- Goes, E. S. R., Goes, M. D., Castro, P. L. de, Lara, J. A. F. de, Vital, A. C. P., & Ribeiro, R. P. (2019). Imbalance of the redox system and quality of tilapia fillets subjected to pre-slaughter stress. *PLoS ONE*, **14**(1), e0210742. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0210742>
- Grigorakis, K. (2007). Compositional and organoleptic quality of farmed and wild gilthead sea bream (*Sparus aurata*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and factors affecting it: A review. *Aquaculture*, **272**(1–4), 55–75. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.04.062>
- Hwang, K., Yi, B. & Choi, K. (2011). Molecular mechanisms and in vivo mouse models of skin aging associated with dermal matrix alterations. *Laboratory Animal Research*, **27** (1), 1-8. <https://doi.org/10.5625/lar.2011.27.1.1>
- Lima Júnior, E. M., Bandeira, T. J. P. G., de Miranda, M. J. B., Ferreira, G. E., Parente, E. A., Piccolo, N. S., De Moraes Filho, M. O. (2016). Characterization of the microbiota of the skin and oral cavity of *Oreochromis niloticus*. *Journal of Health and Biological Sciences*, **4**(3), 193–197. <https://doi.org/10.12662/2317-3076jhbs.v4i3.767.p193-197.2016>
- Lima Júnior, E. M., de Moraes-Filho, M. O., Costa, B. A., Fechine, F. V., de Moraes, M. E. A., Silva-Junior, F. R., Soares, M. F. A. do N., Rocha, M. B. S., & Leontsinis, C. M. P. (2019). Innovative treatment using tilapia skin as a xenograft for partial thickness burns after a gunpowder explosion. *Journal of Surgical Case Reports*, **2019**(6), 1–4. <https://doi.org/10.1093/jscr/rjz181>
- Lima Júnior, E. M., Moraes Filho, M. O., Forte, A. J., Costa, B. A., Fechine, F. V., Alves, A. P. N. N., Moraes, M. E. A., Rocha, M. B. S., Silva Júnior, F. R., Soares, M. F. A. D. N., Bezerra, A. N., Martins, C. B., Mathor, M. B. (2020). Pediatric Burn Treatment Using Tilapia Skin as a Xenograft for Superficial Partial-Thickness Wounds: A Pilot Study. *Journal Burn Care Research*, **41**(2):241-247. <https://doi.org/10.1093/jbcr/irz149>
- Lima Júnior, E. M., Picollo, N. S., De Miranda, M. J. B., Ribeiro, W. L. C., Alves, A. P. N. N., Ferreira, G. E., Parente, E. A., & Moraes-Filho, M. O. (2017). Uso da pele de tilápia (*Oreochromis niloticus*), como curativo biológico oclusivo, no tratamento de queimaduras. *Revista Brasileira de Queimaduras*, **16**(1), 10–17.
- Misztal, I., Tsuruta, S., Lourenco, D. A. L., Masuda, Y., Aguilar, I., Legarra, A., & Vitezica, Z. (2022). *Manual for BLUPF90 Family of Programs*. University of Georgia.

Morford J. J., Wu S., & Mauvais-Jarvis, F. (2018). The impact of androgen actions in neurons on metabolic health and disease. *Molecular and Cellular Endocrinology*, **465**(2018), 92–102. <https://doi.org/10.1016/j.mce.2017.09.001>

Morvan-Dubois, G., Le Guellec, D., Garrone, R., Zylberberg, L., & Bonnaud, L. (2003). Phylogenetic Analysis of Vertebrate Fibrillar Collagen Locates the Position of Zebrafish  $\alpha 3(I)$  and Suggests an Evolutionary Link Between Collagen  $\alpha$  Chains and Hox Clusters. *Journal of Molecular Evolution*, **57**(5), 501–514. <https://doi.org/10.1007/s00239-003-2502-x>

Oliveira, C. A. L. de, Ribeiro, R. P., Yoshida, G. M., Kunita, N. M., Rizzato, G. S., De Oliveira, S. N., Santos, A. I. dos, & Nguyen, N. H. (2016). Correlated changes in body shape after five generations of selection to improve growth rate in a breeding program for Nile tilapia *Oreochromis niloticus* in Brazil. *Journal of Applied Genetics*, **57**, 487–493. <https://doi.org/10.1007/s13353-016-0338-5>

Oliveira, C. A. L. de, Yoshida, G. M., Oliveira, S. N. de, Kunita, N. M., Santos, A. I. dos, Alexandre Filho, L., & Ribeiro, R. P. (2015). Avaliação genética de tilápias-do-nilo durante cinco anos de seleção. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, **50**(10), 871–877. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2015001000002>

Peixe BR. (2022). *Anuário Brasileiro da Piscicultura Peixes BR 2022*. Associação Brasileira da Piscicultura.

Quan, T., Little, E., Quan, H., Qin, Z., Voorhees, J. J., & Fisher, G. J. (2013). Elevated Matrix Metalloproteinases and Collagen Fragmentation in Photodamaged Human Skin: Impact of Altered Extracellular Matrix Microenvironment on Dermal Fibroblast Function. *The Journal of Investigative Dermatology*, **133**(5), 1362–1366. <https://doi.org/10.1038/jid.2012.509>

R Core Team. (2022). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing.

Raut, S., Singh, S., Uplanchiwar, V., Mishra, V. (2012). Lecithin organogel: a unique micellar system for the delivery of bioactive agents in the treatment of skin aging. *Acta Pharmaceutica Sinica B*, **2**(1): 8-15.

Ribeiro, R. P., Vargas, L., & Oliveira, C. A. L. (2016). Dez anos da tilápia GIFT no Brasil. *Aquaculture Brasil*, **1**(2525–3379), 22–26.

Rittié, L., & Fisher, G. J. (2015). Natural and sun-induced aging of human skin. *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine*, **5**(1), a015370–a015370. 10.1101/cshperspect.a015370

Sary, C., Carbonera, F., Vital, A. C. P., Guerrero, A., Lewandowski, V., Visentainer, J. V., Prado, I. N., & Ribeiro, R. P. (2022). Clove (*Eugenia caryophyllus*) essential oil in diets for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) improves fillet quality. *Food Science Technology*, **42**, e60320. <https://doi.org/10.1590/fst.60320>

Shapiro, S. S., & Wilk, M. B. (1965). An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, **52**(3/4), 591–611. <https://doi.org/10.1093/biomet/52.3-4.591>

Song, W. K., Liu, D., Sun, L. L., Li, B. F., & Hou, H. (2019). Physicochemical and biocompatibility properties of type I collagen from the skin of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) for biomedical applications. *Marine Drugs*, **17**(3), 137. <https://doi.org/10.3390/md17030137>

Souza, M. L. R. (2002). Comparação de seis métodos de filetagem, em relação ao rendimento de filé e de subprodutos do processamento da Tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, **31**(3), 1076–1084. <http://doi.org/10.1590/s1516-35982002000500003>

Souza, M. L. R., Viegas, E. M. M., Sobral, P. J. A., & Kronka, S. N. (2005). Efeito do peso de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) sobre o rendimento e a qualidade de seus filés defumados com e sem pele. *Food Science and Technology*, **25**, 51–59. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612005000100009>

Tigges, J., Krutmann, J., Fritsche, E., Haendeler, J., Schaal, H., Fischer, J. W., Kalfalah, F., Reinke, H., Reifenberger, G., Stühler, K., Ventura, N., Gundermann, S., Boukamp, P., & Boege, F. (2014). The hallmarks of fibroblast ageing. *Mechanisms of ageing and development*, **138**, 26–44. <https://doi.org/10.1016/j.mad.2014.03.004>

Todesco, H., Campos, E. C., Ribeiro, R. P., De Araújo, F. C. T., Tsujii, K. M., Mantovani, L. S. C., Casetta, J., Silva, G. F. da., Siemer, S., Schlotefeldt, C., Cardoso, A. J. da S., Altimari Junior, F. C., Tanamati, F., Paier, C. R. K., Gasparino, E., Lima-Junior, E. M., & Oliveira, C. A. L. de. (2022). Genetic parameters for productive traits and skin quality in Nile tilapia. *Aquaculture*, **560**, 738572. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738572>

Valenti, W. C., Barros, H. P., Moraes-Valenti, P., Bueno, G. W., & Cavalli, R. O. (2021). Aquaculture in Brazil: past, presente and future. *Aquaculture Reports*, **19**, 100611. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100611>

Wan, Z. Y., Lin, V. C. L., & Hua, Y. G. (2021). Pomc Plays an Important Role in Sexual Size Dimorphism in Tilapia. *Marine Biotechnology*, **23**, 201–214. <https://doi.org/10.1007/s10126-020-10015-2>

Wilson, R. P. (2003). Amino acid requirements of finfish and crustaceans. *Amino acid in farm animal nutrition*. Wallingford, UK: CABI Publishing, 427–447.

Yoshida, G. M., Oliveira, C. A. L. de, Campos, E. C., Todesco, H., Araújo, F. C. T., Karin, H. M., Zardin, A. M. da S. O., Bezerra Júnior, J. S., Alexandre Filho, L., Vargas, L., & Ribeiro, R. P. (2021). A breeding program for Nile tilapia in Brazil: Results from nine generations of selection to increase the growth rate in cage. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, **139**(2), 127–135. <https://doi.org/10.1111/jbg.12650>

Zardin, A. M. da S. O., Oliveira, C. A. L. de, Oliveira, S. N. de, Yoshida, G. M., Albuquerque, D. T. de, Campos, C. M. de, & Ribeiro, R. P. (2019). Growth curves by Gompertz nonlinear regression model for male and female Nile tilapias from different genetic group. *Aquaculture*, **511**, 734243. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734243>

### **CAPÍTULO III: Normas da revista utilizada para redação dos artigos.**

0931-2668 JOURNAL OF ANIMAL BREEDING AND GENETICS (1986)

#### **1. PROCESSO DE ENVIO E AVALIAÇÃO POR PARES**

Novas submissões deverão ser feitas através do portal de submissões do *Research Exchange submit.wiley.com/journal/JBG*. Caso seu manuscrito passe para a fase de revisão, você será direcionado para fazer suas revisões através do mesmo portal de submissão. Você pode verificar o status do seu envio a qualquer momento fazendo login em *submit.wiley.com* e clicando no botão “Meus envios”. Para obter ajuda técnica com o sistema de envio, consulte nossas perguntas frequentes ou entre em contato com *submithelp@wiley.com*.

#### **Proteção de Dados e Privacidade**

Ao enviar um manuscrito ou revisar esta publicação, seu nome, endereço de e-mail, afiliação institucional e outros detalhes de contato que a publicação possa exigir serão usados para as operações regulares da publicação, incluindo, quando necessário, compartilhamento com a editora (*Wiley*) e parceiros para produção e publicação. A publicação e o editor reconhecem a importância de proteger as informações pessoais coletadas dos usuários na operação desses serviços e possuem práticas em vigor para garantir que sejam tomadas medidas para manter a segurança, integridade e privacidade dos dados pessoais coletados e processados. Você pode saber mais em <https://authorservices.wiley.com/statements/data-protection-policy.html>.

#### **Política de pré-impressão**

O *Journal of Animal Breeding and Genetics* considerará para revisão artigos previamente disponíveis como *preprints*. Os autores também podem publicar a versão submetida de um manuscrito em um servidor de pré-impressão a qualquer momento. Solicita-se aos autores que atualizem quaisquer versões de pré-publicação com um *link* para o artigo final publicado.

#### **2. OBJETIVOS E ESCOPO**

A revista publica artigos originais de cientistas internacionais sobre seleção genômica e qualquer outro tópico relacionado a programas de melhoramento, seleção, genética quantitativa, genômica, diversidade, evolução de animais domésticos e análise de eficiência e consequências de programas de melhoramento comercial. Pesquisadores, professores e a indústria de criação de animais encontrarão relatórios de interesse.

#### **3. CATEGORIAS E REQUISITOS DE MANUSCRITOS**

O *Journal of Animal Breeding and Genetics* publica:

- Artigos Originais – os artigos devem conter relatos de novos resultados de pesquisas ou análises conceituais que contribuam significativamente para o conhecimento. Idealmente, os manuscritos devem ter cerca de 20 páginas datilografadas ou menos – embora artigos mais longos possam ser considerados a critério do Editor.

• Resenhas de Livros – os livros submetidos para avaliação são atribuídos a especialistas da mesma área. O revisor não recebe remuneração financeira pela resenha, mas guarda o exemplar do livro que lhe foi enviado para resenha. A resenha deverá incluir os dados bibliográficos completos do livro resenhado: sobrenome do autor e iniciais do(s) prenome(s). Título do livro, edição (se não for a primeira), editora, local de publicação, ano de publicação, extensão em páginas, número de figuras e tabelas, tipo de encadernação (brochura, capa dura) e preço de varejo.

#### 4. PREPARANDO SUA SUBMISSÃO

O *Journal of Animal Breeding and Genetics* agora oferece submissão em formato livre para um processo de submissão simplificado e agilizado.

Antes de enviar, você precisará de:

- Seu manuscrito: deve ser um arquivo editável incluindo texto, figuras e tabelas, ou arquivos separados – conforme sua preferência. Todas as seções obrigatórias devem estar contidas em seu manuscrito, incluindo resumo, introdução, métodos, resultados e conclusões. Figuras e tabelas deverão conter legendas. As figuras devem ser carregadas na maior resolução possível. As referências podem ser submetidas em qualquer estilo ou formato, desde que sejam consistentes ao longo do manuscrito. As informações de apoio devem ser enviadas em arquivos separados. Se o manuscrito, as figuras ou as tabelas forem difíceis de ler, também serão difíceis para os editores e revisores, e a redação os enviará de volta para revisão. Seu manuscrito também poderá ser enviado de volta para revisão se a qualidade do idioma inglês for ruim.
- Um *ORCID ID*, disponível gratuitamente em <https://orcid.org>. *(Por que isso é importante? Seu artigo, se aceito e publicado, será anexado ao seu ORCID perfil. Instituições e financiadores estão exigindo cada vez mais que os autores tenham ORCID IDs).*
- A página de título do manuscrito, incluindo:
  - Seus detalhes de coautor, incluindo afiliação e endereço de *e-mail*. *(Por que isso é importante? Precisamos manter todos os coautores informados sobre o resultado do processo de revisão por pares).*
  - Declarações relacionadas às nossas políticas de ética e integridade, que podem incluir qualquer um dos seguintes:
    - declaração de disponibilidade de dados;
    - declaração de financiamento;
    - divulgação de conflito de interesses;
    - declaração de aprovação de ética;
    - permissão para reproduzir material de outras fontes;
    - registro de ensaio clínico.

*(Por que são importantes? Precisamos manter padrões éticos rigorosos para as pesquisas que consideramos para publicação)*

Para enviar, faça login em <https://submission.wiley.com/journal/JBG> e crie um novo envio. Siga as etapas de submissão conforme necessário e envie o manuscrito.

Os manuscritos podem ser carregados como um documento único (contendo o texto principal, tabelas e figuras) ou com figuras e tabelas fornecidas em arquivos separados. Caso seu

manuscrito chegue à fase de revisão, as figuras e tabelas deverão ser fornecidas em arquivos separados. O arquivo principal do manuscrito pode ser submetido em *Microsoft Word* (.doc ou .docx). Se você estiver enviando uma revisão, certifique-se de fornecer uma versão limpa do seu manuscrito e uma versão marcada que destaque quaisquer alterações feitas na revisão.

## 5. POLÍTICAS EDITORIAIS E CONSIDERAÇÕES ÉTICAS

### Revisão Editorial e Aceitação

Os critérios de aceitação para todos os artigos são a qualidade e originalidade da pesquisa e sua importância para nossos leitores. Exceto quando indicado de outra forma, os manuscritos são revisados por pares de forma cega. Os artigos somente serão enviados para revisão se o Editor-Chefe determinar que o artigo atende aos requisitos adequados de qualidade e relevância. A política da *Wiley* sobre confidencialidade do processo de revisão está disponível aqui .

### Compartilhamento de dados e acessibilidade de dados

*O Journal of Animal Breeding and Genetics* reconhece os muitos benefícios do arquivamento de dados de pesquisa. A revista espera que você archive todos os dados dos quais seus resultados publicados são derivados em um repositório público. O repositório que você escolher deve oferecer preservação garantida (veja o registro de repositórios de dados de pesquisa em <https://www.re3data.org/>) e deve ajudá-lo a torná-lo localizável, acessível, interoperável e reutilizável, de acordo com a *FAIR* Princípios de dados (<https://www.force11.org/group/fairgroup/fairprinciples>). Todos os manuscritos aceitos são obrigados a publicar uma declaração de disponibilidade de dados para confirmar a presença ou ausência de dados compartilhados. Se você compartilhou dados, esta declaração descreverá como os dados podem ser acessados e incluirá um identificador persistente (por exemplo, um *DOI* para os dados ou um número de acesso) do repositório onde você compartilhou os dados. Os autores serão obrigados a confirmar a adesão à política. Se você não puder compartilhar os dados descritos em seu manuscrito, por exemplo, por razões legais ou éticas, ou não pretender compartilhar os dados, deverá fornecer a declaração de disponibilidade de dados apropriada. *Jornal de melhoramento animal e genética* observa que o compartilhamento de dados *FAIR* permite o acesso a dados compartilhados sob restrições (por exemplo, para proteger informações confidenciais ou proprietárias), mas observa que os princípios *FAIR* incentivam você a compartilhar dados de maneiras tão abertas quanto possível (mas que podem ser tão fechadas quanto necessário).

Exemplos de declarações estão disponíveis aqui. Observe que os exemplos fornecidos são exemplos de como as declarações podem ser formatadas – elas podem ser modificadas de acordo com suas necessidades. Se publicadas, todas as declarações serão colocadas no cabeçalho do seu manuscrito.

Como o *Journal of Animal Breeding and Genetics* publica pesquisas ligadas a programas de melhoramento comercial, nestes casos, os autores podem não ser capazes de partilhar publicamente os seus dados subjacentes devido a restrições de licença. Portanto, encontre aqui um exemplo de declaração de disponibilidade de dados para tais casos: 'Os dados que apoiam as conclusões deste estudo estão disponíveis em (nome da empresa terceirizada). Aplicam-se restrições à disponibilidade destes dados, que foram utilizados sob licença para este estudo. Os dados estão disponíveis no autor correspondente com a permissão de (nome da empresa terceirizada)'.



Se você não tiver certeza da adequação de sua declaração de disponibilidade de dados proposta, entre em contato com o Escritório Editorial da revista para obter assistência: [JABAG.office@wiley.com](mailto:JABAG.office@wiley.com).

### Citação de dados

Por favor, cite também os dados que você compartilhou, como faria com outras fontes às quais seu artigo se refere, em sua seção de referências. Você deve seguir o formato para suas citações de dados estabelecido na Declaração Conjunta de Princípios de Citação de Dados, <https://www.force11.org/datacitationprinciples>: [conjunto de dados] Autores; Ano; Título do conjunto de dados; Repositório ou arquivo de dados; Versão (se houver); Identificador persistente (por exemplo, DOI).

### Estudos e assuntos humanos

Para manuscritos que relatam estudos médicos envolvendo participantes humanos, exigimos uma declaração identificando o comitê de ética que aprovou o estudo e que o estudo está em conformidade com padrões reconhecidos, por exemplo: Declaração de Helsinque ; Política Federal dos EUA para a Proteção de Seres Humanos ; ou Diretrizes para Boas Práticas Clínicas da Agência Europeia de Medicamentos.

Imagens e informações de participantes individuais só serão publicadas quando os autores obtiverem o consentimento prévio e informado do indivíduo. Os autores não precisam fornecer uma cópia do formulário de consentimento ao editor; no entanto, ao assinar a licença de autor para publicar, os autores são obrigados a confirmar que o consentimento foi obtido. *Wiley* tem disponível um formulário padrão de consentimento do paciente.

### Estudos Animais

Uma declaração indicando que o protocolo e os procedimentos empregados foram revisados e aprovados eticamente, e o nome do órgão que deu a aprovação, devem ser incluídos na seção Métodos do manuscrito. Encorajamos os autores a aderir aos padrões de relatórios de pesquisas com animais, por exemplo, as diretrizes de relatórios *ARRIVE* para relatar o desenho do estudo e a análise estatística; procedimentos experimentais; animais experimentais e alojamento e criação. Os autores também devem declarar se os experimentos foram realizados de acordo com as diretrizes e regulamentos institucionais e nacionais relevantes para o cuidado e uso de animais de laboratório:

- Os autores dos EUA devem citar a conformidade com o Guia do Conselho Nacional de Pesquisa dos EUA para o Cuidado e Uso de Animais de Laboratório, a Política do Serviço de Saúde Pública dos EUA sobre Cuidado Humanitário e Uso de Animais de Laboratório e o Guia para o Cuidado e Uso de Animais de Laboratório.
- Os autores do Reino Unido devem estar em conformidade com a legislação do Reino Unido sob os Regulamentos de Emenda da Lei de Animais (Procedimentos Científicos) de 1986 (SI 2012/3039).
- Os autores europeus fora do Reino Unido devem estar em conformidade com a Diretiva 2010/63/UE.

## Registro de ensaio clínico

Exigimos que os ensaios clínicos sejam registrados prospectivamente em um banco de dados acessível ao público e que os números de registro dos ensaios clínicos sejam incluídos em todos os artigos que relatam seus resultados. Inclua o nome do registro do estudo e o número de registro do seu ensaio clínico no final do resumo. Se o seu ensaio não estiver registrado ou tiver sido registrado retrospectivamente, explique os motivos disso.

## Nomes de espécies

Na primeira utilização no título, resumo e texto, o nome comum da espécie deverá ser seguido do nome científico (gênero, espécie e autoridade) entre parênteses. Para espécies bem conhecidas, entretanto, os nomes científicos podem ser omitidos dos títulos dos artigos. Se não existir nenhum nome comum em inglês, o nome científico deverá ser usado apenas.

## Nomenclatura Genética

As variantes de sequência devem ser descritas no texto e nas tabelas usando designações de DNA e proteínas sempre que apropriado. A nomenclatura da variante de sequência deve seguir as diretrizes atuais do HGVS; consulte <http://varnomen.hgvs.org/>, onde são fornecidos exemplos de nomenclatura aceitável.

## Dados de sequência de nucleotídeos

Os dados da sequência de nucleotídeos podem ser enviados em formato eletrônico para qualquer um dos três principais bancos de dados colaborativos: DDBJ, EMBL ou GenBank. Só é necessário submeter-se a uma base de dados, uma vez que os dados são trocados diariamente entre DDBJ, EMBL e GenBank. A redação sugerida para referência às informações do número de acesso é: 'Estes dados de sequência foram submetidos às bases de dados DDBJ/EMBL/GenBank sob o número de acesso U12345'. Os endereços são os seguintes:

Banco de dados de DNA do Japão (DDBJ) <http://www.ddbj.nig.ac.jp/>;

Envios de sequências de nucleotídeos EMBL <http://www.ebi.ac.uk/>;

GenBank <http://www.ncbi.nlm.nih.gov>.

## Conflito de interesses

O *Jornal de Criação e Genética Animal* exige que todos os autores divulguem quaisquer fontes potenciais de conflito de interesses. Qualquer interesse ou relacionamento, financeiro ou de outra natureza, que possa ser percebido como influenciando a objetividade de um autor é considerado uma fonte potencial de conflito de interesses. Devem ser divulgados quando forem diretamente relevantes ou diretamente relacionados ao trabalho que os autores descrevem em seu manuscrito. Possíveis fontes de conflito de interesses incluem, mas não estão limitadas a propriedade de patentes ou ações, participação no conselho de administração de uma empresa, participação em um conselho consultivo ou comitê de uma empresa e consultoria ou recebimento de honorários de palestrante de uma empresa. A existência de conflito de interesses não impede a publicação. Caso os autores não tenham conflito de interesses a declarar, deverão declará-lo também no momento da submissão. É responsabilidade do autor correspondente

revisar esta política com todos os autores e divulgar coletivamente com a submissão TODOS os relacionamentos comerciais e outros pertinentes. A declaração de conflito de interesses deve ser incluída no arquivo de texto principal do seu envio.

### Financiamento

Os autores devem listar todas as fontes de financiamento na seção Agradecimentos. Os autores são responsáveis pela precisão da designação de seu financiador. Em caso de dúvida, verifique o *Open Funder Registry* para obter a nomenclatura correta: <http://www.crossref.org/fundingdata/registry.html>.

### Autoria

A lista de autores deve ilustrar com precisão quem contribuiu para o trabalho e como. Todos aqueles listados como autores deverão se qualificar para autoria de acordo com os seguintes critérios:

- 1) Ter feito contribuições substanciais para a concepção e *design*, ou aquisição de dados, ou análise e interpretação de dados;
- 2) Esteve envolvido na redação do manuscrito ou na revisão crítica do conteúdo intelectual importante;
- 3) Dada a aprovação final da versão a ser publicada. Cada autor deverá ter participado suficientemente no trabalho para assumir responsabilidade pública por partes apropriadas do conteúdo; e
- 4) Concordou em ser responsável por todos os aspectos do trabalho, garantindo que questões relacionadas à precisão ou integridade de qualquer parte do trabalho sejam adequadamente investigadas e resolvidas.

As contribuições de qualquer pessoa que não atenda aos critérios de autoria devem ser listadas, com permissão do contribuidor, em uma seção de Agradecimentos (por exemplo, para reconhecer contribuições de pessoas que forneceram ajuda técnica, coleta de dados, assistência na redação, aquisição de financiamento, ou um chefe de departamento que forneceu apoio geral). Antes de submeter o artigo, todos os autores devem concordar com a ordem em que seus nomes serão listados no manuscrito.

### Opções adicionais de autoria

Primeira autoria conjunta ou autoria sênior: No caso de primeira autoria conjunta, uma nota de rodapé deve ser adicionada à lista de autores, por exemplo, 'X e Y devem ser considerados co-primeiros autores' ou 'X e Y devem ser considerados co-autores sênior'.

### ORCID

Como parte do nosso compromisso de apoiar os autores em todas as etapas do processo de publicação, o *Journal of Animal Breeding and Genetics* exige que o autor responsável pelo envio (apenas) forneça um *ORCID iD* ao enviar um manuscrito. Isso leva cerca de 2 minutos para ser concluído. Encontre mais informações.

## Ética de Publicação

*Journal of Animal Breeding and Genetics* é membro do Comitê de Ética em Publicação (COPE). Observe que esta revista usa o *software CrossCheck* da *iThenticate* para detectar instâncias de texto sobreposto e semelhante em manuscritos submetidos. Leia nossas 10 principais dicas de ética editorial para autores aqui. As Diretrizes de Ética para Publicações da Wiley podem ser encontradas em <https://authorservices.wiley.com/ethics-guidelines/index.html>.

### Programa de indicação e transferência

Wiley acredita que nenhuma pesquisa valiosa deve passar despercebida. Esta revista participa do programa Refer & Transfer da Wiley. Se o seu manuscrito não for aceito, você poderá receber uma recomendação para transferi-lo para outro periódico Wiley adequado, seja por indicação do editor do periódico ou por meio de nosso Transfer Desk Assistant.

## 6. LICENCIAMENTO DE AUTOR

Se o seu artigo for aceito, o autor identificado como autor correspondente formal receberá um *e-mail* solicitando que ele faça login no *Author Services*, onde, por meio do *Wiley Author Licensing Service* (WALS), ele será solicitado a preencher um contrato de licença de direitos autorais em nome de todos os autores do artigo.

Os autores podem optar por publicar sob os termos do acordo padrão de direitos autorais da revista ou em Acesso Aberto sob os termos de uma Licença *Creative Commons*.

Informações gerais sobre licenciamento e direitos autorais estão disponíveis aqui. Para revisar as opções de licença *Creative Commons* oferecidas em acesso aberto, clique aqui. (Observe que certos financiadores exigem que um tipo específico de licença CC seja usado; para verificar isso, clique aqui).

Definições e políticas de autoarquivamento. Observe que o acordo padrão de direitos autorais da revista permite o autoarquivamento de diferentes versões do artigo sob condições específicas. Clique aqui para obter informações mais detalhadas sobre definições e políticas de autoarquivamento.

Taxas de Acesso Aberto: Se você optar por publicar usando Acesso Aberto, será cobrada uma taxa. Detalhes sobre a Taxa de Publicação de Artigo estão disponíveis aqui.

Acesso aberto para financiadores: Clique aqui para obter mais informações sobre a conformidade da Wiley com políticas específicas de acesso aberto para financiadores.

## 7. PROCESSO DE PUBLICAÇÃO APÓS ACEITAÇÃO

### Artigo aceito recebido em produção

Quando seu artigo aceito for recebido pela equipe de produção da Wiley, você (autores correspondentes) receberá um e-mail solicitando que você faça login ou registre-se no *Author Services*. Você será solicitado a assinar uma licença de publicação neste momento.

## Provas

Os autores receberão uma notificação por *e-mail* com um *link* e instruções para acessar as provas de páginas HTML *online*. As provas de página devem ser cuidadosamente revisadas para detectar quaisquer erros de edição ou composição tipográfica. Diretrizes *on-line* são fornecidas dentro do sistema. Nenhum *software* especial é necessário, todos os navegadores comuns são suportados. Os autores também devem certificar-se de que quaisquer tabelas, figuras ou referências renumeradas correspondam às citações do texto e que as legendas das figuras correspondam às citações do texto e às figuras reais. Os comprovantes deverão ser devolvidos em até 48 horas após o recebimento do e-mail. A devolução dos comprovantes por *e-mail* é possível caso o sistema *online* não possa ser utilizado ou acessado.

## Taxas de publicação

As figuras coloridas podem ser publicadas online gratuitamente; no entanto, a revista cobra pela publicação de números impressos em cores. Se o autor fornecer figuras coloridas na publicação *Early View*, ele será convidado a preencher um contrato de cobrança de cores no *RightsLink* para *Author Services*. O autor terá a opção de pagar imediatamente com cartão de crédito ou débito, ou poderá solicitar fatura. Caso o autor opte por não adquirir a impressão colorida, as figuras serão convertidas para preto e branco para a edição impressa da revista.

## Visualização antecipada

A revista oferece publicação rápida através do serviço *Early View* da Wiley. Os artigos *Early View* (versão *online* do registro) são publicados na *Wiley Online Library* antes de serem incluídos em uma edição. Depois que seu artigo for publicado no *Early View*, nenhuma alteração adicional será possível. Seu artigo do *Early View* é totalmente citável e traz uma data de publicação *online* e *DOI* para citações.

## 8. PÓS PUBLICAÇÃO

### Acesso e compartilhamento

Quando seu artigo é publicado *online*:

Você recebe um alerta por *e-mail* (se solicitado).

Você pode compartilhar seu artigo publicado nas redes sociais.

Como autor, você mantém acesso gratuito (após aceitar os Termos e Condições de uso, você poderá visualizar seu artigo).

O autor correspondente e os coautores podem indicar até dez colegas para receber alerta de publicação e acesso *online* gratuito ao seu artigo.

### Suporte para promoção de artigos

*Wiley Editing Services* oferece serviços profissionais de vídeo, *design* e redação para criar resumos de vídeo compartilháveis, infográficos, pôsteres de conferências, resumos leigos e notícias de pesquisa para sua pesquisa - para que você possa ajudar sua pesquisa a receber a atenção que merece.

## 9. DETALHES DE CONTATO DO ESCRITÓRIO EDITORIAL

JABAG.office@wiley.com