

**INSTITUTO FEDERAL GOIANO DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA GOIANO - CAMPUS RIO VERDE**

VITÓRIA DE VASCONCELOS KRETSCHMER

**EQUAÇÕES DE PREDIÇÕES DOS PESOS DOS PRODUTOS
GERADOS COM O PROCESSAMENTO DE TILÁPIA:
OREOCHROMIS NILOTICUS**

Rio Verde - GO

2024

VITÓRIA DE VASCONCELOS KRETSCHMER

**EQUAÇÕES DE PREDIÇÕES DOS PESOS DOS PRODUTOS
GERADOS COM O PROCESSAMENTO DE TILÁPIA:
OREOCHROMIS NILOTICUS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Rio Verde, como parte das exigências da disciplina TCC-214 – Trabalho de Curso II, do curso de Ciências Biológicas. como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel.

Orientador (a): Adriano Carvalho Costa

Rio Verde - GO

2024

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO

PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS

NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese (doutorado) | <input type="checkbox"/> Artigo científico |
| <input type="checkbox"/> Dissertação (mestrado) | <input type="checkbox"/> Capítulo de livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia (especialização) | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC (graduação) | <input type="checkbox"/> Trabalho apresentado em evento |

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Vitória de Vasconcelos Kretschmer

Matrícula:

2020102230540152

Título do trabalho:

EQUAÇÕES DE PREDIÇÕES DOS PESOS DOS PRODUTOS
GERADOS COM O PROCESSAMENTO DE TILÁPIA: OREOCHROMIS NILOTICUS

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 26 /07 /2024

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde - Goiás

Local

26 /07 /2024

Data



Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)

Regulamento de Trabalho de Curso (TC) – IF Goiano - Campus Rio Verde

ANEXO V - ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Aos vinte e um dias do mês de junho de dois mil e vinte e quatro, às 14 horas, reuniu-se a Banca Examinadora composta por: Prof. Adriano Carvalho Costa (orientador), Mestre em Zootecnia Alene Santos Souza (membro externo) e Prof. Bruno de Souza Marques (membro interno e Coorientador) e Isabel Rodrigues de Rezende (membro interno) para examinar o Trabalho de Curso (TC) intitulado “EQUAÇÕES DE PREDIÇÕES DOS PESOS DOS PRODUTOS GERADOS COM O PROCESSAMENTO DE TILÁPIA *Oreochromis niloticus*” de Vitória de Vasconcelos Kretschmer, estudante do curso de Bacharelado em Ciências do IF Goiano – Campus Rio Verde, sob Matrícula nº 2020102230540152. A palavra foi concedida à estudante para a apresentação oral do TC, em seguida houve arguição do candidato pelos membros da Banca Examinadora. Após tal etapa, a Banca Examinadora decidiu pela APROVAÇÃO da estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata, que, após apresentação da versão corrigida do TC, foi assinada pelos membros da Banca Examinadora e Mediador de TC.

Rio Verde, 21 de junho de 2024.

Adriano Carvalho Costa

Orientador e Membro da Banca Examinadora

Alene Santos Souza

Membro da Banca Examinadora

Bruno de Souza Marques

Membro da Banca Examinadora e Coorientador

Isabel Rodrigues de Rezende

Membro da Banca Examinadora

Maria Andréia Corrêa Mendonça

Membro da Banca Examinadora

Documento assinado eletronicamente por:

- Maria Andreia Correa Mendonca, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 24/06/2024 17:52:57.
- Alene Santos Souza, 2022102310240011 - Discente, em 24/06/2024 13:38:41.
- Bruno de Souza Marques, 2023102310240004 - Discente, em 24/06/2024 13:38:36.
- Isabel Rodrigues de Rezende, 2021202320140005 - Discente, em 24/06/2024 13:37:42.
- Adriano Carvalho Costa, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 24/06/2024 13:35:37.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 21/06/2024. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 609515

Código de Autenticação: e72d9ec332



Documento Digitalizado Público

Ata de defesa

Assunto: Ata de defesa
Assinado por: Adriano Costa
Tipo do Documento: ANEXO
Situação: Finalizado
Nível de Acesso: Público
Tipo do Conferência: Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- Adriano Carvalho Costa, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 02/07/2024 11:28:39.

Este documento foi armazenado no SUAP em 02/07/2024. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 622505

Código de Autenticação: abaf811df4



AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por me conceder saúde, força e sabedoria ao longo desta jornada acadêmica.

Aos meus pais, Cleto Roque e Mariza, pelo amor incondicional, apoio constante e encorajamento em todos os momentos da minha vida. Sem vocês, nada disso seria possível. Obrigada por todo o sacrifício, e por me acompanharem nos momentos de alegria e também nos de lágrimas. Vocês sempre acreditaram em mim e me deram a base necessária para seguir em frente. Sou eternamente grata por tudo que fizeram e continuam fazendo por mim. Aos meus irmãos, Arthur, Henrique e Marcos, pelas palavras amigas e de incentivo.

Ao Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde, pelo ambiente acolhedor e pelas oportunidades de aprendizado e crescimento acadêmico que me foram proporcionadas.

Ao meu orientador, Adriano Costa Carvalho, pela orientação precisa, paciência e dedicação. Suas valiosas sugestões e conselhos foram fundamentais para a conclusão deste trabalho.

Aos meus colegas e amigos do grupo de pesquisa NEPEAQUA, Alene, Débora, Gidélia, Isabel e Lessandro, pelo apoio, companheirismo e pelas inúmeras discussões produtivas que enriqueceram minha formação acadêmica.

Em especial os meus amigos Hemílio e Liege, que, mesmo distantes, ofereceram seu apoio e amizade durante todo o percurso.

Às minhas amigas de infância, Andressa, Natália e Vivianne, que, mesmo de longe, me apoiaram indiretamente, proporcionando-me palavras de incentivo e carinho nos momentos em que mais precisei.

Aos amigos que conquistei de outros cursos, como Bruno Marques e Silvestre Netto, que me apoiaram e ajudaram de inúmeras maneiras.

Ao meu namorado, Ítallo Henrique, que me incentivou e me ajudou a acreditar no meu próprio potencial, oferecendo-me suporte emocional e motivação contínua.

Por fim, a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste estudo, meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

A tilápia (*Oreochromis niloticus*) destaca-se, pela versatilidade, fácil cultivo e alta conversão alimentar, sendo importante fonte de proteína devido ao seu rápido crescimento e adaptabilidade. Objetivou-se, desenvolver equações de predições dos pesos da carcaça, cabeça e filé a partir de medidas morfométricas e do peso corporal da tilápia, gerando informações científicas relevantes para a cadeia produtiva. O experimento foi realizado com 1.266 juvenis de tilápia em sistema de recirculação, monitorando-se a qualidade da água e realizando biometria periodicamente. As análises estatísticas envolveram a aplicação de regressão múltipla com o procedimento *Stepwise* para a seleção das variáveis, seguido de análise de multicolinearidade. Os modelos foram validados com coeficientes de determinação superiores a 90%, indicando alta precisão. Os coeficientes de regressão positivos e negativos das variáveis independentes (peso corporal e medidas morfométricas) indicaram a direção e magnitude da influência sobre os pesos das partes corporais. A validação dos modelos reforçou a acurácia das equações preditivas, tornando-as ferramentas robustas para a estimativa dos pesos de carcaça, cabeça e filé em tilápias. Os resultados demonstraram que o peso corporal e as medidas morfométricas são variáveis preditivas eficazes, permitindo a utilização das equações obtidas por produtores, indústrias de processamento e programas de melhoramento genético como uma ferramenta não invasiva e eficiente para a predição dos pesos corporais da tilápia.

Palavras-chave: Análise Estatística, Aquicultura, Medidas Morfométricas, Regressão Múltipla, Tilapicultura.

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE FÓRMULAS

LISTA DE TABELAS

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	10
2.REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1. AQUICULTURA	12
2.2. PISCICULTURA.....	12
2.3. COMERCIALIZAÇÃO DE PRODUTOS.....	13
2.4. MÉTODOS PARA ESTIMAR OS PESOS E PRODUTOS GERADOS COM O PROCESSAMENTO. .	14
2.4.1. <i>Métodos Diretos</i>	15
2.4.2. <i>Métodos Indiretos</i>	17
2.4.3. <i>Vantagens dos Métodos Diretos</i>	17
2.4.4. <i>Desvantagens dos Métodos Diretos</i>	18
2.4.5. <i>Vantagens do Métodos Indiretos</i>	19
2.4.6. <i>Desvantagens dos Métodos Indiretos</i>	19
3.MATERIAL E MÉTODOS.....	21
3.1. AVALIAÇÃO MORFOMÉTRICA.....	21
3.2. AVALIAÇÃO DOS PESOS E RENDIMENTOS CORPORAIS.....	22
3.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	22
4.RESULTADOS.....	24
5.DISSCUSSÃO.....	27
6.CONCLUSÃO.....	30
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Entre as características da tilápia, destaca-se, pela versatilidade, fácil cultivo, sabor apreciado e alta conversão alimentar. A tilápia é importante devido ao seu alto valor nutricional, rápido crescimento, adaptabilidade a diversas condições ambientais e grande aceitação no mercado, tornando-se uma fonte acessível e sustentável de proteína (Fao, 2020).

Entre os produtos comercializados na tilapicultura, pode-se citar o peixe eviscerado sem escama e com cabeça, e o filé como principais produtos comercializados. O peso desses produtos pode ser afetado por diversos fatores como a nutrição, saúde e bem estar, genética e formato corporal. Através dos pesos dos produtos pode-se estimar os rendimentos dessas partes corporais, sendo desejado lotes/animais com maiores rendimentos de carcaça (peixe eviscerado e escamado) e filé, e menores de vísceras e cabeça. Estes fatores são críticos para estimar os rendimentos das partes corporais desejáveis, visando alcançar lotes/animais com maior eficiência de produção (Fao, 2020).

A estimação/predição dos pesos dessas partes corporais e rendimentos torna-se relevante para toda a cadeia aquícola. Com base nessa predição o produtor pode definir o manejo alimentar, bem como avaliar momento correto de abate. A indústria pesqueira, com base nesses dados, elabora um índice de precificação dos peixes de acordo com os pesos e rendimentos. Estes dados também são relevantes para programas de melhoramento genético, pois são as características mais importantes, juntamente com o peso corporal. A nutrição adequada e o manejo alimentar estratégico são essenciais para otimizar o crescimento e o rendimento de filé em programas de melhoramento genético de tilápia. (Dauda; Abdulsalam; Ashafa, 2020; Ribeiro, 2021).

O peso das partes corporais é obtido de forma direta e indireta. De forma direta, por meio do abate de parte do lote, sendo possível fazer inferência para o resto da população. Neste caso, apresenta limitação de uso em programas de melhoramento, pois não é possível utilizar o exemplar sacrificado como reprodutor/matriz. As medições morfométricas são amplamente utilizadas para estimar o peso corporal de peixes, permitindo inferências precisas sem a necessidade de abate. Estudos recentes destacam a importância dessas medições, que incluem parâmetros como comprimento total, comprimento padrão, altura do corpo e circunferência corporal, na previsão do peso e rendimento das partes do peixe. Essas técnicas são fundamentais para a aquicultura, proporcionando dados confiáveis que ajudam a otimizar a produção e a sustentabilidade do setor (Perazza et al., 2018).

De forma indireta, o peso das partes corporais pode ser estimado utilizando diversas técnicas, incluindo o estudo do formato do corpo, que tem relação direta com os pesos e rendimentos corporais, ou seja, está correlacionado. Para isso, pode ser realizadas equações de predições dos pesos em função das medidas morfométricas. Equações de predições já foram realizadas em diversas espécies de animais para prever o peso corporal (Salazar Cuytun et al., 2022).

Alguns trabalhos com equações de predições dos pesos e rendimentos dos produtos do processamento em peixe. Segundo Jiang, I. *et al* (2020) o estudo revisa e analisa o desenvolvimento de técnicas de aprendizado de máquina na aquicultura inteligente, incluindo a aplicação de métodos de redes neurais e regressão para prever os rendimentos de produtos processados a partir de dados morfométricos. Entretanto, não foi encontrado trabalhos na literatura com dados de animais de diversas famílias, onde tem divergência no formato do corpo, o que gera uma equação mais generalista devido à grande variação corporal dos animais.

Dessa forma, objetivou-se obter equações de predições dos pesos da carcaça, cabeça e filé a partir de medidas morfométricas e o peso corporal para tilápia, gerando informações científicas relevantes, e que pode resultar em ferramenta tecnológica aplicada na cadeia produtiva de tilápia.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. AQUICULTURA

A aquicultura no Brasil é um setor crescente e de grande importância econômica, social e ambiental, envolvendo o cultivo de organismos aquáticos em ambientes controlados ou semi-controlados. Nas últimas décadas, a aquicultura vem se destacando como uma atividade competitiva e sustentável na produção de alimentos saudáveis, apresentando contribuição relevante para geração de emprego e renda, bem como redução da pobreza e da fome em várias partes do mundo (Rosa, 2020).

2.2. PISCICULTURA

A piscicultura envolve o manejo cuidadoso de diversas espécies de peixes em ambientes controlados, como lagos artificiais, tanques-rede e viveiros, onde são implementadas técnicas específicas de reprodução, alimentação e controle de doenças. A aplicação de boas práticas de manejo na piscicultura é essencial para garantir a sanidade e o desempenho produtivo dos peixes. Essas práticas incluem a gestão eficiente da água, o uso adequado de rações e insumos, e a implementação de medidas preventivas para evitar doenças. Além disso, tecnologias recentes, como a utilização de probióticos, trazem benefícios comprovados, incluindo a melhoria da qualidade da água, aumento da resistência a patógenos e promoção do crescimento saudável dos peixes. (El-Saadony *et al.*, 2021).

Entre as várias modalidades de piscicultura, a tilápicultura merece destaque especial. A tilápia é particularmente valorizada por sua capacidade de prosperar em uma ampla gama de condições ambientais, o que facilita seu cultivo em sistemas variados de aquicultura, incluindo tanques-rede e viveiros. Estudos confirmam que a tilápia apresenta um rápido crescimento e alta resistência a doenças, fatores que contribuem significativamente para sua popularidade na aquicultura global (Cooperbelluno, 2021). A Tilápia do Nilo é omnívora, alimentando-se de fitoplâncton, zoo-plâncton, detritos e pequenas partículas de matéria orgânica. Essa flexibilidade alimentar permite que a espécie prospere em uma variedade de ambientes, desde rios e lagos até sistemas de aquicultura intensiva. (Nattabi *et al.*, 2023).

Além de sua versatilidade alimentar, a tilápia apresenta uma elevada tolerância a condições ambientais adversas, como alta salinidade, altas temperaturas e baixos níveis de oxigênio dissolvido. A Tilápia do Nilo é uma das principais espécies cultivadas na aquicultura global, sendo responsável por uma significativa parcela da produção mundial de peixes.

(Shuai & Li, 2022; Pedrazzani et al., 2023). Na figura 1, segue uma imagem de um exemplar de Tilápia-do-Nilo.



A espécie , atingindo a maturidade sexual  dado parental, com machos construindo ninhos e fêmeas praticando incubação bucal, onde carregam os ovos na boca até a eclosão dos alevinos (Nattabi et al., 2023; Pedrazzani et al., 2023).

A tilápia torna-se, cada vez mais, um peixe presente no cardápio em todas as regiões. Avança a demanda interna, abrem-se oportunidades de exportação e investidores profissionais juntam-se ao negócio. A tilápia ampliou a participação na produção brasileira de peixes de cultivo, em 2023, com 579.080 toneladas – crescimento de 5,28% em relação ao ano anterior – mostra levantamento da Associação Brasileira da Piscicultura (PeixeBR, 2024). Com esse resultado, a espécie passou a representar 65,3% do total nacional. No ano anterior, o país colocou no mercado 550.060 toneladas (63,93% do total). “A tilápia ganha participação no mercado devido ao interesse crescente dos consumidores. (PeixeBR, 2024).

2.3. COMERCIALIZAÇÃO DE PRODUTOS

A Embrapa Pesca e Aquicultura, através do Projeto BRSAqua, tem conduzido pesquisas com consumidores de pescado para fornecer subsídios informacionais ao setor privado, pesquisa e políticas públicas. Os resultados destas pesquisas visam melhorar a compreensão do mercado de peixes cultivados no Brasil, com base em dados coletados em

2020 de mais de 1.500 consumidores em todos os estados do país (Embrapa, Pesca e Aquicultura, 2020).

Já a preferência relacionada ao consumidor, está associada à sua carne branca firme, sabor delicado, baixo teor de gordura e calorias e ausência de ossos em forma de “Y” (Bacelar; Muratori, 2020).

No Brasil, as partes mais consumidas da tilápia são os filés, a cabeça e os ossos. Os filés são apreciados como prato principal devido à sua carne leve e saborosa. A cabeça e os ossos da tilápia são comumente utilizados para fazer caldos e sopas, aproveitando ao máximo os nutrientes e o sabor. Além disso, a pele de tilápia pode ser transformada em petiscos crocantes, oferecendo uma opção saborosa e saudável para snacks, com menores níveis de oxidação lipídica e melhor perfil de sabor quando métodos alternativos de fritura são usados (Fang et al., 2023).

Os principais tipos de produtos apreciados e comercializados pela indústria são: peixe eviscerado e filé com costela. Assim, estudos sobre pesos e rendimentos dessas partes do corpo são de grande importância econômica, tanto para a indústria de processamento quanto para pisciculturas (Botelho et al., 2019)

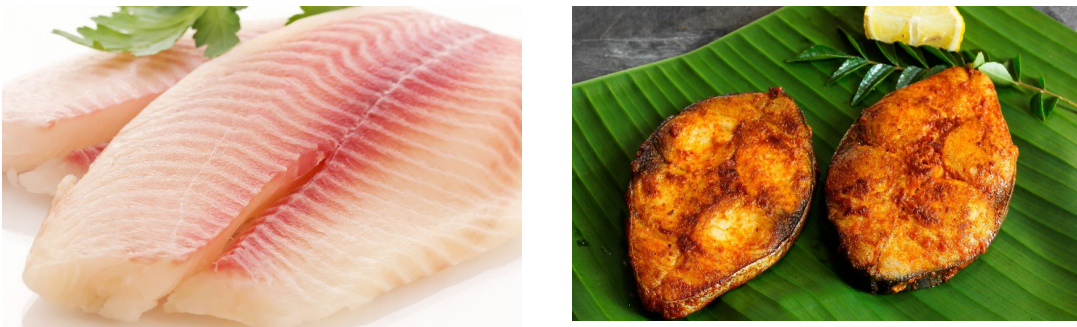


Figura 2 - Filé de tilápia *in natura* (A) Fonte: Pescados Moema, Ano:2024

Figura 3 - Posta de tilápia (B). Fonte: Lake's Fish, Ano:2024

2.4. MÉTODOS PARA ESTIMAR OS PESOS E PRODUTOS GERADOS COM O PROCESSAMENTO

Para estimar os pesos e produtos gerados com o processamento de peixes, em especial a tilápia, vários métodos podem ser utilizados. Esses métodos geralmente envolvem medições morfométricas, cálculos de rendimento e análises estatísticas, podendo ser classificados em diretos e indiretos, dependendo da abordagem utilizada.

2.4.1. Métodos Diretos

A pesagem direta é um método fundamental na aquicultura para medir o peso de tilápias antes e após o processamento. Neste método, cada peixe é pesado individualmente, utilizando balanças precisas, o que fornece detalhes exatos e elimina a necessidade de estimativas ou inferências. Esta abordagem é amplamente valorizada por sua simplicidade e praticidade em ambientes de processamento, tornando-se uma prática padrão na indústria de aquicultura. A pesagem direta não só garante resultados, mas também permite uma melhor gestão da produção e avaliação da saúde dos peixes (Jiang et al., 2020; Lima et al., 2021).

As medições morfométricas em peixes são ferramentas cruciais para estudar a variabilidade, crescimento, saúde e taxonomia das espécies. Essas medições incluem dimensões como comprimento total, comprimento padrão, peso corporal, altura e largura do corpo. Elas são usadas para identificar espécies, analisar a condição física e saúde das populações, além de auxiliar em estudos genéticos e de melhoramento. Tecnologias modernas, como análise de DNA, têm melhorado a precisão dessas medições, facilitando a identificação de espécies e variedades (Nattabi et al., 2023; Koh et al., 2023; exemplos na figura 5 e 6, a seguir:



Figura 4 - Medição morfométrica de uma tilápia. Fonte: Arquivo pessoal



Figura 5 - Realização medições morfométricas na espécie de peixe tilápia. Fonte: Arquivo pessoal, 2023

O cálculo de rendimentos envolve a determinação das proporções de diferentes partes do peixe em relação ao peso total. Por exemplo, o rendimento de filé é calculado como a proporção do peso dos filés em relação ao peso total do peixe, enquanto o rendimento de carcaça considera o peso da carcaça eviscerada. Este método é eficiente e ajuda a padronizar as medidas de rendimento entre diferentes lotes de processamento, facilitando a comparação e a análise de dados (Hu et al., 2022; Jiang et al., 2020).

O rendimento de filé é calculado como a proporção do peso dos filés em relação ao peso total do peixe. Estas fórmulas não são atribuídas a um único inventor específico, mas sim uma metodologia desenvolvida e adotada amplamente por profissionais de aquacultura e processamento de alimentos para avaliar a eficiência do processamento de peixes.

$$\text{Rendimento de Filé (\%)} =$$

Fórmula 1 - Fonte: Dados da pesquisa, 2024

O rendimento de carcaça é calculado como a proporção do peso da carcaça eviscerada em relação ao peso total do peixe.

$$\text{Rendimento de Carcaça (\%)} =$$

Fórmula 2 - Fonte: Dados da pesquisa, 2024

2.4.2. Métodos Indiretos

A análise estatística e a modelagem utilizam dados morfométricos para prever os pesos dos produtos gerados no processamento da tilápia. Modelos de regressão são ferramentas poderosas para prever os pesos dos produtos processados de tilápia. Quando há uma correlação significativa entre variáveis como comprimento e peso, esses modelos podem ajudar a otimizar a eficiência do processamento, ajustando as práticas de manejo com base em previsões precisas. A análise de correlação também é usada para avaliar a relação entre diferentes medidas morfométricas, identificando quais variáveis têm maior impacto no peso final dos produtos processados (Ruff et al., 2023).

As tecnologias avançadas, são utilizadas para obter medições detalhadas e precisas das tilápias sem a necessidade de contato físico. Essas técnicas permitem a automação do processo de medição, aumentando tanto a precisão quanto a velocidade das medições. A utilização de fotogrametria e scanning 3D na tilapicultura pode melhorar significativamente a eficiência do processamento e a qualidade dos dados coletados para estudos morfométricos e modelagem preditiva. Estas tecnologias também facilitam a criação de modelos digitais tridimensionais que podem ser utilizados para análises detalhadas e comparações ao longo do tempo (Remondino, 2023)

Ferramentas de software especializadas, como o FishStatJ da FAO, utilizam bancos de dados e algoritmos avançados para estimar rendimentos e pesos com base em entradas específicas de medidas e características dos peixes. Essas ferramentas são capazes de manejar variáveis complexas e grandes volumes de dados, tornando-as ideais para operações de larga escala onde a coleta manual de dados seria impraticável (Fao, 2023).

2.4.3. Vantagens dos Métodos Diretos

Os métodos diretos, como a pesagem direta e as medições morfométricas, são valorizados por sua precisão e simplicidade. A pesagem direta envolve o uso de balanças para medir o peso dos peixes de forma rápida e precisa, sendo essencial para monitorar o crescimento e a saúde dos peixes. As medições morfométricas, que incluem a medição de comprimento, altura e largura dos peixes, são simples de realizar e fornecem informações valiosas sobre a condição física e a estrutura corporal dos peixes. Esses métodos são amplamente utilizados devido à facilidade de implementação e à confiabilidade dos dados obtidos (Nattabi et al., 2023; Koh et al., 2023).

O cálculo de rendimento é essencial para avaliar a eficiência do processamento de peixes, particularmente na produção de filés. Ao determinar a proporção do peso dos filés em relação ao peso total do peixe, os produtores podem identificar quais práticas de manejo e processamento estão gerando o maior retorno sobre o investimento. Isso permite ajustes e otimizações que podem aumentar a rentabilidade. O rendimento de filé é uma métrica crítica que ajuda a otimizar a produção, maximizando a quantidade de produto comercializável. Produtores podem utilizar dados de rendimento para ajustar os métodos de processamento e minimizar perdas, garantindo que uma maior proporção do peso do peixe se traduza em produto vendável (Koh et al., 2023).

Ferramentas de software e simulação permitem um processamento mais eficiente e escalável, especialmente em operações comerciais de grande porte. Essas ferramentas são capazes de lidar com grandes volumes de dados e automatizar processos que, de outra forma, seriam intensivos em mão de obra. A calibração e validação dos métodos asseguram a acurácia e a confiabilidade das previsões, garantindo que os resultados sejam robustos e aplicáveis em diferentes contextos (Fao, 2023; Luiz; Santos, 2024).

2.4.4. Desvantagens dos Métodos Diretos

A pesagem direta é amplamente utilizada devido à sua precisão, no entanto, esse método é bastante tempo-intensivo, especialmente em operações de grande escala. Manipular peixes individualmente para pesagem pode causar estresse significativo aos animais. O estresse pode afetar negativamente a saúde e o crescimento dos peixes, além de aumentar o risco de lesões durante o manuseio. Métodos não invasivos, como a fotogrametria e o scanning 3D, estão sendo desenvolvidos para mitigar esses problemas, permitindo medições precisas sem contato físico direto (López-Riveros et al., 2021).

Embora as medições morfométricas sejam não-destrutivas e possam ser realizadas rapidamente, elas requerem treinamento para garantir medições precisas e consistentes. A variabilidade entre diferentes técnicas de medição ou devido ao estado fisiológico dos peixes (por exemplo, peixes inchados ou magros) pode introduzir erros e inconsistências nos dados coletados (Funbio, 2024). Para realizar medições morfométricas precisas, é necessário o uso de ferramentas e equipamentos apropriados, que podem ser caros e requerer manutenção regular. A falta de equipamentos adequados pode comprometer a precisão e a confiabilidade dos dados coletados (Cirne et al., 2019)

O cálculo de rendimentos envolve a dissecação dos peixes, tornando este método destrutivo. Como resultado, impossibilita a posterior utilização dos peixes inteiros para outros fins. Além disso, as diferentes técnicas de filetagem e processamento podem resultar em inconsistências nos dados de rendimento, complicando a padronização e a comparação entre diferentes lotes de produção. Essas variáveis podem introduzir erros nos dados, dificultando a obtenção de resultados confiáveis e consistentes ao longo do tempo. (Sasaki, 2017; López-Riveros et al., 2021).

2.4.5. Vantagens dos Métodos Indiretos

Os métodos indiretos, como a análise estatística e modelagem, permitem a automação do processo de coleta e análise de dados. Isso é especialmente vantajoso em operações de grande escala, onde a automação pode aumentar a eficiência e reduzir a necessidade de mão-de-obra manual (Burke et al., 2021).

As técnicas de imagem como fotogrametria e scanning 3D fornecem dados detalhados e precisos sobre a morfologia dos peixes. Esses métodos permitem uma análise aprofundada e a criação de modelos tridimensionais, que são extremamente úteis para estudos complexos e precisos (Choudhury et al., 2022).

As ferramentas de software e simulação, como o FishStatJ da FAO, são capazes de processar grandes volumes de dados de maneira eficiente. Isso facilita a análise de tendências e padrões, ajudando na tomada de decisões estratégicas (Kasumyan et al., 2022).

2.4.6. Desvantagens dos Métodos Indiretos

A implementação eficaz da análise estatística e modelagem depende de um conhecimento profundo em estatística e técnicas de modelagem avançada. Isso pode ser um desafio em operações que não possuem pessoal tecnicamente qualificado (Kasumyan et al., 2022) A precisão dos modelos estatísticos é altamente dependente da qualidade e quantidade dos dados disponíveis. Dados de má qualidade podem levar a previsões imprecisas, comprometendo a confiabilidade dos resultados (Burke et al., 2021) .

As técnicas de imagem e visão computacional, como fotogrametria e scanning 3D, exigem equipamentos de alta resolução que são caros. Além disso, a operação e manutenção desses equipamentos, bem como a interpretação dos dados, requerem pessoal tecnicamente qualificado, o que pode ser um obstáculo significativo (Choudhury et al., 2022)

As ferramentas de software e simulação precisam ser calibradas com dados reais para garantir precisão. Este processo de calibração pode ser demorado e exigir muitos recursos, tornando-se um desafio adicional para as operações de aquicultura (Burke et al., 2021)

É de extrema importância para o frigorífico saber o peso e rendimentos dos produtos gerados com o processamento, entretanto, até o presente momento não há no mercado ferramentas disponíveis para avaliar o peso e rendimentos destes. Trabalhos na literatura com diversas espécies indicam que os produtos gerados com o processamento apresentam correlações altas com as medidas morfométricas, como comprimento, peso, altura, largura, diâmetros e outras (Botelho et al., 2019)

A Análise *Stepwise* e a Análise *Backward* são metodologias estatísticas amplamente utilizadas para selecionar variáveis preditoras em modelos de regressão, buscando otimizar a precisão e a simplicidade do modelo. Na análise *Stepwise*, as variáveis são inseridas no modelo uma a uma, com base em critérios estatísticos, até que não haja melhora significativa no modelo. Já na Análise *Backward*, todas as variáveis são inicialmente incluídas, e aquelas que não contribuem significativamente para o modelo são removidas uma a uma. Estas técnicas têm sido eficazes em estudos de correlação entre medidas morfométricas e rendimento de carcaça, permitindo identificar os melhores preditores para o peso e rendimento de produtos de processamento (Hastie; Tibshirani; Tibshirani, 2020)

3. MATERIAL E MÉTODOS

Iniciou-se o cultivo de 1.266 juvenis de tilápia, provenientes de diferentes famílias, em um sistema de recirculação no Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde - GO. A densidade adotada foi de 50 peixes/m³. Durante um período de quatro meses, os animais foram alimentados com ração comercial extrusada contendo 35% de proteína bruta, com a quantidade ajustada conforme a biomassa e a fase de criação.

Os parâmetros de qualidade da água foram monitorados da seguinte maneira: a temperatura foi medida diariamente no início e no final do dia por meio de um termômetro de mercúrio; o oxigênio dissolvido foi avaliado semanalmente utilizando um medidor digital de oxigênio HI 98186; e o pH foi aferido semanalmente com o auxílio de um pHmetro.

A cada 28 dias, realizaram-se amostragens de 20 peixes para a realização da biometria. Ao término do experimento, os animais foram insensibilizados por meio da secção da medula, conforme proposto por Pedrazzani et al. (2009). Essa técnica foi executada utilizando uma faca inoxidável de 20 cm de comprimento, introduzida por um dos opérculos do peixe na posição de 30°, até atingir a medula, realizando-se imediatamente a secção da mesma. Posteriormente, os peixes foram submetidos à avaliação morfométricas e processados para obtenção dos pesos e rendimentos corporais.

3.1. AVALIAÇÃO MORFOMÉTRICA

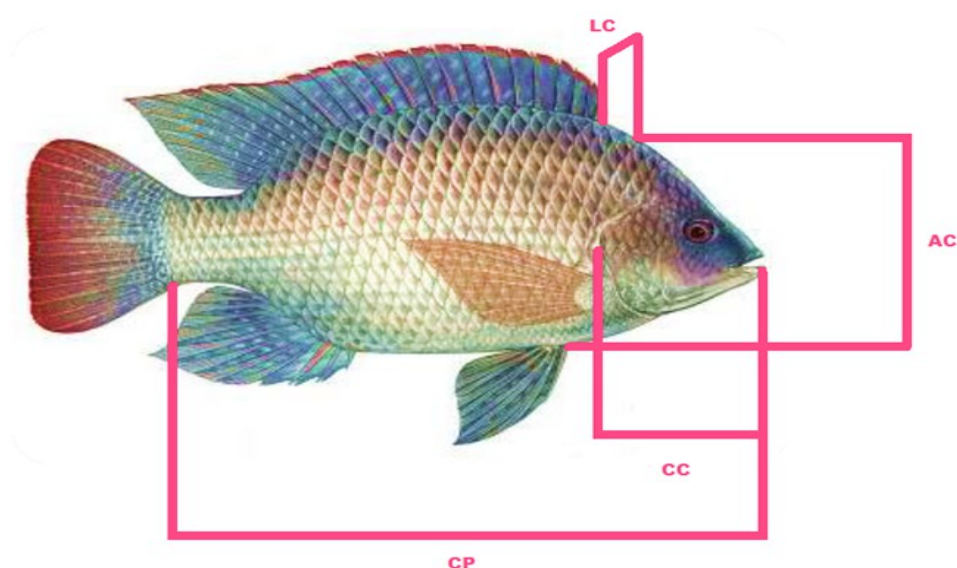


Figura 6 - Medidas morfométricas realizadas na Tilápia. Fonte: myfwc.com; 2023

Comprimento padrão (CP), compreendido entre a extremidade anterior da cabeça e o menor perímetro do pedúnculo (inserção da nadadeira caudal); comprimento de cabeça (CC), compreendido entre a extremidade anterior da cabeça e a borda caudal do opérculo; altura do corpo medida à frente do 1º raio das nadadeiras dorsal (AC); largura do corpo tomada na região do 1º raio das nadadeiras dorsal (LC);

O comprimento padrão será medido através de um ictiômetro e as demais medidas serão realizadas com auxílio de um paquímetro graduado em milímetros (mm).

Como complementação, serão calculadas as seguintes razões morfométricas:

CC/CP = comprimento da cabeça / comprimento padrão;

AC/CP = altura do corpo na linha do 1º raio da nadadeira dorsal / comprimento padrão;

LC/CP = largura do corpo na linha do 1º raio da nadadeira dorsal / comprimento padrão;

CC/AC = comprimento da cabeça / altura do corpo na linha do 1º raio da nadadeira dorsal;

LC/CC = largura do corpo na linha do 1º raio da nadadeira dorsal / comprimento da cabeça;

LC/AC = largura do corpo na linha do 1º raio da nadadeira dorsal / altura do corpo na linha do 1º raio da nadadeira dorsal.

3.2. AVALIAÇÃO DOS PESOS E RENDIMENTOS CORPORAIS

Para obtenção dos pesos e rendimentos corporais, os peixes sacrificados foram eviscerados, pesando-se a carcaça (peixe eviscerado) e peixe inteiro, em seguida a pele foi retirada, juntamente com as escamas, com auxílio de um alicate, no sentido crânio-caudal. Após a retirada da pele, foi seccionado por meio de cortes na linha após a extremidade caudal do opérculo, separando a cabeça do tronco. Com o uso de uma faca de filetagem, foi separado da espinha dorsal (resíduo) o filé com costelas, sendo, posteriormente, os filés separados das costelas e pesados os produtos gerados, para obtenção dos pesos de cada parte.

3.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Inicialmente, foi realizada a consistência do banco de dados para todas variáveis, sendo considerados “*outliers*” valores extremos apresentados em análises “*boxplot*”. Foi realizada a análise de regressão múltipla, sendo utilizado o procedimento *Stepwise* com a função *Backward* para seleção das variáveis, sendo posteriormente realizado a análise de multicolinearidade. Para análise dos dados foi utilizado 70% para obtenção das equações e 30% para validação. Foi considerado como variável dependente o peso corporal das partes corporais, e as independentes as medidas morfométricas e o peso do corporal.

O modelo utilizado para a regressão linear múltipla foi através da Equação:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \dots + \beta_n X_{in} + e$$

Onde, Y: representa a variável dependente, X_{i1} representa a variável explicativa, β_0 é a

constante, β_1 é o coeficiente de cada variável independente, e e representa o erro experimental aleatório (residual).

Posteriormente foi realizada a análise de resíduo e multicolinearidade do modelo obtido. Foi verificado o ajuste dos dados de validação ao modelo obtido, sendo também realizada a análise de resíduo e obtido os valores preditos, sendo comparados como valor observado utilizando o modelo de regressão:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X,$$

Onde, Y: valores observados, X: valores preditos, β_0 intercepto da equação, e β_1

coeficiente angular da equação. A regressão foi avaliada de acordo com as seguintes hipóteses Estatísticas (Neter et al., 1996)

$$H_0: \beta_0 = 0 \text{ and } \beta_1 = 1$$

H_a : not H_0

As análises foram realizadas utilizando o programa computacional R.

4. RESULTADOS

Na tabela 1 são apresentados os parâmetros dos modelos para peso da carcaça, peso da cabeça e peso do filé, ou seja, estimativas, erro-padrão, limite inferior e superior das estimativas e o coeficiente de determinação. Todos os modelos foram simplificados pelo procedimento *Stepwise*, sendo verificado coeficiente de determinação acima de 90% para todos. Podemos observar na tabela a seguir que para o peso da carcaça (pcarcaca), peso da cabeça (pcab) e peso do filé (pfile), observamos coeficientes positivos e negativos.

Tabela 1 Parâmetros, estimativas, erro padrão, limite inferior (LI) e limite superior (LS) e coeficiente de determinação (R²) dos modelos obtidos.

Variáveis ¹	Parâmetro ²	Estimativa ³	Erro Padrão	LI	LS	R ²
pcarcaca	Intercepto	-5,546*	1,737	-8,951	-2,141	0,995
	peso corporal	8,137	7,588	-6,735	23,009	
	cc	-3,347	8,919	-20,828	14,134	
	ac	4,259	7,628	-10,692	19,210	
	accp	-1,493	5,366	-12,010	9,024	

	lcac	7,514*	1,706	4,170	10,858	
	lccc	-6,200*	1,383	-8,911	-3,489	
	Intercepto	-3,969*	1,332	-3,969	1,358	
pcab	peso corporal	2,080	6,078	-3,998	13,993	
	ac	2,391	6,275	-3,884	14,690	0,935
	lc	-3,082*	1,305	-4,387	-0,524	
	ccac	2,770	8,117	-5,347	18,679	
	lccc	2,115*	1,165	0,950	4,398	
pfile	Intercepto	1,663	2,230	-2,708	6,034	
	peso areasuja	2,931	7,443	-11,657	17,519	
	lc	1,128	4,469	-7,631	9,887	
	cccp	-1,155	5,158	-11,265	8,955	0,954
	accp	7,811	4,191	-0,403	16,025	
	lcac	5,722	3,343	-0,830	12,274	
	lccc	-4,830	2,765	-10,249	0,589	

¹pcarcaca: peso da carcaça; pcab: peso da cabeça; pfile: peso do filé. ²cc: comprimento da cabeça; ac: altura do corpo; accp: altura do corpo/comprimento padrão; lcac: largura do corpo/altura do corpo; lccc: largura do corpo/comprimento da cabeça; lc: largura do corpo; ccac: comprimento da cabeça/altura do corpo; cccp: comprimento da cabeça/comprimento padrão. ³ (*): Representa as variáveis com efeito significativo.

Esta tabela apresenta os parâmetros estimados para os modelos de predição do peso da carcaça, cabeça e filé da tilápia (*Oreochromis niloticus*). Os parâmetros incluem estimativas, erros padrões, limites inferiores e superiores das estimativas e o coeficiente de determinação (R^2), que indica a precisão dos modelos. As variáveis independentes consideradas nos modelos são o peso corporal e medidas morfométricas (comprimento da cabeça, altura corporal, razão morfométrica ACCP, LCCC, LCAC). Coeficientes positivos indicam que um aumento na variável independente resulta em um aumento na variável dependente (peso da carcaça, cabeça ou filé), enquanto coeficientes negativos indicam o contrário.

Tabela 2 - Parâmetros, estimativas, erro padrão, limite inferior (LI) e limite superior (LS) e coeficiente de determinação (R^2) dos modelos validados.

Variáveis ¹	Parâmetro	Estimativa	Erro Padrão	R^2
Pcarcacaest	Intercepto	-0,0000185	3,1751070	0,996
	Coefficiente angular	0,9999998	0,0038223	
Pcabest	Intercepto	0,0003771	3,8556856	0,928
	pcabest	0,9999826	0,0152109	
Pfileest	Intercepto	0,0286500	3,1049900	0,966
	Coefficiente angular	1,0001600	0,0106900	

¹p carcacaest: peso da carcaça estimado; pcabest: peso da cabeça estimado; pfileest: peso do filé estimado.

Esta tabela exhibe os parâmetros dos modelos validados, onde os pesos observados são comparados com os pesos preditos. O coeficiente de determinação (R^2) novamente indica a precisão do modelo, com valores acima de 90%, sugerindo alta precisão na predição dos pesos das partes corporais da tilápia. O intercepto e o coeficiente angular são apresentados para cada modelo, indicando a relação linear entre os valores observados e preditos.

5. DISCUSSÃO

Com o procedimento *Stepwise* com a função *Backward* foi reduzido a quantidade de variáveis, obtendo um modelo mais parcimonioso. O que reduz o esforço computacional, e facilita a sua aplicação na prática. Este procedimento também apresenta importância no controle de multicolinearidade causada pela correlação entre as variáveis independentes, que afeta diretamente a precisão dos coeficientes de regressão.

Os modelos de equações obtidos tiveram participação de variáveis distintas, com maior e menor participação de cada uma dependendo de sua importância com a variável dependente. Estudos indicam que a seleção criteriosa de variáveis influentes é crucial para a precisão dos modelos preditivos em processos alimentares (Mattos, 2020).

Os sinais dos coeficientes de regressão das variáveis independentes (peso corporal e variáveis morfométricas) indicam o sentido que cada variável, afeta a variável dependente na equação. Quando o coeficiente é positivo, quanto maior o valor do animal para aquela variável independente, maior será o peso da parte corporal em questão, o inverso segue quando o coeficiente é negativo. Similarmente, estudos destacam que variáveis morfométricas, como o comprimento e a altura do corpo, apresentam coeficientes significativos que indicam seu impacto direto no peso corporal de diferentes espécies de peixes (Perazza et al., 2018).

Os resultados mostraram que o peso corporal afeta positivamente de todos os pesos das partes corporais, sendo a única variável que entrou em todos os modelos. Esse efeito positivo, pode ser explicado pelo fato de as partes aumentarem com o crescimento dos peixes, logo peixe mais pesados também terão maiores pesos de carcaça, cabeça e filé. No estudo de Ullmann et al. (2023), foram analisadas amostras de peixes utilizando técnicas de armazenamento em isopropanol para entender os impactos na morfometria dos peixes. Os autores investigaram como a forma corporal dos peixes é afetada por vários fatores através da relação peso-comprimento.

As medidas morfométricas AC e LC apresentaram afetam positivamente o peso da carcaça e do filé, respectivamente. Os animais durante o crescimento ganham massa corporal em comprimento, largura e altura, conforme em tambaqui (*Colossoma macropomum*), a largura do corpo mostrou-se uma medida eficaz para prever o peso do filé relatado por (Perazza et al., 2018)

Os animais apresentam crescimento heterogônico para cada parte corporal e também para as medidas morfométricas. Em peixes, o peso da carcaça e do filé tende a aumentar proporcionalmente em relação ao peso da cabeça, ou seja, animais menores apresentam menores rendimentos de carcaça e filé e maiores rendimentos de cabeça que animais maiores (Cirne et al., 2019).

Com o crescimento essa relação se inverte, ou seja, há um menor crescimento da cabeça. Isso justifica o coeficiente negativo do CC para o peso da carcaça, ou seja, animais com menores cabeça, apresentam maior peso da carcaça. A largura corporal também apresentou coeficiente negativo com o peso da cabeça, pois a largura corporal percentualmente maior em animais maiores (Cirne et al., 2019).

Os animais sofrem alteração no formato corporal, seja por larguras, alturas ou comprimentos e alteram também os pesos e os rendimentos corporais. Dessa forma os peixes no início da vida têm crescimento isométrico, pois sua proporção corporal se mantém iguais, e a partir de determinada fase eles passam a ter crescimento alométrico onde as suas proporções corporais mudam devido a demandas energéticas distintas advindas de diferentes fontes de estresse (Cirne et al., 2019).

O estresse, o aumento de densidade, de estocagem, alterações bruscas de temperaturas, doenças e restrição alimentar são alguns fatores que influenciam negativamente e diretamente no ganho de peso e formato corporal dos peixes, especialmente a largura corporal (El-Saadony et al., 2021; Dauda et al., 2020)

Os coeficientes de determinação foram altos ($R^2 > 0,90$) para os modelos de predição para todas as partes corporais, ou seja, peso da carcaça, cabeça e filé. Os coeficientes de determinação variam de 0 a 1, quanto mais próximo de 1, mais o modelo explica da variação total dados. Dessa forma, pode-se afirmar que os modelos obtidos apresentam indícios de boa precisão para predição dos pesos de carcaça, cabeça e filé com base nas variáveis utilizadas. Na literatura há indicações que o coeficiente de determinação de um modelo de regressão deve ser superior a 0.7 (Chein, 2019).

Para que um modelo ou equação seja válido é necessário à sua validação, conforme foi realizado no presente trabalho. Os resultados mostraram que o modelo obtido pode ser aplicado para predizer o peso corporal da carcaça, cabeça e filé. Através da validação dos valores reais em função do valor predito, constou-se também alto coeficiente de determinação.

As equações obtidas no presente trabalho podem ser aplicadas por produtores, indústria de processamento e programas de melhoramento como uma forma indireta, simples

e não invasiva de predizer os pesos da carcaça, cabeça de forma eficaz, por meio de medidas morfométrias e peso corporal.

6. CONCLUSÃO

Pode-se concluir que os resultados deste estudo indicam que peso corporal e as medidas morfométricas são ferramentas eficazes para a formulação de equações de predições dos pesos da carcaça, cabeça e filé. Observou-se que cada parte corporal apresentou efeitos distintos entre as variáveis. No entanto todas as equações desenvolvidas foram validadas com sucesso e demonstraram ser precisas e confiáveis, sendo assim, utilizáveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BACELAR, Rafael Gomes Abreu; MURATORI, Maria Christina Sanches. Utilização de resíduos de filetagem de tilápia na tecnologia de alimentos: uma revisão. **Revista Científica Rural**, v. 22, n. 2, p. 263-278, 2020.
2. BLACKWELL, T., et al. Newly discovered cichlid fish biodiversity threatened by hybridization with non-native species. **Molecular Ecology**, 30: 895–911, 2020.
3. BLACKWELL, T.; FORD, A. G.; CIEZAREK, A. G., et al. Genetic resources of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758) in its native range and aquaculture. **Hydrobiologia**, 832, 257-268, 2020.
4. BOTELHO, Hortência Aparecida; LAGO, Aline; DA COSTA, Alisson Lurecio; COSTA, A. C.; REIS NETO, Rafael Vilhena; SILVA, Zoraia; RIBEIRO, Fagner Machado; CAFÉ, Marcos Barcellos; FREITAS, R. T. F. Application of morphometric measures in estimation of body weight and discrimination of *Astyanax lacustris* and *Astyanax fasciatus*. **Aquaculture Research**, v. 50, p. 2429-2436, 2019.
5. BURKE, M.; DRISCOLL, A.; LOBELL, D. B.; ERMON, S. Using satellite imagery to understand and promote sustainable development. **Science**, 371(6535), 2021.
6. CHEIN, Flávia. **Introdução aos Modelos de Regressão Linear: um passo inicial para compreensão da econometria como ferramenta de avaliação de políticas públicas**. Brasília: Enap, 2019.

7. CHEN, L.; PENG, B.; LIN, Y. Algoritmo YOLOv5 aprimorado para previsão em tempo real da produção de peixes em todas as escolas em jaulas. **Jornal de Ciência e Engenharia Marinha**, 12(2), 195, 2024.
8. CHOUDHURY, A.; LEPINE, C.; WITARSA, F.; GOOD, C. Anaerobic digestion challenges and resource recovery opportunities from land-based aquaculture waste and seafood processing byproducts: **A review**. **Bioresource Technology**, 354, 127144, 2022.
9. CIRNE, L. G. A., et al. **Características morfométricas e da carcaça de tambaqui abatidos com diferentes pesos**. Embrapa Roraima-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2019.
10. COOPERBELLUNO. **Cultura de Tilápias**. *Cooperbelluno*, 2021. Disponível em: <https://cooperbelluno.com.br/cultura-de-tilapias/>. Acesso em: 21 jul. 2024.
11. COSTA, Adriano Carvalho. *Piscicultura e Economia*. Londrina - **Pr: Editora e Distribuidora Educacional S.A**, 2017. 157 p.
12. DAUDA, A. B.; ABDULSALAM, I. A.; ASHAF, A. O. **Recent advances in the aquaculture of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)**. *Aquaculture Reports*, v. 17, p. 100351, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352513420300082>. Acesso em: 24 jun. 2024.
13. DURIGON, E. G.; BRITO, L. O.; LIMA, E. C.; SOUZA, F. P.; FUJIMOTO, R. Y. **Tilapia culture in Brazil: technological advancements and future trends**. *Reviews*

- in *Aquaculture*, v. 12, n. 2, p. 1344-1356, 2020. Disponível em:
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/raq.12384>. Acesso em: 24 jun. 2024.
14. DWIVEDI, A. K.; VERMA, H. O.; DEWAN, S. Diversification of body shape in Catfishes of the Ganga River. **National Academy Science Letters**, v. 45, p. 497-502, 2022.
15. EI-SAADONY, M. T., et al. The functionality of probiotics in aquaculture: An overview. **Fish & Shellfish Immunology**, 117, 36-52, 2021.
16. EMBRAPA PESCA E AQUICULTURA. **Pesquisa de mercado de peixes de cultivo no Brasil**. Embrapa, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/pesca-e-aquicultura>. Acesso em: 3 de junho de 2024.
17. FANG, M.; CHIN, P.; SUNG, W.; CHEN, T. Physicochemical and Volatile Flavor Properties of Fish Skin under Conventional Frying, Air Frying and Vacuum Frying. **MDPI**, v. 28, 2024.
18. FAO. **FishStatJ - Software for Fishery and Aquaculture Statistical Time Series**. Food and Agriculture Organization, 2023. Disponível em:
<http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en>. Acesso em: 3 de junho de 2024.
19. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). **FishStatJ - Software for Fishery Statistical Time Series**. 2023. Disponível em:
<http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en>. Acesso em: 3 de junho de 2024.

20. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2020**. Rome: FAO, 2020.
21. FUNBIO. **Identificação de estoques pesqueiros**. Programa de Pesquisa Marinha e Pesqueira. Disponível em: https://www.funbio.org.br/programas_e_projetos/pesquisa-marinha-e-pesqueira/identificacao-de-estoques-pesqueiros/. Acesso em: 21 jul. 2024.
22. HASTIE, Trevor; TIBSHIRANI, Roberto; TIBSHIRANI, Ryan. Melhor subconjunto, Forward Stepwise ou Lasso? **Análise e recomendações baseadas em extensas comparações**. Estatista. Ciência., 35 (4) 579 - 592, novembro de 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1214/19-ST5733>. Acesso em: 7 de junho de 2024.
23. HU, R.; KERRY, J. P.; TIWARI, B. K. Advances in hyperspectral remote sensing of vegetation traits and fish yield. **Scientific Reports**, v. 10, p. 2308-2316, 2022.
24. JIANG, H.; LI, X.; YANG, Y. **Desenvolvimento e aplicação de um sistema portátil automático de pesagem de peixes em aquicultura**. Pesquisa em Aquicultura, Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-95-303-0000-8>, 2020. Acesso em: 17 de junho de 2024.
25. JIANG, L.; LIU, Q.; WANG, Y. **Application of machine learning in intelligent fish aquaculture: A review**. Aquaculture Reports, v. 17, p. 100351, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352513420300082>. Acesso em: 24 jun. 2024.
26. KASUMYAN, A. O.; SIDOROV, S. S. Fish growth trajectory tracking using Q-learning in precision aquaculture. **Aquaculture**, 550, 737838, 2022.

27. KOHL, I. N., et al. Assessment of Morphometric and Meristic Characters of Fish Populations Using Advanced Image Analysis Techniques. **Aquaculture Research**, 54(1), 45-56, 2023
28. LIMA, E. C.; RIBEIRO, L. P.; SANTOS, V. **Avaliação de sistemas de pesagem manual e automática de tilápia na piscicultura**. Revista de Aquicultura Aplicada, 33(2), 10. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10454438.2021.1881568>. 2021. Acesso em: 24 jun. 2024.
29. LÓPEZ-RIVEROS, C.A.; MERINO, G.E.; FLORES-GATICA, H. Precision biometrics data of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in commercial grow-out sea-cages: manual sampling and infrared diode frames compared to processing plant. **Aquaculture Engineering**, 95, 102179, 2021.
30. LUIZ, Danielle de Bem; SANTOS, Viviane Rodrigues Verdolin dos (Eds.). **Processamento sustentável de peixes: relatos de casos em indústrias**. Brasília, DF: **Embrapa**, 2024.
31. MATTOS, Belchior. **Modelos Lineares: Conceitos e Aplicações Biológicas**. Janeiro de 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/360792016_Modelos_Lineares_Conceitos_Aplicacoes_Biologicas. Acesso em: 21 jul. 2024.

32. NATTABI, J. K., et al. Morphometric Variations of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Local Strains Collected from Different Fish Farms in South Western Highland Agro-Ecological Zone (SWHAEZ), Uganda. **Fishes**, 8(4), 217, 2023.
33. NETER, John et al. Modelos estatísticos lineares aplicados. 1996. Disponível em: <<https://mubert.marshall.edu/bert/syllabi/310720160114404301635160.pdf>>. Acesso em: 01 de mai. 2024.
34. PEDRAZZANI, A. S., et al. From egg to slaughter: monitoring the welfare of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, throughout their entire life cycle in aquaculture. **Frontiers**, 2023.
35. PEIXE BR. **Anuário 2023: Associação Brasileira de Piscicultura**. Associação Brasileira de Piscicultura, 2023. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/anuario/>. Acesso em: 15 jun. 2023.
36. PERAZZA, Caio Augusto; PINAFFI, Fabio Luís Valério; SILVA, Luciano Andrade; HILSDORF, Alexandre Wagner Silva. **Avaliação da utilização de ultrassonografia para predição da área de olho de lombo em tambaquis**. Bol. Inst. Pesca, 44(1): 73-84, 2018. Disponível em: <https://institutedepesca.org/index.php/bip/article/view/1108>. Acesso em: 21 jul. 2024.
37. REMONDINO, F. **Heritage Recording and 3D Modeling with Photogrammetry and 3D Scanning**. Remote Sensing, 15(4), 1116, 2023. Disponível em: MDPI.

38. ROSA, João. **Aquicultura no Brasil: importância econômica, social e ambiental**. Agrolink, 2020. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/colunistas/coluna/aquicultura-no-brasil_435306.html. Acesso em: 21 jul. 2024.
39. RUFF, J., et al. Automated Morphometric Analysis in Fisheries Science: Applications and Future Directions. **Marine Biology**, 170(5), 89, 2023.
40. SALAZAR CUYTUN, R.; MAGAÑA MONFORTE, J.; SEGURA CORREA, J. C.; DELGADO, J. V. Prediction of live weight in growing hair sheep using the body volume formula. **Tropical Animal Health and Production**, 54, 101, 2022.
41. SASAKI, Kemylin. **Farinha e óleo de peixe**. *Artigos técnicos da Graxaria*. Editora Estilo, 2017. Disponível em: <https://www.editorastilo.com.br/graxaria/artigos-tecnicos-graxaria/farina-e-oleo-de-peixe/>. Acesso em: 21 jul. 2024.
42. SHUAI, F.; LI, J. Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758) Invasion Caused Trophic Structure Disruptions of Fish Communities in the South China River— Pearl River. **Biology**, 11(11), 1665, 2022.
43. ULLMANN, Jennifer; et al. Long-term isopropanol storage effects on fish morphometrics: Implications for biorepository storage practices. *Journal of Fish Biology*. **Revista PLoS One**. 2019; 14(3): e0213915. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6428252/>. Acesso em: 21 jul. 2024.

44. WANG, L.; CHEN, L.; PENG, B.; LIN, Y. Algoritmo YOLOv5 aprimorado para previsão em tempo real da produção de peixes em todas as escolas em jaulas. **Jornal de Ciência e Engenharia Marinha**, 12(2), 195, 2024.