



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
NÚCLEO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA TROPICAL  
Campus Ministro Petrônio Portela, Teresina, Piauí, Fone: (86) 3215-5753**

**LUCIANO SOUSA DE BRITO**

**ÓLEO DE BURITI (*Mauritia flexuosa*) COMO ALIMENTO FUNCIONAL PARA  
TILÁPIA (linhagem Tilamax-G12) *Oreochromis niloticus*: DESEMPENHO,  
QUALIDADE DO FILÉ E RESISTÊNCIA DA PELE**

Teresina- PI  
Setembro de 2024

**LUCIANO SOUSA DE BRITO**

**Óleo de Buriti (*Mauritia flexuosa*) como Alimento Funcional para tilápia (linhagem Tilamax-G12) *Oreochromis niloticus*: Desempenho, Qualidade do Filé e Resistência da Pele**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia Tropical da Universidade Federal do Piauí (UFPI) na área de Produção Animal, como pré-requisito para obtenção do título de doutor em Zootecnia tropical. Área de concentração: Produção Animal

Orientadora: Profa. Dra. Leilane Rocha Barros Dourado  
Coorientadora: Profa.. Dra. Hatawa Melo de Almeida Monteiro

Teresina- PI  
Setembro de 2024

FICHA CATALOGRÁFICA  
Universidade Federal do Piauí  
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Agrárias  
Serviço de Processos Técnicos

B862c Brito, Luciano Sousa de  
Comportamento alimentar e desempenho zootécnico da tilápia (*Oreochromis niloticus*) submetida a diferentes manejos alimentares. / Luciano de Sousa Brito .-- 2020.  
47 f. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal - Teresina, 2020.

“Orientador: Prof. Dr. Severino Cavalcante de Sousa Júnior .”

1. Alimentação animal. 2. Alimentador automático. 3. Bem-estar.  
4. Comportamento. I. Título.


CDD 636.3084

**ÓLEO DE BURITI (MAURITIA FLEXUOSA) COMO ALIMENTO  
FUNCIONAL PARA TILÁPIA (OREOCHROMIS NILOTICUS):  
DESEMPENHO, QUALIDADE DO FILÉ E RESISTÊNCIA DA PELE**

**LUCIANO SOUSA DE BRITO**


**Tese aprovada em: 30/09/2024**

**Banca Examinadora:**

Documento assinado digitalmente  
 **LEILANE ROCHA BARROS DOURADO**  
Data: 02/10/2024 11:35:32-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


---

**Profa. Dra. Leilane Rocha Barros Dourado (Presidente) / DZO/CCA/UFPI**

Documento assinado digitalmente  
 **DAYSEANNY DE OLIVEIRA BEZERRA**  
Data: 02/10/2024 15:44:32-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


---

**Profa. Dra. Dayseanny de Oliveira Bezerra (Externa) / IFPI**

Documento assinado digitalmente  
 **HATAWA MELO DE ALMEIDA MONTEIRO**  
Data: 08/10/2024 15:16:50-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


---

**Profa. Dra. Hatawa Melo de Almeida Monteiro (Interna) / DMV/CCA/UFPI**

Documento assinado digitalmente  
 **LUIS RICARDO ROMERO ARAUCO**  
Data: 02/10/2024 13:05:49-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


---

**Prof. Dr. Luis Ricardo Romero Arauco (Interno) / DZO/CCA/UFPI**

Documento assinado digitalmente  
 **JOHNNY MARTINS DE BRITO**  
Data: 05/11/2024 16:37:22-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Prof. Dr. Johnny Martins de Brito (Externo) / IFAM**

Documento assinado digitalmente  
 **RONY RIVEROS LIZANA**  
Data: 08/11/2024 16:20:54-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Dr. Rony Riveros Lizana (Externo) / FCAV/UNESP-Jaboticabal**

## **DEDICATÓRIA**

*Dedico primeiramente toda honra e toda glória a Deus, e a minha família (Gabriela, Pérola e Cristal) por ser a minha fonte de inspiração e força para seguir, à minha mãe aparecida, meus irmãos e irmãs, meu tio Manoel Marques e família.*

## **AGRADECIMENTOS**

Ao pai todo poderoso (DEUS). Até aqui nos sustentou o Senhor: Samuel, 7:12.

As minhas filhas Pérpla Caroline e Cristal Brito, por serem minha luz, fonte de inspiração e dádiva de Deus.

A minha mãe e todos os demais familiares pelo apoio e incentivo durante a minha caminhada.

A minha esposa Gabriela Caroline, por todo cuidado e companheirismo.

A família da minha esposa (Jucí e Lucimary), pelo apoio durante a caminhada e a vida.

À minha orientadora, professora Dra. Leilane Rocha Barros Dourado, pela confiança, paciência, minha eterna gratidão por todos os ensinamentos.

Ao aluno de iniciação científica Isabella, Marislane, Marcos Lenin dos Santos, João Gilberto, Alair Alves, Joicy Garcês, Airton Menezes, Maysa e Thais Látia, Lara, Luana, Isabella pelo auxílio no experimento no campo e no laboratório.

Ào coordenador do biotério de piscicultura Prof. Dr. Luis Ricardo Romero Arauco.

Aos servidores da UFPI/Departamento de Zootecnia, Prof. Dra. Vânia,  
Dayane Miranda, Savio.

Aos terceirizados do biotério de piscicultura da UFPI: Beatriz (Bia), José da Cruz (Zé), Isaias, Flavio, Kleber e Edinelson.

***Entrega teu caminho ao Senhor, confia nele, e Ele tudo fará. Sl 37:5.***

## SUMÁRIO

RESUMO.....	13
ABSTRACT .....	14
1. INTRODUÇÃO.....	14
2. CAPÍTULO 1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1. Produção aquícola e piscícola.....	17
2.2. Tilápia do nilo ( <i>Oreochromis niloticus</i> ).....	17
2.3. Qualidade do filé de tilápia .....	18
2.4. Aditivos e alimentos funcionais em dietas para peixe .....	19
2.5. Óleo de buriti ( <i>Mauritia flexuosa L.</i> ) em dietas para peixes .....	19
2.6. Colágeno derivado de peixe .....	21
3. REFERÊNCIAS .....	21
RESUMO.....	28
ABSTRACT .....	29
1. INTRODUÇÃO .....	29
2. METODOLOGIA.....	30
2.1. Instalações e condições experimentais .....	30
2.2. Delineamento experimental.....	31
2.3. Dietas experimentais .....	31
2.4. Desempenho zootécnico .....	32
2.5. Rendimento corporal e Índice viscerossomático, rendimento filé e peso relativo da pele .....	32
2.6. Qualidade do filé.....	33
2.7. Monitoramento de qualidade da água.....	35
2.8. Análise estatística .....	35
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	35
3.1. Qualidade da água .....	35
3.2. Desempenho produtivo .....	36
3.3. Índice viscerossomático, rendimento filé e peso relativo da pele .....	37
3.4. Qualidade do filé.....	38
4. CONCLUSÕES.....	41
5. REFERÊNCIAS.....	41
CAPÍTULO 3 .....	46
RESUMO.....	47
ABSTRACT .....	48
Introdução .....	49
Material e métodos.....	50
Declaração de Ética .....	50
Instalações e condições experimentais.....	50
Coleta das amostras da pele.....	51
Avaliação histológica da pele .....	51
Testes de tração nas peles .....	52
Análise estatística .....	53
Resultados .....	53
Avaliação histológica da pele .....	53
Avaliações de resistência a tração das peles.....	55

Discussão.....	57
Avaliação histológica da pele .....	57
Avaliação tensionamento da pele.....	58
Conclusões.....	60
Referências .....	60

## LISTA DE ABREVIATURAS

<b>a*</b>	Coordenada de cor vermelho/verde (+a indica vermelho e -a indica verde)
<b>b*</b>	Coordenada de cor amarelo / azul (+b indica amarelo e -b indica azul)
<b>CA</b>	Conversão Alimentar
<b>CEEA</b>	Comitê de Ética e Experimentação Animal
<b>CONCEA</b>	Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal
<b>CR</b>	Consumo de Ração
<b>CV</b>	Coeficiente de Variação
<b>GP</b>	Ganho de peso
<b>L*</b>	Luminosidade
<b>M</b>	Metro
<b>MON</b>	Monócitos
<b>RAS</b>	<b>Sistemas de recirculação de água</b>
<b>OB</b>	Óleo de buriti
<b>PB</b>	Proteína bruta
<b>PPC</b>	Perda de peso por cocção
<b>RC</b>	Rendimento de carcaça
<b>UFPI</b>	Universidade Federal do Piauí

## LISTA DE TABELAS

### **Artigo 1 - Óleo de Buriti (*Mauritia flexuosa*) como Alimento Funcional para tilápia (linhagem Tilamax-G12) *Oreochromis niloticus*: Desempenho, Qualidade do Filé.**

Tabela 1: Efeito da incorporação de óleo de buriti (OB) nas rações sobre os parâmetros de desempenho de tilápias ..... 36

Tabela 2: Efeito dos níveis de óleo de buriti (OB) sobre os parâmetros de carcaça ..... 38

Tabela 3: Efeito da incorporação de óleo de buriti (OB) na ração de tilápias sobre os parâmetros de qualidade do filé, após 90 dias de consumo..... 40

## LISTA DE FIGURAS

**Artigo 1** - Óleo de Buriti (*Mauritia flexuosa*) como Alimento Funcional para tilápia (linhagem Tilamax-G12) *Oreochromis niloticus*: Desempenho, Qualidade do Filé.

Figura 1: Representação das áreas dos filés de tilápia onde foi aferido as cores (D1, D2 e V1). ..... 34

Figura 2: Representação das porções que foram coletadas para os testes de perda de peso por cocção (PPC) e perda por gotejamento (PPG). ..... 35

**Artigo 2** - Óleo de buriti (*Meurriata flexuosa*) incluído na dieta da tilápia (linhagem Tilamax-G12) *Oreochromis niloticus* como promotor de colágeno na pele

Figura 1: (A) Máquina de Teste Universal EMIC DL 30000 com célula de carga de 500N, (B) corpos de prova cortados em formato retangular, medindo 10,0 x 2,5 cm e (C) corpo de prova posicionado entre as garras..... 53

Figura 2: Avaliação da intensidade do colágeno na pele de peixe tilápia submetida a dieta com 1, 2 e 3% de óleo do buriti..... 54

Figura 3: Fotomicrografia mostrando: A - intensidade de colageno leve (grupo controle), B - Intensa (1%), C - moderada (2%); D – leve (3%) para os grupos que receberam a dieta contendo óleo de buriti. Tricrômico de MassonAvaliações de resistência a tração das peles ..... 55

Figura 4: A - pele dos animais alimentados pelo período de 61 dias, carga máxima variando de 10,95N/mm<sup>2</sup> a 12,38 N/mm<sup>2</sup>, grupo controle 10,10 N/mm<sup>2</sup> (P>0,05). B - pele dos animais do período de 90 dias, cargas máximas de 11,75 N/mm<sup>2</sup>, 16,26N/mm<sup>2</sup> (P<0,05), 13,84N/mm<sup>2</sup> e 10,32N/mm<sup>2</sup>, maior resistência no grupo que foi tratado com a dieta 1%..... 56

Figura 5: A – Peso da pele e peso relativo com 61 dias de dieta com óleo de buriti; B - Peso da pele e peso relativo com 90 dias de dieta com óleo de buriti.. 57

Figura 6: A) Estrutura das fibras de colágeno, fibrilas, hélices triplas de cadeias alfa e resíduos de aminoácidos, 4-hidroxiprolina (Hyp), glicina (Gly) e prolina, fonte: (Jafari et al., 2020) .....59

Brito, L. S. Óleo de Buriti (*Mauritia flexuosa*) como Alimento Funcional para tilápia (linhagem Tilamax-G12) *Oreochromis niloticus*: Desempenho, Qualidade do Filé e Resistência da Pele. 2024. 61 p. Tese (Doutorado em Zootecnia Tropical) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2024.

## RESUMO

A busca e descoberta de alternativas viáveis para nutrição e alimentação de peixes em sistemas de cultivo, e que contribuam para manutenção da saúde, crescimento e qualidade da carne, são ações importantes e necessárias, que precisam ser buscadas constantemente. A presente pesquisa objetivou caracterizar os efeitos da incorporação de óleo de buriti (*Mauritia flexuosa*) na ração sobre o desempenho zootécnico, qualidade do filé, rendimento e resistência a tração da pele da tilápia (*Oreochromis niloticus*), cultivadas em sistemas de recirculação (RAS). Foram utilizados 200 juvenis de tilápia, peso médio inicial  $84,64 \pm 3,54$ . Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos 0% (controle); 1%, 2% e 3% de óleo de buriti (OB) na dieta), cinco repetições, e 10 peixes por repetição. Para os resultados de desempenho identificou-se diferença significativa para variável IVCS ( $P < 0,05$ ), para as demais variáveis (CRM, PMF, GP, SOBR, CAL, IEA e FK) não houve diferença significativa ( $P > 0,05$ ). As variáveis físicas de pH, perda de peso por cocção (PPC), perda por gotejamento (PPG),  $L^*$  (luminosidade),  $a^*$  (intensidade de vermelho),  $b^*$  (intensidade de amarelo) do filé do peixe não apresentaram diferença estatística ( $P > 0,05$ ) pela inclusão de óleo de buriti na dieta quando avaliados logo após o abate. Porém após 24 horas, houve diferença significativa nas cores  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  do filé dos animais que ingeriram rações contendo 1% de óleo de buriti. A cor  $b^*$  ( $CORb = -0,392 - 0,6214OB$ ,  $R^2 = 0,90$ ) reduziu (-0,46, -0,50, -1,87 e -2,47) a medida que aumentou a incorporação de OB na ração. Não houve diferença ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos para variável peso relativo da pele, contudo observou valores médios crescentes (2,64, 2,72, 2,79 e 2,98) seguindo a proporção de OB incorporado na ração. A incorporação de óleo de buriti em até 1% na ração proporciona maior tração da pele indiciando indiretamente maior concentração de colágeno. A maior resistência possivelmente foi promovida pelo aumento de fibras colágenas na pele da tilápia, resultante da alimentação com

óleode buriti, que pode estar relacionado ao seu alto perfil de carotenoides, tocoferóis e ácidos graxos.

**Palavras-chave:** colágeno, peixes, microscopia, resistência da pele.

## **ABSTRACT**

The search for and discovery of viable alternatives for fish nutrition and feeding in farming systems that contribute to maintaining health, growth and meat quality are important and necessary actions that need to be constantly sought. This study aimed to characterize the effects of incorporating buriti oil (*Mauritia flexuosa*) into the diet on the zootechnical performance, fillet quality, yield and skin tensile strength of tilapia (*Oreochromis niloticus*) farmed in recirculation systems (RAS). Two hundred juvenile tilapia were used, with an initial average weight of  $84.64 \pm 3.54$ . A completely randomized design was used, with four treatments (0% (control); 1%, 2% and 3% buriti oil (OB) in the diet), five replicates, and 10 fish per replicate. For the performance results, a significant difference was identified for the IVCS variable ( $P < 0.05$ ); for the other variables (CRM, PMF, GP, SOBR, CAL, IEA and FK), there was no significant difference ( $P > 0.05$ ). The physical variables of pH, cooking weight loss (CWL), drip loss (DWL),  $L^*$  (luminosity),  $a^*$  (red intensity),  $b^*$  (yellow intensity) of the fish fillet did not show statistical difference ( $P > 0.05$ ) due to the inclusion of buriti oil in the diet when evaluated immediately after slaughter. However, after 24 hours, there was a significant difference in the colors  $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$  of the fillet of animals that ingested diets containing 1% buriti oil. The color  $b^*$  ( $CORb = -0.392 - 0.6214OB$ ,  $R^2 = 0.90$ ) decreased (-0.46, -0.50, -1.87 and -2.47) as the incorporation of OB in the diet increased. There was no difference ( $P > 0.05$ ) between treatments for the variable relative skin weight, however, increasing mean values (2.64, 2.72, 2.79 and 2.98) were observed according to the proportion of OB incorporated in the diet. The incorporation of up to 1% of buriti oil in the diet provides greater skin traction, indirectly indicating a higher concentration of collagen. The greater resistance was possibly promoted by the increase in collagen fibers in the skin of tilapia, resulting from feeding with buriti oil, which may be related to its high profile of carotenoids, tocopherols and fatty acids.

**Key words:** collagen cells, fish, microscopy, skin resistance.

## **1. INTRODUÇÃO**

A aquicultura mundial está cada vez mais diversificada e intensiva, devido ao uso de novas tecnologias, tendo crescido muito nas últimas décadas e contribuído significativamente para melhoria da segurança alimentar e redução da pobreza no mundo. As grandes empresas de aquicultura que reconhecem o potencial desta importante atividade, têm investido em estudos e produção de diversos segmentos produtivos das mais diversas espécies de peixe (Araujo *et al.*, 2022).

A piscicultura é um segmento da aquicultura, sendo uma atividade milenar, que com o passar do tempo se tornou um importante sistema de produção agrícola. Para obter os resultados planejados, a sustentabilidade e competitividade da piscicultura, não basta apenas enquadrá-la na legislação ambiental vigente, é preciso definir as boas práticas de manejo (BPF) que estabeleçam procedimentos adequados, quanto à densidade de estocagem ideal, a intensidade de cultivos, e a quantidade máxima a ser utilizada tanto para ração quanto para fertilizantes químicos e orgânicos (Araujo *et al.*, 2022).

A piscicultura brasileira se destaca no cenário mundial nos últimos anos com a produção da tilápia (*Oreochromis niloticus*). O Brasil tem ocupado por quatro anos consecutivos a quarta posição no ranking mundial de produção mundial da espécie, em que no ano de 2023, produziu mais de 665 mil toneladas da espécie, ficando atrás apenas da China, Indonésia e Egito (Peixe BR, 2024).

Esse setor tem se intensificado com o tempo devido ao advento de novas práticas de criação e uso crescente de tecnologia (FAO, 2024). No entanto, a intensificação crescente e a criação indiscriminada e comercializada de peixes têm causado grande exposição das espécies cultivadas ao aumento da incidência de doenças infecciosas (Siddik *et al.*, 2022). Em função desse quadro, surge a necessidade de melhorar a resistência às doenças, as taxas de crescimento e o aproveitamento da dieta fornecida, assim nascem a demanda do uso de alternativas aos antimicrobianos em práticas de piscicultura.

As matérias-primas utilizadas na produção de rações para o setor da aquicultura são produtos derivados principalmente da pesca. Ao longo de alguns anos, previu-se que o uso de óleo de peixe como única fonte de energia dietética em rações para aquicultura não seria financeiramente sustentável a longo prazo (Tacon; Metian, 2008).

A necessidade de utilização de fontes alternativas para a fabricação de rações tem levado à substituição parcial da matéria-prima do pescado por ingredientes de origem vegetal na formulação de dietas comerciais. Contudo pesquisas de avaliação de alimentos e aditivos que possam melhorar o aproveitamento de nutrientes, saúde, bem estar dos animais e qualidade dos produtos têm sido realizadas nas últimas décadas devido à retirada dos antibióticos como aditivos das dietas dos animais, principalmente em função do risco de resistência antimicrobiana (Gobi *et al.*, 2018; Kesarcodi-Watson *et al.*, 2008; Lebda *et al.*, 2019).

Muitas abordagens tradicionais são desenvolvidas para combater doenças infecciosas e melhorar o desempenho do crescimento de peixes na aquicultura. Os produtos naturais são de grande interesse em aplicações de aquicultura para melhorar o sistema imunológico dos peixes e, assim, aumentar sua capacidade de resistência a doenças e promover o desempenho do crescimento (Ji *et al.*, 2007).

Dentro desse contexto poderiam ser incluídos o uso de alimentos funcionais e nutracêuticos. Os nutracêuticos desempenham um papel vital nos seres, mantendo suas funções fisiológicas normais e bem-estar. Termos comumente usados na nutrição humana, pois na alimentação animal geralmente define-se como ingredientes ou aditivos, os componentes da ração. Vários ingredientes, nutrientes ou extratos têm sido usado com esse objetivo na nutrição de animais para fins comerciais (Ashraf *et al.*, 2020; Nasri *et al.*, 2014; Suleria *et al.*, 2015)

O óleo de buriti (*Mauritia flexuosa*), tem despertado o interesse das indústrias alimentícia em razão das suas propriedades físico-química e nutricional, pelo alto teor de ácidos graxos insaturados, carotenóides, efeitos antioxidante, antidiabético, antibacteriana, cicatrizante e fotoprotetora, em baixas concentrações do óleo (Aquino *et al.*, 2023; Batista *et al.*, 2012; Milanez *et al.*, 2018; Pereira *et al.*, 2020). Desta forma, o óleo de buriti pode ser considerado um alimento funcional, pois, além de seu valor nutritivo, possui propriedades terapêuticas benéficas a saúde animal.

O óleo de buriti tem potencial terapêutico comprovado, podendo ser utilizado como antibactericida, cicatrizante, fotoprotetor e fitoterápico entre outros fins, no entanto, estudos que atestam a real atividade do seu óleo na composição

alimentar de peixes ainda são escassos (Aquino *et al.*, 2023). Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito da inclusão de óleo de buriti como alimento funcional em dietas para tilápias (*Oreochromis niloticus*) em sistemas de recirculação de água - RAS, avaliando o desempenho produtivo e qualidade do filé e resistência da pele.

## **2. CAPÍTULO 1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Produção aquícola e piscícola**

A aquicultura é considerada o principal setor de produção de alimentos em desenvolvimento globalmente. A FAO considera a aquicultura como uma atividade estratégica para produção de alimento para combater a fome no mundo. Estima-se que a produção global de peixe tenha atingido cerca de 185 milhões de toneladas em 2022, com um valor total de primeira venda estimado em USD 452 bilhões, dos quais 85 milhões de toneladas, avaliadas em U\$\$ 296 bilhões, vieram de produção aquícola (FAO, 2024).

A crescente demanda por alimentos em especial por peixes e outros animais aquáticos, estimula a busca pelo aprimoramento de práticas que contribua para aumentar a produção de organismos aquáticos no mundo. A aquicultura fornece condições de crescimento tecnologicamente gerenciadas para os estoques de peixes em áreas de água restrita, capazes de garantir uma grande quantidade de alimentos (Laine *et al.*, 2023).

A intensificação da aquicultura, incluindo a piscicultura, implica aumento de insumos alimentares com a conseqüente geração e acúmulo de derivados, incluindo ração não consumida ou lixiviada, fezes, compostos nitrogenados e fosforados, sólidos orgânicos/inorgânicos e outras substâncias (Ortiz-Estrada *et al.*, 2021). Essa situação leva a um estresse adicional nos organismos cultivados e no ecossistema, aumentando possibilidades do surgimento de enfermidades.

A integração da aquicultura em sistemas alimentares locais sensíveis à nutrição, circulares e sustentáveis deve se tornar o principal impulsionador para o futuro desenvolvimento do sistema de aquicultura (Verdegem *et al.*, 2023).

### **2.2. Tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*)**

A tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) é uma espécie comercial cultivada internacionalmente recomendada pela Organização das Nações Unidas para

Agricultura e Alimentação, é cultivada em mais de 100 países e regiões. É destaque na aquicultura nacional e mundial por ser uma das poucas espécies que se adapta e apresenta bom desenvolvimento em condições de cultivo intensivo e superintensivo (Yuan *et al.*, 2017).

A produção mundial da tilápia do Nilo aumentou rapidamente nos últimos 40 anos, acelerada pela ampliação das práticas agrícolas. A intensificação da produção de tilápia visa aumentar a produtividade otimizando a eficiência do uso de recursos como, água, ração, medicamentos e mão de obra (Konnert *et al.*, 2022).

As tilápias cultivadas em sistemas de elevadas intensidades estão expostas a vários fatores estressores produzidos pela qualidade da água, número elevado de animais por área e competitividade. Condições inadequadas nos sistemas de criação podem enfraquecer o sistema imunológico dos peixes e podem facilmente causar infecções por microrganismos naturais (Dawood *et al.*, 2019).

### **2.3. Qualidade do filé de tilápia**

Nos últimos anos, o consumo de peixe em todo o mundo tem aumentado devido ao seu preço relativamente baixo e alto valor nutricional (Li *et al.*, 2023). Portanto a aquicultura e pesca, fornecem uma fonte importante de dietas de proteína animal para humanos em todo o mundo, especialmente em regiões em desenvolvimento e subdesenvolvidas, onde o consumo de proteína de peixe atingiu aproximadamente 20% do consumo diário de proteína animal (FAO, 2022).

O desenvolvimento sustentável da aquicultura é uma abordagem convincente para aumentar a produção global de peixes e melhorar a nutrição humana e a segurança alimentar. Em particular, a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) é uma espécie amplamente distribuída que pode atender à crescente demanda por peixes por uma população humana cada vez maior. O manejo da saúde dos peixes é uma grande preocupação na aquicultura, e estratégias que incorporam produtos naturais têm sido propostas para promover o crescimento e a saúde dos peixes (Baldissera *et al.*, 2020).

Práticas intensivas de piscicultura com alta densidade de estocagem tendem a induzir estresse crônico, resultando em diminuição do desempenho do crescimento, imunossupressão e distúrbios metabólicos, que estão intimamente

associados à diminuição da qualidade do filé dos peixes (ANDERS et al., 2023). Além do mais, a carne de peixe é extremamente suscetível à oxidação devido ao alto teor de lipídios e proteínas (Shao *et al.*, 2023).

#### **2.4. Aditivos e alimentos funcionais em dietas para peixe**

O uso de antibióticos nas rações aquáticas para aumentar o desempenho de crescimento ou para mitigar doenças infecciosas é comumente praticado. O uso profilático de antibióticos e quimioterápicos foi criticado, o que acabou levando à proibição na aquicultura por lei em muitos países (Dawood; Koshio; Esteban, 2018).

É necessário reduzir o uso de antibióticos para reduzir a velocidade de desenvolvimento de resistência e monitorar patógenos e genes resistentes nas produções de aquicultura (Sun et al., 2020). Uma alternativa promissora para promover o desempenho do crescimento e aumentar a resistência imunológica em peixes é o uso de aditivos funcionais para rações (Dawood et al., 2015).

A administração dietética de aditivos funcionais para rações tem sido sugerida como uma abordagem alternativa ecologicamente correta para aumentar a resposta imune dos peixes e minimizar o risco associado ao uso de quimioterápicos (Dawood et al., 2019; Dawood; Koshio; Esteban, 2018; Vijayaram et al., 2022).

Compostos idênticos aos naturais podem ser considerados uma alternativa promissora para serem adicionados às dietas de peixes para promover o desempenho do crescimento, manipular a microbiota intestinal e melhorar o estado imunológico e oxidativo dos peixes, bem como controlar infecções bacterianas nesta importante indústria aquática (Esteban, 2022).

#### **2.5. Óleo de buriti (*Mauritia flexuosa L.*) em dietas para peixes**

O Buriti (*Mauritia flexuosa L.*) é uma palmeira que pertence à família *Palmaeou Arecaceae*, podendo ser encontrado em diferentes estados brasileiros é comumente encontrada em áreas alagadas, igapós, beira de igarapés e rios, sendo visivelmente encontrada em grandes concentrações (Santos *et al.*, 2011). O fruto do buriti tem um formato elíptico a oval, envolto por um pericarpo (ou casca), composto por escamas triangulares castanho-avermelhadas. O

mesocarpo (polpa ou massa) é fino, alaranjado, carnosos e oleosos variando entre 2 a 5 cm de diâmetro, e 15 a 75 g cada (Sampaio; Carrazza, 2012).

O fruto do buriti possui elevado valor nutricional, quando comparado com outras frutas apresentam vitaminas do complexo B, vitamina A e, minerais em quantidades importantes, como cálcio, ferro e selênio (Manhães; Sabaa-Srur, 2011).

O óleo de buriti é uma fonte vegetal rica em tocoferóis e carotenoides, principalmente o betacaroteno, apresentando uma concentração em sua composição, cuja a principal função biológica é a atividade de precursor de vitamina A (Albuquerque et al., 2005). Além disso, possui expressiva quantidade de vitamina E na forma de tocoferol (Darnet et al., 2011). Na composição do óleo de buriti contém elevados teores de ácidos graxos monoinsaturados (AGM), destacando-se o ácido oleico com média de 73% de AGM. Os óleos monoinsaturados possuem uma grande importância devido à propriedade de reduzir o nível de colesterol LDL no sangue. O óleo de buriti apresenta em média 3% de ácido linoléico e 2% de ácido linolênico (Manhães; Sabaa-Srur, 2011).

A extração de óleos vegetais envolve várias operações preliminares, geralmente a extração do óleo de buriti ocorre, de forma artesanal através da imersão dos frutos em água em aquecimento, sem fervura, por 4 a 5 horas, até o amolecimento da polpa. A polpa que retirada/raspada do caroço é aquecida em água com fogo baixo até que ocorra a separação do óleo, após a separação, o óleo é recolhido (Vieira et al., 2006).

Segundo (Ribeiro, 2008), o óleo de buriti (*Mauritia flexuosa* L.) é caracterizado por apresentar coloração avermelhada, sendo obtido por meio de extração mecânica (prensas) ou química (por solvente). (Vieira et al., 2006) informam que a extração do óleo ocorre de forma artesanal, onde os frutos são imersos em água em aquecimento, sem fervura, por 4 a 5 horas, até o amolecimento da polpa. A polpa que retirada/raspada do caroço é aquecida em água com fogo baixo até que ocorra a separação do óleo, após a separação, o óleo é recolhido.

O óleo de buriti (*Mauritia flexuosa*) se apresenta como uma alternativa lipídica na alimentação animal, boas características como: produção em grande

escala e abundância em várias regiões do Brasil, sendo uma alternativa viável na perspectiva de melhorar as características físicas, produtivas e morfológicas em uma determinada espécie cultivada (Silveira *et al.*, 2005).

## 2.6. Colágeno derivado de peixe

O colágeno derivado de peixe surgiu recentemente como uma fonte alternativa de colágeno com propriedades bioativas, contribuindo para melhoria da saúde humana, e tem apresentado resultados satisfatórios nas aplicações em cabelo e pele. Também é econômico e possui alta biodisponibilidade, além de apresentar menos efeitos colaterais em comparação ao colágeno de pele suína ou bovina (Hwang; Park; Lee, 2022).

A suplementação de peptídeos de colágeno de baixo peso molecular derivado de peixes tem atraído cada vez mais atenção devido aos seus potenciais de benefícios à saúde, e possuem algumas vantagens sobre as fontes convencionais de colágeno, incluindo um maior teor de colágeno, respeito ao meio ambiente, baixa toxicidade, baixa resposta inflamatória, maior capacidade de absorção devido ao seu baixo peso molecular, menos restrições religiosas e éticas e menos problemas regulatórios e de controle de qualidade (Gomez-Guillen *et al.*, 2011; Hwang; Park; Lee, 2022; Rahman; Silva, 2022).

## 3. REFERÊNCIAS

ASHRAF, S. A. *et al.* Fish-based bioactives as potent nutraceuticals: Exploring the therapeutic perspective of sustainable food from the sea. **Marine Drugs**, v. 18, n. 5, 2020.

AQUINO, J. D. S. *et al.* Antioxidant and Lipid-Lowering Effects of Buriti Oil. Iron-Overloaded Rats. **Molecules** 2023, 28, 2585. <https://doi.org/10.3390/molecules>

ÁLVAREZ, A. R. *et al.* Partial replacement of fish oil with vegetal oils in commercial diets: The effect on the quality of gilthead seabream (*Sparus aurata*), **Animal Feed Science and Technology**, Volume 265, 2020.

ALBUQUERQUE, M. L. S. *et al.* Characterization of buriti (*Mauritia flexuosa* L.) oil 480 by absorption and emission spectroscopies. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, São Paulo, v. 16, n. 6A, p. 1113-1117, 2005.

ARAUJO, G. S. *et al.* Fish Farming Techniques: Current Situation and Trends. **Journal of Marine Science and Engineering**, v. 10, n. 11, 2022.

ANDERS, N. et al. Efeitos do estresse relacionado à captura e da retenção pré-congelamento em água do mar refrigerada (RSW) na qualidade muscular e estabilidade de armazenamento da cavala do Atlântico (*Scomber scombrus*) durante o armazenamento congelado subsequente. **Food Chemistry**, v. 405, p. 134819, 2023.

BALDISSERA, M.D. et al; Dietary supplementation with nerolidol nanospheres improves growth, antioxidant status and fillet fatty acid profiles in Nile tilapia: Benefits of nanotechnology for fish health and meat quality, **Aquaculture**, Volume 516, 2020.

BATISTA, S. et al. Atividade antibacteriana e cicatrizante do óleo de buriti *Mauritia flexuosa* L. **Ciencia Rural**, v. 42, n. 1, p. 136–141, 2012.

BAGNI, M. et al. Pre-slaughter crowding stress and killing procedures affecting quality and welfare in sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and sea bream (*Sparus aurata*) **Aquaculture**, 263 (1–4) (2007), pp. 52-60.

BELL et al. Replacement of Fish Oil with Rapeseed Oil in Diets of Atlantic Salmon (*Salmo salar*) Affects Tissue Lipid Compositions and Hepatocyte Fatty Acid Metabolism, **The Journal of Nutrition**, Volume 131, Issue 5, 2001, Pages 1535-1543,

CÂNDIDO, T. L. N.; SILVA, M. R.; AGOSTINI-COSTA, T. S. Bioactive compounds and antioxidant capacity of buriti (*Mauritia flexuosa* L.f.) from the Cerrado and Amazon biomes. **Food Chemistry**, v. 177, p. 313–319, 2015.

CERDEIRA, K. A. et al. Uso da proteína do farelo de soja na dieta de juvenis de pirarucu (*Arapaima Gigas*). **Boletim Instituto de Pesca** 2018, p. 9, 2018.

DAWOOD, M. A. O. et al. Interaction effects of dietary supplementation of heat-killed *Lactobacillus plantarum* and  $\beta$ -glucan on growth performance, digestibility and immune response of juvenile red sea bream, *Pagrus major*. **Fish and Shellfish Immunology**, v. 45, n. 1, p. 33–42, 2015.

DAWOOD, M. A. O.; KOSHIO, S.; ESTEBAN, M. Á. Beneficial roles of feed additives as immuno-nostimulants in aquaculture: a review. **Reviews in Aquaculture**, v. 10, n. 4, p. 950–974, 2018.

DAWOOD, M. A. O. et al. Digestive enzymes, immunity and oxidative status of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) reared in intensive conditions. **Slovenian Veterinary Research**, v. 56, n. July, p. 99–108, 2019.

DARNET, S.H. et al. Nutritional composition, fatty acid and tocopherol contents of buriti (*Mauritia flexuosa*) and patawa (*Oenocarpus bataua*) fruit pulp from the Amazon region. **Ciencia Tecnologia Alimentos**, Campinas, v.31, n.2, p.488-491, 2011.

BELTARIN, J. M.G & Beltran, M. A. M. G. Nature-identical compounds as feed additives in aquaculture. **Fish and Shellfish Immunology** [S. l.], v. 123, n. March, p. 409–416, 2022.

FAO. **World fisheries and aquaculture in review**. [S. l.: s. n.], 2024-. ISSN 05479665.v. 35

FURUYA, W. M. et al. Fitase na Alimentação da Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Desempenho e Digestibilidade Phytase as Feeding for Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). Performance and Digestibility. **Animal Science**, v. 30, n. 3, p. 924–929, 2001.

GARCÍA B. J. M.; ESTEBAN, M. Á. Nature-identical compounds as feed additives in aquaculture. **Fish and Shellfish Immunology**, v. 123, n. November 2021, p. 409–416, 2022.

GOBI, N. et al. Dietary supplementation of probiotic *Bacillus licheniformis* Dab1 improves growth performance, mucus and serum immune parameters, antioxidant enzyme activity as well as resistance against *Aeromonas hydrophila* in tilapia *Oreochromis mossambicus*. **Fish and Shellfish Immunology**, v. 74, n. January, p. 501–508, 2018.

GOMIERO, L. M.; VILLARES JÚNIOR, G. A.; SOUZA BRAGA, F. M. Relação peso-comprimento e fator de condição de *Oligosarcus hepsetus* (Cuvier, 1829) no Parque Estadual da Serra do Mar. **Biota Neotropica**, Campinas, v. 10, n. 1, p. 101-105, 2010.

GOMES, V. D. S. et al. Suplementação enzimática sobre o desempenho e taxa de excreção de amônia em tilápias do Nilo. **Arquivo de Ciência Veterinária e Zootecnia**. v. 22, n. 1, p. 13-20, 2019.

HWANG, Su Bin; PARK, Hyeon Ju; LEE, Bog Hieu. Hair-Growth-Promoting Effects of the Fish Collagen Peptide in Human Dermal Papilla Cells and C57BL/6 Mice Modulating Wnt/ $\beta$ -Catenin and BMP Signaling Pathways. **International Journal of Molecular Sciences**, [S. l.], v. 23, n. 19, 2022. ISSN: 14220067. DOI: 10.3390/ijms231911904.

HERATH, S. S et al. Effects of long-term feeding of corn co-product-based diets on growth, fillet color, and fatty acid and amino acid composition of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* **Aquaculture**, 464 (2016), pp. 205-212.

HONIKEL, K. O. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. **Meat Science**. v.49, p.447 - 457, 1988.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ - IAL. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4 ed. São Paulo: **Intituto Adolfo Lutz**, 2008. 1020p. Disponível em: [http://www.crq4.org.br/sms/files/file/analisedealimentosial\\_2008.pdf](http://www.crq4.org.br/sms/files/file/analisedealimentosial_2008.pdf).

JI, S. C. et al. Dietary medicinal herbs improve growth and some non-specific immunity of red sea bream *Pagrus major*. **Fisheries Science**, v. 73, n. 1, p. 63–69, 2007.

JIM, P. F. et al. Comparative analysis of nutritional value of *Oreochromis niloticus* (Linnaeus), Nile Tilapia, meat from three different ecosystems J. **Food Qual.** (2017), pp. 1-8

KESARCODI-WATSON, A. et al. Probiotics in aquaculture: The need, principles and mechanisms of action and screening processes. **Aquaculture**, v. 274, n. 1, p. 1–14, 2008.

KONNERT, G. D. P. et al. Balancing protein and energy in Nile tilapia feeds: A meta-analysis. **Reviews in Aquaculture**, v. 14, n. 4, p. 1757–1778, 2022.

LAINE, C. et al. Social net benefits from aquaculture production: A comparison of net cage cultivation and recirculating aquaculture systems. **Aquaculture Economics and Management**, v. 0, n. 0, p. 1–31, 2023.

LEBDA, M. A. et al. Miswak (*Salvadora persica*) dietary supplementation improves antioxidant status and nonspecific immunity in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Fish and Shellfish Immunology**, v. 88, n. March, p. 619–626, 2019.

LI, J. et al. Extraction and characterization of type I collagen from skin of tilapia (*Oreochromis niloticus*) and its potential application in biomedical scaffold material for tissue engineering. **Process Biochemistry**, v. 74, n. July, p. 156–163, 2018.

LI, Y. et al. Textural quality, growth parameters and oxidative responses in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed faba bean water extract diet. **PeerJ**, v. 10, p. 1–19, 2022.

LE CREN, E. D. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). **Jornal Animal e Ecologia** v. 20, p. 201-219, 1951.

LOPES, J. M. et al. Farelo de babaçu em dietas para tambaqui. **Rev. Bras. Saúde Prod. An.**, v.11, n.2, p. 519-526, 2010.

KUBITZA, F. O mar está prá peixe. prá peixe cultivado. **Revista Panorama da Aquicultura**. v. 17, n. 100, p. 14- 23, 2007.

MILANEZ, J. T. et al. Bioactive compounds and antioxidant activity of buriti fruits, during the postharvest, harvested at different ripening stages. **Scientia Horticulturae**, [s. l.], v. 227, n. December 2016, p. 10–21, 2018.

MANHÃES, L.R.T.; SABAA-SRUR, A.U.O. Centesimal composition and bioactive compounds in fruits of buriti collected in Pará. **Ciência Tecnologia Alimentos**, Campinas, v.31, n.4, p.856- 863, 2011.

MARTINS L.S. Óleo de buriti em dietas para frangos de corte: desempenho e características da carne [dissertação]. Bom Jesus (BJ): **Universidade Federal do Piauí**; 2017.

NASRI, H. et al. New concepts in nutraceuticals as alternative for pharmaceuticals. **International Journal of Preventive Medicine**, [s. l.], v. 5, n. 12, p. 1487–1499, 2014.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - **NRC**. Nutrient requirements of warmwater, fishes and shellfishes: nutrient requirements of domestic animals. Washington, D.C.: 1993. 114p.

NG, et al. The use of palm oil in aquaculture feeds for salmonid species. **Eur. J. Lipid Sci. Technol.** 109, 394–399, 2007.

ORTIZ-ESTRADA, Á. M. et al. Bacterial communities and predicted nitrogen metabolism of heterotrophic- and probiotic-based biofilms used for super-intensive indoor shrimp culture. **Aquaculture Research**, v. 52, n. 1, p. 334–344, 2021.

PEIXES BR. Anuário Brasileiro da Piscicultura Peixe BR 2023. **Associação Brasileira da Piscicultura**, 2023.

PEREIRA, F. T. et al. Buriti oil: Nutritional quality index and antioxidant and antidiabetic effect. **Revista Virtual de Química**, v. 12, n. 1, p. 2–12, 2020.

RIBEIRO, B. D. Aplicação de tecnologia enzimática na obtenção de  $\beta$ -caroteno a partir de óleo de buriti (*Mauritia vinifera*). 2008.103f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de processos químicos e bioquímicos). **Universidade Federal do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, 2008.

REGOST, et al. Flesh quality of raw and smoked fillets of Atlantic salmon as influenced by dietary oil sources and frozen storage, **Food Research International**, Volume 37, Issue 3, 2004, Pages 259-271.

SOUSA, A. A. A complementary feed source for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) raised in biofloc technology. **Aquaculture**, Volume 501, 2019, Pages 359-367.

SAMPAIO, M. B.; L. R. CARRAZZA. 2012. 80p. Manual tecnológico de aproveitamento integral do fruto e da folha do Buriti (*Mauritia flexuosa*). Brasília, **Instituto Sociedade, População e Natureza** (ISPN), 2012.

SANTOS, C.A. et al. Elaboração de biscoito de farinha de buriti (*Mauritia flexuosa* L.) com e sem adição de aveia (*Avena sativa* L.). **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v.5, n.1, p.262-273, 2011.

SHAO, C. et al; Comprehensive metabolomic profiling of nutrients in fish and shrimp, **Food Chemistry**, Volume 407, 2023.

SULERIA, H. A. R. et al. Marine-based nutraceuticals: An innovative trend in the food and supplement industries. **Marine Drugs**, [s. l.], v. 13, n. 10, p. 6336–6351, 2015.

SUN, R. et al. Antibiotics and food safety in aquaculture. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 68, n. 43, p. 11908–11919, 2020.

TURCHINI. G.M. TRUSHENSKI. J.T. GLENCROSS B.D. Thoughts for the future of aquaculture nutrition: realigning perspectives to reflect contemporary issues related to judicious use of marine resources in aquafeeds N. Am. **J. Aquac.**, 81 (2018), pp

TACON, A. G. J., AND M. METIAN. 2008. Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: trends and future prospects. **Aquaculture** 285:146–158.

TSEGAY, P. T. et al. Analysis of diet and biochemical composition of Nile Tilapia (*O. niloticus*) from Tekeze reservoir and Lake Hashenge, Ethiopia **J. Fish. Livestock Prod.**, 4 (2) (2016).

TEJADA, M. Huidobro, A, Quality of farmed gilthead seabream (*Sparus aurata*) during ice storage related to the slaughter method and gutting, **Eur. Food Res. Technol.**, 215 (2002), pp. 1-7

VERDEGEM, M. et al. The contribution of aquaculture systems to global aquaculture production. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 54, n. 2, p. 206–250, 2023.

VIEIRA, R. F. et al. Frutas nativas da Região do Centro Oeste do Brasil. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2006.320 p.

VIJAYARAM, S. et al. Bioactive immunostimulants as health-promoting feed additives in aquaculture: A review. **Fish and Shellfish Immunology**, v. 130, n. September, p. 294–308, 2022.

YUAN, Y. et al. Economic profitability of tilapia farming in China. **Aquaculture International**, v. 25, n. 3, p. 1253–1264, 2017.

YICHAO LI, et al, Effects of heat stress on the chemical composition, oxidative stability, muscle metabolism, and meat quality of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), **Food Chemistry**, Volume 426, 2023.

## CAPÍTULO 2

### **Artigo 1 - Óleo de Buriti (*Mauritia flexuosa*) como Alimento Funcional para tilápia (linhagem Tilamax-G12) *Oreochromis niloticus*: Desempenho, Qualidade do Filé**

Elaborado de acordo com as normas da Revista Brasileira de Zootecnia-RBZ

[www.scielo.br/rbz](http://www.scielo.br/rbz)

Brito, L. S. **Óleo de Buriti (*Mauritia flexuosa*) como Alimento Funcional para tilápia (linhagem Tilamax-G12) *Oreochromis niloticus*: Desempenho, Qualidade do Filé e Resistência da Pele.** 2024. 17 p. Tese (Doutorado em Zootecnia Tropical) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2024.

Luciano Sousa de Brito<sup>(1)</sup>; Leilane Rocha Barros Dourado<sup>(2)</sup>; <sup>(3)</sup>

## RESUMO

O objetivo da pesquisa foi avaliar os efeitos da inclusão do óleo de buriti (*Mauritia flexuosa*) na dieta para tilápias (*Oreochromis niloticus*) cultivadas em sistemas de recirculação - RAS, avaliando o desempenho e qualidade do filé. Foram utilizados 200 juvenis de tilápia, peso médio inicial  $84,64 \pm 3,54$ . Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos 0%(controle), 1%, 2% e 3% de óleo de buriti na dieta, cinco repetições, e 10 peixes por repetição. Ao final dos 90 dias de experimento, após um período em jejum de 24 horas, os peixes foram, pesados, medidos, insensibilizados, abatidos e os cortes dos filés, retirados e separados para análises. Para os resultados de desempenho produtivo identificou-se diferença significativa apenas para variável IVCS ( $P < 0,05$ ), para as demais variáveis (CRM, PMF, GP, SOBR, CAL, IEA e FK) não houve diferença significativa ( $P > 0,05$ ). Para os resultados de qualidade do filé, as variáveis físicas de pH, perda de peso por cocção (PPC), perda por gotejamento (PPG), L\* (luminosidade), a\* (intensidade de vermelho), b\* (intensidade de amarelo) do filé do peixe, não apresentaram diferença nos parâmetros de qualidade logo após o abate dos animais, porém após 24 horas, houve diferença significativa nas cores L e a, indicando menor luminosidade e maior tendência ao vermelho nos filés dos animais que ingeriram rações com incorporação de 1% de óleo de buriti e na cor b, que reduziu ( $CORb = -0,392 - 0,6214OB$ ,  $R^2 = 0,90$ ) a medida que aumentou a incorporação de OB. Os níveis de 1%, 2% e 3% de óleo de buriti incorporados na ração não alteram o desempenho de tilápias cultivadas em sistema RAS. Não alterou a qualidade dos filés pós abate (0 hora), mas alterações nas cores L\* e a\*, foram identificadas 24 horas após o abate nos filés dos animais que ingeriram rações com 1% de óleo de buriti.

**Palavras-chave:** peixe (*Oreochromis niloticus*), qualidade do filé, óleo de buriti, desempenho produtivo.

## **ABSTRACT**

The objective of this research was to evaluate the effects of including buriti oil (*Mauritia flexuosa*) in the diet of tilapia (*Oreochromis niloticus*) farmed in recirculation systems - RAS, evaluating the performance and fillet quality. Two hundred juvenile tilapia were used, with an initial average weight of  $84.64 \pm 3.54$ . A completely randomized design was used, with four treatments 0% (control), 1%, 2% and 3% of buriti oil in the diet, five replicates, and 10 fish per replicate. At the end of the 90 days of experiment, after a 24-hour fasting period, the fish were weighed, measured, stunned, slaughtered and the fillet cuts were removed and separated for analysis. For the results of productive performance, a significant difference was identified only for the IVCS variable ( $P < 0.05$ ); for the other variables (CRM, PMF, GP, SOBR, CAL, IEA and FK) there was no significant difference ( $P > 0.05$ ). For the results of fillet quality, the physical variables of pH, cooking weight loss (CWL), drip loss (DWL),  $L^*$  (luminosity),  $a^*$  (red intensity),  $b^*$  (yellow intensity) of the fish fillet, did not show any difference in the quality parameters immediately after the animals were slaughtered. However, after 24 hours, there was a significant difference in the colors L and a, indicating lower luminosity and a greater tendency towards red in the fillets of animals that ingested diets with incorporation of 1% buriti oil and in color b, which reduced ( $CORb = -0.392 - 0.6214OB$ ,  $R^2 = 0.90$ ) as the incorporation of OB increased. The levels of 1%, 2% and 3% of buriti oil incorporated into the feed did not alter the performance of tilapia farmed in the RAS system. It did not alter the quality of the fillets after slaughter (0 hour), but changes in the colors  $L^*$  and  $a^*$  were identified 24 hours after slaughter in the fillets of animals that ingested feeds with 1% buriti oil.

**Key words:** fish (*Oreochromis niloticus*), meat quality, buriti oil, production performance.

## **1. INTRODUÇÃO**

O consumo de peixe tem aumentado constantemente nas últimas décadas, e a estimativa do consumo per capita de peixe teve um crescimento de 127%, de 1961 (9,1Kg) a 2022(20,7kg), particularmente com a participação de regiões

subdesenvolvidas e em desenvolvimento (FAO, 2024). Como um importante contribuinte para o fornecimento de alimentos em 2022, a aquicultura forneceu cerca de 51% da produção de peixes (FAO, 2024).

Os alimentos para organismos aquáticos são projetados para atender às necessidades nutricionais de cada espécie. Isso é feito pela combinação e processamento de matérias-primas com composições nutricionais variadas (Turchini *et al.*, 2018). Os estudos em nutrição aquícola estão focados na busca por ingredientes alternativos, como aditivos e suplementos, visando melhorar a produtividade, fortalecer o sistema imunológico animal e reduzir os custos com alimentos (Roques *et al.*, 2018; Dawood *et al.*, 2018; Sousa *et al.*, 2019).

Entre o uso de alimentos funcionais, a imunomodulação é uma técnica profilática nutricional, também denominada imunoestimulante. Na aquicultura, os imunomoduladores se dividem em dois grupos, os imunonutrientes (vitaminas, minerais e aminoácidos) e os imunoestimulantes não nutricionais (óleos essenciais, extratos de plantas, fitoterápicos, prebióticos, probióticos e simbióticos), sendo estes últimos muito estudados atualmente. Ambas as alternativas objetivam melhorar o desempenho, reduzir o estresse, melhorar a saúde do trato gastrointestinal e, conseqüentemente, a imunidade (Akhter *et al.*, 2015).

Na produção de organismos aquáticos, a qualidade do filé é particularmente importante porque o aumento da demanda global por peixes está ligado à busca por alimentos mais nutritivos e saudáveis (Béné *et al.*, 2016).

São muitos fatores que influenciam o aspecto nutricional da carne de peixe, incluindo qualidade da água, sexo, alimento natural presente no ambiente, tipo de abate (Bagni *et al.*, 2007; Tsegay *et al.*, 2016; Jim *et al.*, 2017) e, mais importante, aqueles nutrientes que determinam a composição nutricional da ração para peixes (Herath *et al.*, 2016). Assim, objetivou-se avaliar os efeitos da inclusão do óleo de buriti (*Mauritia flexuosa*) na dieta para tilápias (*Oreochromis niloticus*) cultivadas em sistemas de recirculação da água - RAS, avaliando o desempenho e qualidade do filé.

## **2. METODOLOGIA**

### **2.1. Instalações e condições experimentais**

O experimento foi realizado no biotério de experimentação de piscicultura do Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí na cidade de Teresina – PI com duração de 13 semanas (90 dias). Foram adotados os protocolos éticos exigidos para realização do estudo, seguindo a Resolução Nº 879/08 do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA) conforme parecer registrado com o nº 799/2023 e aprovado pelo Comitê de Ética e Experimentação Animal da UFPI (CEEA-UFPI).

Os exemplares de tilápia (*Oreochromis niloticus*) utilizados foram juvenis, linhagem Tilamax-G12 (Com certificado de origem e genética), com peso médio inicial de  $84,64 \pm 3,54$ , adquiridos da Estação de Piscicultura Pirangí – Unidade Buriti dos Lopes, PI, e doados pela Estação de Piscicultura Francisca Trindade – Secretaria de Estado da Agricultura Familiar do Estado do Piauí - SAF– Unidade Nazária, PI. Ao chegarem ao biotério os peixes passaram por um período de adaptação com duração de 15 dias. Após esta fase, 200 juvenis foram pesados, medidos e divididos em 20 tanques de polietileno, com volume individual de 1.000 litros, instalados em galpão coberto protegido da incidência solar com densidade de 10 peixes por tanque, composto por um ponto de abastecimento e drenagem individual de água e um ponto de aeração

## **2.2. Delineamento experimental**

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), com quatro tratamentos, cinco repetições e 10 peixes por repetição. Os tratamentos tiveram como fator principal a incorporação de 0 (controle), 1, 2 e 3% de óleo de buriti (*Mauritia flexuosa*) na ração dos peixes.

## **2.3. Dietas experimentais**

As rações experimentais foram preparadas utilizando ração comercial, contendo 36% de proteína bruta, de acordo com as exigências protéica da espécie para fase de desenvolvimento de acordo com (Furuya *et al.*, 2001) e estabelecido também por Li *et al.* (2022). Utilizou-se ração comercial com pellets de 3 a 4 mm de tamanho, contendo de 36% de proteína bruta, estando os demais nutrientes como extrato etéreo 8%, fibra bruta 6%, matéria mineral 13%, cálcio (máximo) 1,5%, fósforo (máximo) 0,5%, premix vitamínico e mineral de acordo com as exigências para crescimento de juvenis de tilápia do nilo conforme determinado por NRC (1993).

Os tratamentos foram definidos por meio da incorporação de níveis de óleo de buriti 0 (controle), 1, 2 e 3%) à ração comercial pela técnica de recobrimento conforme metodologia preconizado por (MENEZES, 2019). O óleo de buriti utilizado nas dietas experimentais foi obtido de produtores do município de Arraial do Piauí-PI, a composição química do mesmo foi determinada por Martins (2017).

#### **2.4. Desempenho zootécnico**

Para medir as variáveis produtivas, foram realizadas biometrias, segundo a metodologia descrita por Kubitzka (2007). Os peixes foram mantidos em jejum por período de 24 horas antes da biometria, que foi realizada ao final do período experimental (90 dias). Os peixes de cada unidade experimental foram contados, pesados e medidos. O consumo de ração médio (CRM) = consumo de alimento total/nº de animais; o ganho em peso (GP) = peso final - peso inicial, Índice de eficiência alimentar (IEA) = GP/CRM, Sobrevivência (S) = (Nº final de peixes/Nº inicial de peixes)\*100, Conversão Alimentar: CA= CRM/GP (Oliveira, 2010; (Azevedo *et al.*, 2017).

A relação peso/comprimento foi analisada de acordo com Gomiero (2010). Foi estimada para cada animal das unidades experimentais de acordo com a expressão  $W = aL^b$ , onde  $W$  = peso,  $L$  = comprimento,  $a$  = é fator de condição relacionado com o grau de engorda e  $b$  = coeficiente de regressão. Os parâmetros  $a$  e  $b$  foram estimados após o peso e o comprimento serem transformados em logaritmo e subsequente ajuste de linha usando o critério de mínimos quadrados.

O fator de condição relativo \*(Le-Cren 1951) foi avaliado, por meio da equação  $Kr = W.W'^{-1}$ , em que  $Kr$  é o fator de condição relativo,  $W$  é o peso observado e  $W'$  é o peso médio estimado para o comprimento com base na relação peso-comprimento ( $W = aL^b$ ).

#### **2.5. Rendimento corporal e Índice viscerossomático, rendimento filé e peso relativo da pele**

Ao final do período experimental, de cada unidade experimental, foram coletados aleatoriamente três peixes para avaliação do rendimento corporal,  $RC = [(peso\ vivo - peso\ escamas - peso\ das\ vísceras / peso\ vivo) \times 100]$ , do índice viscerossomático  $IVCS = [(peso\ das\ vísceras / peso\ vivo) \times 100]$  (Gomes *et al.*, 2019) e

do o rendimento do filé,  $RFL = [(peso\ dos\ filés / peso\ vivo) \times 100]$  e peso relativo da pele,  $PRP = [(peso\ das\ peças / peso\ corporal) \times 100]$ .

Para obtenção das peles e filé, foram coletados aleatoriamente três peixes de cada unidade experimental, em seguida estes foram atordoados por choque térmico, realizado em caixas isotérmicas com gelo triturado e água na proporção 1:1 e abatidos pelo método de sangria, realizada imediatamente após perderem a consciência.

## **2.6. Qualidade do filé**

Para os resultados de qualidade do filé, foram mensuradas as variáveis físicas de pH, perda de peso por cocção (PPC), perda por gotejamento (PPG), e medição de cores.

Para as análises físicas de pH, perda de peso por cocção (PPC), perda por gotejamento (PPG), e medição de cores, foi utilizado o filé de três animais por unidade experimental e realizadas 24 horas pos-morte. As análises foram realizadas no laboratório de análises de alimentos – LANA da Universidade Federal do Piauí - Campus Reis Veloso.

A medição das cores foi realizada com auxílio de Minolta Chroma Meter CR400 (Minolta, Osaka, Japão), sendo que as cores foram expressas em  $L^*$  (luminosidade),  $a^*$  (intensidade de vermelho),  $b^*$  (intensidade de amarelo) do filé do peixe. Foram realizadas medidas em três pontos dos filés do lado esquerdo por indivíduo, sendo dois na área do filé dorsal (D1 e D2) e um na área do filé ventral (V1) ( Figura 1). A média das três medidas do filé foi então calculada seguindo a metodologia de Álvarez *et al.*, (2020).

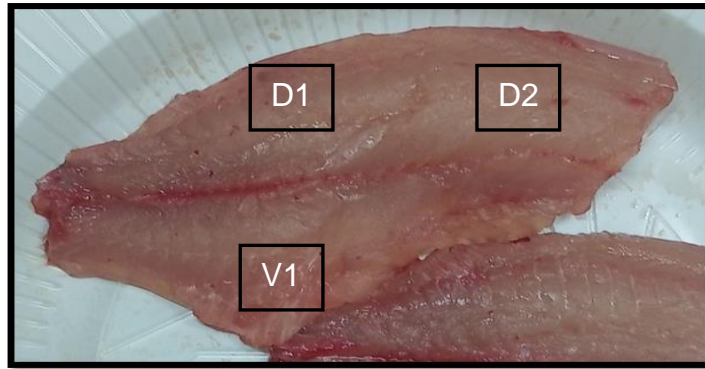


Figura 1: Representação das áreas dos filés de tilápia onde foi aferido as cores (D1, D2 e V1).

Na determinação da análise de perda de peso por cocção (PPC), foram coletadas porções da parte posterior dos filés para análises (Figura 1). As amostras coletadas foram pesadas e colocadas em embalagens de papel alumínio. Em seguida, foram submetidos ao cozimento, em forno a 70°C, utilizando-se termômetro digital para aferir a temperatura interna do corte e o cozimento cessado quando atingiu  $70 \pm 5^\circ\text{C}$ . Após o cozimento, as amostras foram resfriadas em temperatura ambiente por 30 minutos, quando foram novamente pesadas para determinação do valor de PPC pela diferença entre os pesos antes e após o cozimento, convertidos em percentagem (Honikel, 1998).

Uma porção da parte posterior dos filés do lado direito, localizada próxima à nadadeira caudal do animal (Figura 2) foram coletadas para determinação da perda por gotejamento (PPG). Essas porções foram pesadas inicialmente (45 minutos após abate), acondicionadas em embalagens plásticas para evitar a perda de água para o ambiente, armazenadas em refrigeração a uma temperatura de  $2,5 \pm 0,8^\circ\text{C}$ . Depois de 24 horas após a primeira análise, foram pesados novamente para identificação do valor de PPG pela diferença entre os pesos (0 hora) e (24 horas). A PPG foi expressa como a porcentagem de água retida/água total na amostra antes metodologia adaptada de Tejada; Huidobro (2002).

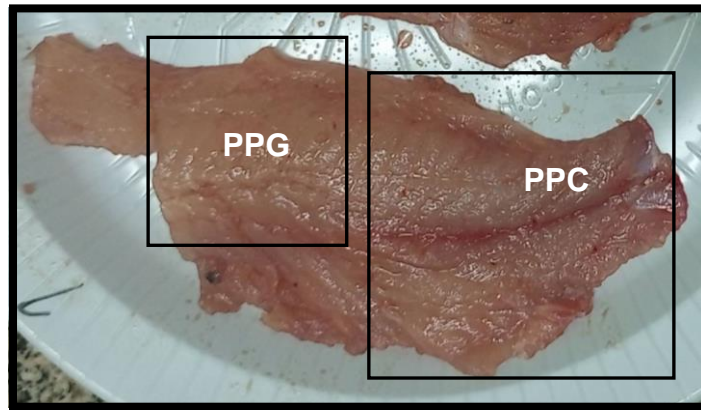


Figura 2: Representação das porções que foram coletadas para os testes de perda de peso por cocção (PPC) e perda por gotejamento (PPG).

A determinação do pH, foi realizada direta no filé fazendo a leitura nas regiões identificadas na Figura 1 (D1 D2 e V1), utilizando um Medidor de pH para carne, Foodcare Hanna HI981036, devidamente calibrado com soluções de pH 4,0 e 7,0, conforme as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2008).

### **2.7. Monitoramento de qualidade da água**

Os valores dos parâmetros de qualidade de água foram monitorados durante dois dias da semana (segunda e sexta-feira) durante o período experimental. A temperatura da água e oxigênio dissolvido foi determinada com auxílio do Oxímetro modelo at 160 Microprocessado, enquanto o pH da água, com Medidor de Bolso PH Basic - Ak90 e a amônia utilizando um teste colorimétrico Labcon Test Alcon, ao longo do experimento.

### **2.8. Análise estatística**

Os dados foram submetidos à avaliação de homogeneidade de variância (Bartlett) e normalidade (Shapiro-Wilks), sendo removidos os outliers identificados e, em seguida, submetidos à análise a variância pelo procedimento GLM do SAS versão 9.0 (SAS Institute, 2002), e as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

## **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **3.1. Qualidade da água**

Os parâmetros de qualidade da água se mantiveram dentro dos padrões estabelecidos para o cultivo de *O. niloticus*, não apresentando alterações significativas. A média da temperatura durante o período experimental da água foi de

27,03°C, estando dentro da faixa classificada por Silva *et al* (2015) como boa para o desenvolvimento das tilápias, os demais parâmetros também se mantiveram com médias dentro dos limites tolerável para cultivo da espécie segundo kubitza 2011, os níveis de oxigênio dissolvido se mantiveram com média de 5,93 mg/L<sup>-1</sup>, amônia 0,004 NH3 e potencial hidrogeniônico 8,1. A manutenção dos parâmetros foi possível em virtude da utilização do sistema de filtragem e limpeza da água residual para reuso da água.

### 3.2. Desempenho produtivo

Todas as dietas foram bem aceitas e não foram observadas diferenças significativas no consumo de ração durante o período experimental. As dietas contendo diferentes níveis de inclusão de óleo de buriti não apresentaram diferenças estatísticas (P>0,05), para as variáveis de desempenho produtivo analisadas (Tabela 1).

A sobrevivência variou entre 80 e 96%, sem diferença significativa (P>0,05) entre o grupo controle e os tratamentos (Tabela 1), foi observado mortes de todos os tratamentos, apresentando como principal causa, brigas entre indivíduos. A tilápia é um peixe que apresenta comportamento territorialista, apresentando disputa e brigas por dominância de áreas e habitats, comportamento expressado principalmente pelos animais macho.

Tabela 1: Efeito da incorporação de óleo de buriti (OB) nas rações sobre os parâmetros de desempenho de tilápias

Tratamentos	Variáveis					
	CR (g/peixe)	PM (g/peixe)	GP (g/peixe)	IEA (g/g)	FK	SOBR (%)
Controle	508,6	338,7	255,5	0,51	0,9	80,0
1,0% OB	425,7	306,3	225,5	0,53	1,1	96,0
2,0% OB	465,4	324,22	240,9	0,53	1,1	88,0
3,0% OB	459,5	312,5	226,82	0,50	1,1	88,0
Prob. Anova	0,1636	0,4353	0,4619	0,8523	0,1109	0,1156

Prob.	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Regressão						
EPM	13,08	7,25	7,35	0,02	0,03	2,36
CV%	11,74	10,16	13,97	15,29	11,44	10,92

Médias seguidas de letras iguais, nas linhas, não diferem pelo teste SNK, a 5% de probabilidade. Consumo de ração (CR), peso médio (PM), ganho de peso (GP), índice de eficiência alimentar (IEA), fator de condição (FK), sobrevivência (SOBR), probabilidade (Prob), não significativo (ns) e coeficiente de variação (CV), erro padrão da média (EPM).

Os óleos originados de produtos vegetais são usados como parte da fonte lipídica nas dietas de peixes de viveiro, sendo atualmente utilizados como alternativa viável para regular o consumo de óleos de peixe. Estudos indicam que, tal como os óleos de peixe, os óleos vegetais podem ser facilmente catabolizados pelos peixes como fonte de energia para o crescimento (Bell *et al.*, 2001 ; Regost *et al.*, 2004 ; Ng *et al.*, 2007 ).

Para as demais variáveis (SOBR, IEA e FK), os valores médios apresentados não demonstraram diferença estatística ( $P > 0,05$ ) (Tabela 1). Em pesquisa realizada, Gomiero *et al.* (2010) descreveram o fator de condição como indicador de salubridade de um indivíduo, em que o seu valor reflete as qualidades nutricionais, sendo possível relacioná-lo ao ambiente e aos aspectos comportamentais das espécies. Todos os tratamentos tiveram valores médios bem próximo de 1,00 (Tabela 1), indicando que o peso real se apresentou bem próximo ao peso estimado. Para Le Cren (1951) quanto maior o valor de Kn, melhores são as condições de bem-estar dos peixes no ambiente, desta forma, esses resultados indicam condições de higidez satisfatória para os animais do experimento.

### 3.3. Índice viscerossomático, rendimento filé e peso relativo da pele

Para variável IVCS e RCV, houve diferença estatística ( $P < 0,05$ ). Os animais que receberam 1% de óleo de buriti na dieta apresentaram melhor resultado, apresentando melhor deposição de gordura na carcaça (Tabela 2). Não houve efeito significativo ( $p > 0,05$ ) para o rendimento de filé e peso relativo da pele, porém, houve aumento linear no PRP =  $2,621 + 0,112OB$ ,  $R^2 = 0,94$ , à medida que o óleo de buriti foi adicionado. O óleo de buriti tem efeito cicatrizante comprovado (Batista *et al.*, 2012), porém parece também ter efeito na estimulação endógena de colágeno, visto que a

cada nível percentual de óleo de buriti incorporado à ração, houve aumento de 0,112% de peso relativo da pele no corpo da tilápia.

Tabela 2: Efeito dos níveis de óleo de buriti (OB) sobre os parâmetros de carcaça

Tratamentos	Variáveis			
	IVCS (g/peixe)	RCV (%)	RFL (%)	PRP (%)
Controle	7,9A	92,13B	28,88	2,64
1,0% OB	6,6B	93,37A	26,61	2,72
2,0% OB	8,2A	91,87B	27,23	2,79
3,0% OB	7,5A	92,55B	27,60	2,98
Prob. Anova	0,0038	0,0012	0,2993	0,1584
Prob. Regressão	ns	ns	ns	L
EPM	0,19	0,15	0,42	0,06
CV%	8,08	0,99	10,83	15,97

Médias seguidas de letras iguais, nas linhas, não diferem pelo teste SNK, a 5% de probabilidade. Índice viscerossomático (IVSM), rendimento de corpo vazio (RCV), rendimento de file (RFL) e peso relativo da pele (PRP)  $PRP = 2,621 + 0,112OB$ ,  $R^2 = 0,94$

Para Cerdeira (2018), o índice viscerossomático é um dos indicadores da atividade biológica dos peixes, podendo ser usados para avaliar a reserva energética ou identificar problemas metabólicos. Os resultados obtidos no tratamento com 1%OB, possivelmente foi influenciado pelo aumento do ácido oleico, ajustando melhor em relação a dieta controle (0%) e as demais dietas (2 e 3%). As reservas energéticas do fígado podem ser mobilizadas visando suprir, em parte, o déficit energético das rações ou em resposta a ação de fatores antinutricionais presentes nos alimentos Lopes *et al.*, (2010).

### 3.4. Qualidade do filé

Os resultado das análises perda de peso por cocção (PPC), por gotejamento (PPG), pH e cor do filé para L\* (luminosidade), a\* (intensidade de vermelho), b\*

(intensidade de amarelo) do filé de tilápia que receberam a ração com diferentes níveis de óleo de buriti durante 90 dias, estão apresentados na Tabela 3. Não houve diferença estatística ( $P < 0,05$ ) nos parâmetros de qualidade logo após o abate dos animais (0 Hora), porém após 24 horas, houve diferença significativa nas cores L e a, indicando menor luminosidade e maior tendência ao vermelho nos filé dos animais que ingeriram rações com incorporação de 1% de óleo de buriti e na cor b, que reduziu ( $CORb = -0,392 - 0,6214OB$ ,  $R^2 = 0,90$ ) a medida que aumentou a incorporação de OB.

Produção de carne (filé), capacidade de retenção de água, valor de pH, fragmentação e mioglobina da carne são parâmetros importantes relacionados à qualidade da carne para muitos animais cultivados (Lv *et al.*, 2021). De acordo com o relatório emitido pela FAO (2018), o aumento do consumo e comercialização de peixes da aquicultura tem sido acompanhado por um crescente interesse em sua qualidade e aspectos nutricionais, entre outros fatores.

Tabela 3: Efeito da incorporação de óleo de buriti (OB) na ração de tilápias sobre os parâmetros de qualidade do filé, após 90 dias de consumo

Tratamentos	45 min após o abate					24 horas após o abate				
	PPC (%)	PPG (%)	CORL	CORa	CORb	PH	CORL	CORa	CORb <sup>z</sup>	PH
Controle	3,25	20,18	25,3	2,58	0,72	7,01	26,7A	-0,25AB	-0,46	6,15
1,0% OB	3,45	22,49	24,1	2,92	-0,76	6,85	22,5B	0,73A	-0,50	6,34
2,0% OB	4,00	21,24	24,3	2,61	-0,38	6,86	25,7AB	-0,76B	-1,87	6,25
3,0% OB	3,47	19,94	25,7	2,74	0,12	6,87	25,4AB	-0,17AB	-2,47	6,29
Prob. Anova	0,2514	0,5389	0,4047	0,9876	0,5420	0,1885	0,0500	0,0256	0,1164	0,2636
Regressão	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,0500 <sup>L</sup>	ns
EPM	0,14	0,65	0,37	0,34	0,36	0,03	0,58	0,19	0,36	0,03
CV%	16,57	14,36	6,58	61,59	-2228,53	1,8821	8,89	-611,82	-112,38	2,17

Médias seguidas de letras iguais, nas linhas, não diferem pelo teste SNK, a 5% de probabilidade. Cores expressas L\* (luminosidade), a\* (intensidade de vermelho), b\* (intensidade de amarelo), potencial de hidrogeniônico (pH), do filé do peixe. Ração padrão tilápia (RPT), probabilidade (Prob), não significativo (ns) e coeficiente de variação (CV), erro padrão da média (EPM). <sup>z</sup>CORb=-0.392 - 0.62140B, R<sup>2</sup>=0,90.

#### 4. CONCLUSÕES

Os níveis de 1%, 2% e 3% de óleo de buriti incorporados na ração não alteram o desempenho de tilápias cultivados em sistema RAS. Não alterou a qualidade dos files pós abate (0 hora), mas alterações nas cores L\* e a\*, foram identificadas 24 horas após o abate nos filé dos animais que ingeriram rações com 1% de óleo de buriti.

#### 5. REFERÊNCIAS

ÁLVAREZ, A. R. et al. Partial replacement of fish oil with vegetal oils in commercial diets: The effect on the quality of gilthead seabream (*Sparus aurata*), **Animal Feed Science and Technology**, Volume 265, 2020.

Akhter, N., Wu, B., Memon, A. M., & Mohsin, M. (2015). Probiotics and prebiotics associated with aquaculture: a review. **Fish & shellfish immunology**, 45(2), 733-741.

ALBUQUERQUE, M. L. S. et al. Characterization of buriti (*Mauritia flexuosa L.*) oil 480 by absorption and emission spectroscopies. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, São Paulo, v. 16, n. 6A, p. 1113-1117, 2005.

ARAÚJO, G. S. et al. Fish Farming Techniques: Current Situation and Trends. **Journal of Marine Science and Engineering**, v. 10, n. 11, 2022.

ANDERS, N. et al. Efeitos do estresse relacionado à captura e da retenção pré-congelamento em água do mar refrigerada (RSW) na qualidade muscular e estabilidade de armazenamento da cavala do Atlântico (*Scomber scombrus*) durante o armazenamento congelado subsequente. **Food Chemistry**, v. 405, p. 134819, 2023.

BALDISSERA, M.D. et al; Dietary supplementation with nerolidol nanospheres improves growth, antioxidant status and fillet fatty acid profiles in Nile tilapia: Benefits of nanotechnology for fish health and meat quality, **Aquaculture**, Volume 516, 2020.

BATISTA, S. et al. Atividade antibacteriana e cicatrizante do óleo de buriti *Mauritia flexuosa L.* **Ciencia Rural**, v. 42, n. 1, p. 136-141, 2012.

BAGNI, M. et al. Pre-slaughter crowding stress and killing procedures affecting quality and welfare in sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and sea bream (*Sparus aurata*) **Aquaculture**, 263 (1-4) (2007), pp. 52-60.

BELL et al. Replacement of Fish Oil with Rapeseed Oil in Diets of Atlantic Salmon (*Salmo salar*) Affects Tissue Lipid Compositions and Hepatocyte Fatty Acid Metabolism, **The Journal of Nutrition**, Volume 131, Issue 5, 2001, Pages 1535-1543,

CÂNDIDO, T. L. N.; SILVA, M. R.; AGOSTINI-COSTA, T. S. Bioactive compounds and antioxidant capacity of buriti (*Mauritia flexuosa L.*) from the Cerrado and Amazon biomes. **Food Chemistry**, v. 177, p. 313-319, 2015.

CERDEIRA, K. A. et al. Uso da proteína do farelo de soja na dieta de juvenis de pirarucu (*Arapaima Gigas*). **Boletim Instituto de Pesca** 2018, p. 9, 2018.

DAWOOD, M. A. O. et al. Interaction effects of dietary supplementation of heat-killed *Lactobacillus plantarum* and  $\beta$ -glucan on growth performance, digestibility and immune response of juvenile red sea bream, *Pagrus major*. **Fish and Shellfish Immunology**, v. 45, n. 1, p. 33–42, 2015.

DAWOOD, M. A. O.; KOSHIO, S.; ESTEBAN, M. Á. Beneficial roles of feed additives as immuno-stimulants in aquaculture: a review. **Reviews in Aquaculture**, v. 10, n. 4, p. 950–974, 2018.

DAWOOD, M. A. O. et al. Digestive enzymes, immunity and oxidative status of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) reared in intensive conditions. **Slovenian Veterinary Research**, v. 56, n. July, p. 99–108, 2019.

DARNET, S.H. et al. Nutritional composition, fatty acid and tocopherol contents of buriti (*Mauritia flexuosa*) and patawa (*Oenocarpus bataua*) fruit pulp from the Amazon region. **Ciencia Tecnologia Alimentos**, Campinas, v.31, n.2, p.488-491, 2011.

FAO. 2020. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2020**. Sustainability in action. Rome. Disponível em: <https://doi.org/10.4060/ca9229en>

FAO. 2022. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2022**. Towards Blue Transformation. Rome, FAO. Disponível em: <https://doi.org/10.4060/cc0461en>

FURUYA, W. M. et al. Fitase na Alimentação da Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Desempenho e Digestibilidade Phytase as Feeding for Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). Performance and Digestibility. **Animal Science**, v. 30, n. 3, p. 924–929, 2001.

GARCÍA B. J. M.; ESTEBAN, M. Á. Nature-identical compounds as feed additives in aquaculture. **Fish and Shellfish Immunology**, v. 123, n. November 2021, p. 409–416, 2022.

GOBI, N. et al. Dietary supplementation of probiotic *Bacillus licheniformis* Dabhb1 improves growth performance, mucus and serum immune parameters, antioxidant enzyme activity as well as resistance against *Aeromonas hydrophila* in tilapia *Oreochromis mossambicus*. **Fish and Shellfish Immunology**, v. 74, n. January, p. 501–508, 2018.

GOMIERO, L. M.; VILLARES JÚNIOR, G. A.; SOUZA BRAGA, F. M. Relação peso-comprimento e fator de condição de *Oligosarcus hepsetus* (Cuvier, 1829) no Parque Estadual da Serra do Mar. **Biota Neotropica**, Campinas, v. 10, n. 1, p. 101-105, 2010.

GOMES, V. D. S. et al. Suplementação enzimática sobre o desempenho e taxa de excreção de amônia em tilápias do Nilo. **Arquivo de Ciência Veterinária e Zootecnia**. v. 22, n. 1, p. 13-20, 2019.

HERATH, S. S et al. Effects of long-term feeding of corn co-product-based diets on growth, fillet color, and fatty acid and amino acid composition of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* **Aquaculture**, 464 (2016), pp. 205-212.

HONIKEL, K. O. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. **Meat Science**. v.49, p.447 - 457, 1988.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ - IAL. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4 ed. São Paulo: **Intituto Adolfo Lutz**, 2008. 1020p. Disponível em: [http://www.crq4.org.br/sms/files/file/analisedealimentosial\\_2008.pdf](http://www.crq4.org.br/sms/files/file/analisedealimentosial_2008.pdf).

Jl, S. C. et al. Dietary medicinal herbs improve growth and some non-specific immunity of red sea bream *Pagrus major*. **Fisheries Science**, v. 73, n. 1, p. 63–69, 2007.

JIM, P. F. et al. Comparative analysis of nutritional value of *Oreochromis niloticus* (Linnaeus), Nile Tilapia, meat from three different ecosystems J. **Food Qual.** (2017), pp. 1-8

KESARCODI-WATSON, A. et al. Probiotics in aquaculture: The need, principles and mechanisms of action and screening processes. **Aquaculture**, v. 274, n. 1, p. 1–14, 2008.

KONNERT, G. D. P. et al. Balancing protein and energy in Nile tilapia feeds: A meta-analysis. **Reviews in Aquaculture**, v. 14, n. 4, p. 1757–1778, 2022.

LAINE, C. et al. Social net benefits from aquaculture production: A comparison of net cage cultivation and recirculating aquaculture systems. **Aquaculture Economics and Management**, v. 0, n. 0, p. 1–31, 2023.

LEBDA, M. A. et al. Miswak (*Salvadora persica*) dietary supplementation improves antioxidant status and nonspecific immunity in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Fish and Shellfish Immunology**, v. 88, n. March, p. 619–626, 2019.

Ll, J. et al. Extraction and characterization of type I collagen from skin of tilapia (*Oreochromis niloticus*) and its potential application in biomedical scaffold material for tissue engineering. **Process Biochemistry**, v. 74, n. July, p. 156–163, 2018.

Ll, Y. et al. Textural quality, growth parameters and oxidative responses in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed faba bean water extract diet. **PeerJ**, v. 10, p. 1–19, 2022.

LE CREN, E.D. The length–weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). **Journal of Animal Ecology**, 1951, 20(2), 201–219. <http://dx.doi.org/10.2307/1540>.

LOPES, J. M. et al. Farelo de babaçu em dietas para tambaqui. **Rev. Bras. Saúde Prod. An.**, v.11, n.2, p. 519-526, 2010.

LV, H. B. et al. The individual and combined effects of hypoxia and high-fat diet feeding on nutrient composition and flesh quality in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Food Chemistry**, [s. l.], v. 343, n. October 2020, 2021.

KUBITZA, F. O mar está prá peixe. prá peixe cultivado. **Revista Panorama da Aquicultura**. v. 17, n. 100, p. 14- 23, 2007.

MANHÃES, L.R.T.; SABAA-SRUR, A.U.O. Centesimal composition and bioactive compounds in fruits of buriti collected in Pará. **Ciência Tecnologia Alimentos**, Campinas, v.31, n.4, p.856- 863, 2011.

MARTINS L.S. Óleo de buriti em dietas para frangos de corte: desempenho e características da carne [dissertação]. Bom Jesus (BJ): **Universidade Federal do Piauí**;

2017.

MENEZES, C.S.M. de. Óleo de buriti na produção de truta salmonada. 2019. 111f. TESE (Doutorado em Ciência Animal) – **Universidade do Estado de Santa Catarina**, Santa Catarina - Lages.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - **NRC**. Nutrient requirements of warmwater, fishes and shellfishes: nutrient requirements of domestic animals. Washington, D.C.: 1993. 114p.

NG, et al. The use of palm oil in aquaculture feeds for salmonid species. Eur. **J. Lipid Sci. Technol.** 109, 394–399, 2007.

ORTIZ-ESTRADA, Á. M. et al. Bacterial communities and predicted nitrogen metabolism of heterotrophic- and probiotic-based biofilms used for super-intensive indoor shrimp culture. **Aquaculture Research**, v. 52, n. 1, p. 334–344, 2021.

PEIXES BR. Anuário Brasileiro da Piscicultura Peixe BR 2023. **Associação Brasileira da Piscicultura**, 2023.

PEREIRA, F. T. et al. Buriti oil: Nutritional quality index and antioxidant and antidiabetic effect. **Revista Virtual de Química**, v. 12, n. 1, p. 2–12, 2020.

RIBEIRO, B. D. Aplicação de tecnologia enzimática na obtenção de  $\beta$ -caroteno a partir de óleo de buriti (*Mauritia vinifera*). 2008.103f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de processos químicos e bioquímicos). **Universidade Federal do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, 2008.

REGOST, et al. Flesh quality of raw and smoked fillets of Atlantic salmon as influenced by dietary oil sources and frozen storage, **Food Research International**, Volume 37, Issue 3, 2004, Pages 259-271.

SOUSA, A. A. A complementary feed source for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) raised in biofloc technology. **Aquaculture**, Volume 501, 2019, Pages 359-367.

SAMPAIO, M. B.; L. R. CARRAZZA. 2012. 80p. Manual tecnológico de aproveitamento integral do fruto e da folha do Buriti (*Mauritia flexuosa*). Brasília, **Instituto Sociedade, População e Natureza** (ISPN), 2012.

SANTOS, C.A. et al. Elaboração de biscoito de farinha de buriti (*Mauritia flexuosa* L.) com e sem adição de aveia (*Avena sativa* L.). **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v.5, n.1, p.262-273, 2011.

SHAO, C. et al; Comprehensive metabolomic profiling of nutrients in fish and shrimp, **Food Chemistry**, Volume 407, 2023,

SUN, R. et al. Antibiotics and food safety in aquaculture. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 68, n. 43, p. 11908–11919, 2020.

TURCHINI. G.M. TRUSHENSKI. J.T. GLENCROSS B.D. Thoughts for the future of aquaculture nutrition: realigning perspectives to reflect contemporary issues related to judicious use of marine resources in aquafeeds N. Am. **J. Aquac.**, 81 (2018), pp

- TACON, A. G. J., AND M. METIAN. 2008. Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: trends and future prospects. **Aquaculture** 285:146–158.
- TSEGAY, P. T. et al. Analysis of diet and biochemical composition of Nile Tilapia (*O. niloticus*) from Tekeze reservoir and Lake Hashenge, Ethiopia J. **Fish. Livestock Prod.**, 4 (2) (2016).
- TEJADA, M. Huidobro, A, Quality of farmed gilthead seabream (*Sparus aurata*) during ice storage related to the slaughter method and gutting, Eur. **Food Res. Technol.**, 215 (2002), pp. 1-7
- VERDEGEM, M. et al. The contribution of aquaculture systems to global aquaculture production. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 54, n. 2, p. 206–250, 2023.
- VIEIRA, R. F. et al. Frutas nativas da Região do Centro Oeste do Brasil. Brasília: **Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia**, 2006.320 p.
- VIJAYARAM, S. et al. Bioactive immunostimulants as health-promoting feed additives in aquaculture: A review. **Fish and Shellfish Immunology**, v. 130, n. September, p. 294–308, 2022.
- YUAN, Y. et al. Economic profitability of tilapia farming in China. **Aquaculture International**, v. 25, n. 3, p. 1253–1264, 2017.
- YICHAO LI, et al, Effects of heat stress on the chemical composition, oxidative stability, muscle metabolism, and meat quality of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), **Food Chemistry**, Volume 426,2023.

## **CAPÍTULO 3**

### **Artigo 2 - Potencial nutracêutico do óleo de buriti (*Mauritia flexuosa*) como estimulante endógeno de colágeno na pele de tilápias**

Elaborado de acordo com as normas da Revista Scientific\_Reports

<https://www.nature.com/srep/>

# Potencial nutracêutico do óleo de buriti (*Mauritia flexuosa*) como estimulante endógeno de colágeno na pele de tilápias

Luciano Sousa de Brito<sup>(1)</sup>; Leilane Rocha Barros Dourado<sup>(2)</sup>.; Hatawa Melo de Almeida Monteiro<sup>(3)</sup>

## RESUMO

Este estudo avaliou a resistência da pele da tilápia tilápia (linhagem Tilamax-G12) *Oreochomis niloticus*, promovido pelo aumento de fibras colágenas, mediante adição de óleo de buriti (*Mauritia flexuosa*) na dieta dos peixes pelo período de 61 e 90 dias. Analisou-se as propriedades tensiométrica e histológicas da pele da tilápia, após tratamentos por diferentes níveis de óleo do buriti 0 (Controle), 1, 2 e 3% incluído na dieta dos peixes. Não foi identificadas diferenças estatística ( $P>0,05$ ), entre o controle e os tratamentos na avaliação da presença de intensidade de coloração pelo tricrômio de Masson. A intensidade de ocorrência das fibras de colágeno foram avaliadas histologicamente com base em score de 0 – 3, sendo a pontuações de intensidade visual das fibras de colágeno: 0 = ausente de colágeno e/ou coloração, 1 = leve, 2 = moderada e 3 = intensa. Os scores observados nos tratamentos foram 1.5, 2.25, 2.25 e 1.5 respectivamente para os níveis controle, 1, 2 e 3% de incorporação do óleo de buriti. Apesar de não haver diferença estatística entre o grupo controle e os tratamentos, as análises histológicas revelaram intensidade de colágeno leve para o grupo controle, intensa e moderada para o grupo que recebeu a dieta com 1% e 2% de óleo do buriti, e leve 3%. Na avaliação da resistência, a pele dos animais alimentados durante 61 dias com dieta contendo de óleo de buriti, suportou carga máxima que variou de 10,95N/mm<sup>2</sup> a 12,38 N/mm<sup>2</sup>, enquanto que o grupo controle 10,10 N/mm<sup>2</sup>, não apresentando diferença estatística ( $P>0,05$ ) entre o grupo controle e demais tratamentos. A pele dos animais alimentados pelo período de 90 dias suportaram cargas máximas de 11,75 N/mm<sup>2</sup> , 16,26N/mm<sup>2</sup> ( $P<0,05$ ), 13,84N/mm<sup>2</sup> e 10,32N/mm<sup>2</sup>, respectivamente para a incorporação de 0, 1, 2 e 3% de óleo de buriti, apresentando maior resistência o grupo que foi tratado com a dieta que continha 1% de óleo de buriti ( $*P=0,0094$ ). Os testes de deformação à tração em máxima carga (%), não demonstrou diferença estatística ( $P>0,05$ ) entre os

tratamentos em nenhuma das fases (61 e 90 dias), os valores de deformação encontrados 76,01% (mínimo) e 97,57 (máximo) estão acima de valores já encontrados para espécie. O óleo de buriti mostrou-se eficaz no aumento da resistência da pele da tilápia, quando incorporado na dieta na proporção 1%. A maior resistência possivelmente foi promovida pelo aumento de fibras colágenas na pele da tilápia, resultante da alimentação com óleo de buriti, que pode estar relacionado ao seu alto perfil de carotenoides, tocoferóis e ácidos graxos.

**Palavras Chaves:** colágeno, peixes, microscopia, resistência da pele.

## **ABSTRACT**

This study evaluated the skin resistance of tilapia (Tilamax-G12 strain) *Oreochromis niloticus*, promoted by the increase of collagen fibers, through the addition of buriti oil (*Mauritia flexuosa*) in the fish diet for a period of 61 and 90 days. The tensiometric and histological properties of tilapia skin were analyzed after treatments with different levels of buriti oil 0 (Control), 1, 2 and 3% included in the fish diet. No statistical differences ( $P > 0.05$ ) were identified between the control and treatments in the evaluation of the presence of staining intensity by Masson's trichrome. The intensity of occurrence of collagen fibers was evaluated histologically based on a score of 0 - 3, with the visual intensity scores of collagen fibers being: 0 = absent collagen and/or staining, 1 = mild, 2 = moderate and 3 = intense. The scores observed in the treatments were 1.5, 2.25, 2.25 and 1.5 respectively for the control levels, 1, 2 and 3% of buriti oil incorporation. Although there was no statistical difference between the control group and the treatments, the histological analyses revealed light collagen intensity for the control group, intense and moderate for the group that received the diet with 1% and 2% buriti oil, and light 3%. In the resistance evaluation, the skin of the animals fed for 61 days with a diet containing buriti oil, supported maximum load that varied from 10.95 N/mm<sup>2</sup> to 12.38 N/mm<sup>2</sup>, while the control group 10.10 N/mm<sup>2</sup>, showing no statistical difference ( $P > 0.05$ ) between the control group and other treatments. The skin of animals fed for 90 days supported maximum loads of 11.75 N/mm<sup>2</sup>, 16.26 N/mm<sup>2</sup> ( $P < 0.05$ ), 13.84 N/mm<sup>2</sup> and 10.32 N/mm<sup>2</sup>, respectively for the incorporation of 0, 1, 2 and 3% of buriti oil, presenting greater resistance in the group that was treated with the diet containing 1% of buriti oil (\* $P = 0.0094$ ).

The tensile deformation tests at maximum load (%), did not show statistical difference ( $P>0.05$ ) between the treatments in any of the phases (61 and 90 days), the deformation values found 76.01% (minimum) and 97.57 (maximum) are above values already found for this species. Buriti oil proved to be effective in increasing the resistance of the skin of tilapia, when incorporated into the diet at a proportion of 1%. The greater resistance was possibly promoted by the increase in collagen fibers in the tilapia skin, resulting from feeding with buriti oil, which may be related to its high profile of carotenoids, tocopherols and fatty acids.

**Key words:** collagen, fish, microscopy, skin resistance.

## Introdução

O colágeno é uma proteína altamente abundante na matriz extracelular de humanos, mamíferos e outros animais, desempenha um papel crítico na manutenção da integridade estrutural do corpo. O colágeno tipo I é o tipo de colágeno mais prevalente e é essencial para a integridade estrutural de vários tecidos. Ele está presente em quase todos os tecidos conjuntivos e é o principal constituinte da matriz intersticial (Selvaraj et al., 2024).

Até meados de 2015, pelo menos 29 tipos diferentes de colágeno (tipo I-XXIX) tinham sido identificados, e cada um difere significativamente de sua própria sequência de aminoácidos, estrutura molecular e função. Entre eles, o tipo I é a forma mais comum em vertebrados e tem sido amplamente utilizado nas indústrias alimentícia, farmacêutica, cosmética e de engenharia de tecido (Liu et al., 2015).

Fontes marinhas, como peixes e invertebrados, surgiram gradualmente como fontes alternativas de colágeno devido a preocupações religiosas e de saúde associadas a fontes convencionais, como suína e bovina (Lopez et al., 2019). Subprodutos do cultivo de tilápia (*Oreochromis niloticus*), a exemplo da pele tem apresentado significativo potencial biológico e estão sendo usados para o desenvolvimento de dermocosméticos ou produtos farmacêuticos e para cobertura de feridas e principalmente de queimadura (Liao et al., 2018; Lima-junior et al., 2017; Maria et al., 2018; Negreiros et al., 2015; Reátegui-Pinedo et al., 2022).

O colágeno de peixe conquistou um foco acadêmico e comercial significativo nas últimas décadas, apresentando aplicações prospectivas em uma variedade de

indústrias relacionadas à saúde humana e animal, incluindo alimentos, medicamentos, farmacêuticos e cosméticos (Ibrahim et al., 2024; Lima-junior et al., 2017; Liu et al., 2012; Negreiros et al., 2015; Rajabimashhadi et al., 2023).

O colágeno da pele de tilápia é um colágeno tipo I, e tem uma taxa de formação de fibrilas mais rápida e melhores efeitos promotores na migração celular do que o colágeno de pele suína e bovina (Huang et al., 2024). Na busca por fontes alternativas de alimentos promotores de colágenos, identificamos no óleo de buriti (*Mauritia flexuosa*) características que possivelmente proporcionassem o aumento das fibras colágenas nos tecidos e membros dos animais tratados com a dieta contendo-o na sua composição.

O óleo de buriti (*Mauritia flexuosa*) despertou o interesse das indústrias alimentícia em razão das suas propriedades físico-química e nutricional, pelo alto teor de ácidos graxos insaturados, carotenoides, efeitos antioxidante, antidiabético, antibacteriana, cicatrizante e fotoprotetora, em baixas concentrações do óleo comprovado em inúmeros trabalhos científicos (Aquino et al., 2023; Barboza et al., 2022; Batista et al., 2012; Milanez et al., 2018; Pereira et al., 2020). Sua fração lipídica é composta basicamente por tocoferol e óleos com predominância de ácidos graxos oleico e palmítico, que auxiliam na prevenção de doenças cardiovasculares (Barreto et al., 2009; Manhães & Sabaa-Srur, 2011; Nobre et al., 2018).

Diante desse contexto, o óleo de buriti pode ser considerado uma fonte de alimento estimuladora de fibras colágenas na tilápia, pois, além de seu valor nutritivo, possui propriedades terapêuticas benéficas a saúde animal. Dessa forma, objetivou-se, avaliar o efeito da incorporação de óleo de buriti (*Mauritia flexuosa*) sobre constituição e tração da pele de tilápia.

## **Material e métodos**

### **Declaração de Ética**

O experimento foi conduzido de acordo com os protocolos éticos exigidos para realização, seguindo a Resolução N° 879/08 do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), conforme parecer registrado com o nº 799/2023 e aprovado pelo Comitê de Ética e Experimentação Animal da UFPI (CEEA-UFPI).

### **Instalações e condições experimentais**

Inicialmente 200 juvenis de tilápia com 65 dias de nascido, peso médio inicial de  $84,64 \pm 3,54$ , foram pesados, medidos e divididos em 20 tanques de polietileno, com volume individual de 1.000 litros, instalados em galpão coberto protegido da incidência solar com densidade de 10 peixes por tanque, composto por um ponto de abastecimento e drenagem individual de água e um ponto de aeração. Durante as fases de experimentação (61 e 90 dias), os animais foram alimentados com óleo de buriti (*Mauritia flexuosa*), incorporado na ração nas proporções 0% (controle), 1%, 2% e 3%, adotando-se um delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro tratamentos e cinco repetições.

### **Coleta das amostras da pele**

Amostras de pele foram obtidas de tilápia (linhagem Tilamax-G12) *Oreochromis niloticus*, alimentadas durante 61 e 90 dias com óleo de buriti distribuído em quatro tratamentos 0%(controle), 1, 2 e 3% incluso na dieta, resultantes do projeto experimental realizado no biotério de piscicultura do Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí na cidade de Teresina – PI, que teve duração de 13 semanas (90 dias).

Para obtenção das peles, os animais foram atordoados por choque térmico, realizado em caixas isotérmicas com gelo triturado e água na proporção 1:1 e abatidos pelo método de sangria, realizada imediatamente após perderem a consciência. As peles foram removidas dos animais, pesadas e submetidas à lavagem com água corrente, para remoção de resquício de sangue e de outras impurezas, colocadas em sacos plásticos e levadas para congelamento a  $-18^{\circ}\text{C}$ , para posterior preparação para os ensaios de tração. Além da resistência a tração e alongamento, as amostras da pele foram avaliadas o peso (g) e peso relativo [(peso da pele x 100)/peso do peixe].

### **Avaliação histológica da pele**

Porções da pele de tilápia ( $0,5 \times 1,2$  cm) foram fixadas em solução de formol a 10%, por um período de 24 horas, posteriormente mantidas em álcool 70%, clivadas, e depois processadas em álcool (70%, 80%, 90%, 95%, 100%, 100%) por 1 h cada, clarificadas em xileno e, então emblocadas em parafina (Oxford, paraplast) por 24 horas. Em seguida foram seccionadas em seções de 5  $\mu\text{m}$  de espessura em micrótomo Leica RM2255 e coletados em lâminas de vidro. Na fase seguinte a

parafina foi removida com solvente xilol, e as amostras foram hidratadas em série de álcool (100%, 100%, 100%, 90%, 80%, 70%, 60%), em seguida tecidos foram corados com Histokit de coloração de tricrômico de Masson (Easypath, cod nº EP-11-20013), seguindo as recomendações do fabricante. Para identificar o tipo e intensidade das fibras colágenas, foram observadas e fotografadas usando um Microscópio óptico Olympus BX50 (Kim, 2022).

Após análises microscópicas das lâminas, avaliações histológicas foram realizadas às cegas em amostras codificadas, com uma comparação com o grupo controle. A intensidade de ocorrência das fibras de colágeno foram avaliadas histologicamente com base na escala (score) de 0 – 3, metodologia adaptada de (Costa et al., 2019; Ibrahim et al., 2024). Pontuações de intensidade visual das fibras de colágeno: 0 = ausente de colágeno e/ou coloração, 1 = leve, 2 = moderada e 3 = intensa.

### **Testes de tração nas peles**

Os ensaios de tração foram realizados no Laboratório de Ensaios Mecânicos do Curso de Engenharia de Materiais/ Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Piauí – UFPI. As amostras foram avaliadas à temperatura ambiente de acordo com a Norma ASTM D882-18 utilizando máquina de Teste Universal EMIC DL 30000 com célula de carga de 500 N e velocidade de deformação de 50 mm/min (Fig. 1 A).

As amostras de pele de tilápia foram descongeladas lavadas com água corrente para remoção dos resíduos de muculos obtendo-se 84 corpos de prova (do período de 61 dias alimentados com óleo de buriti) e 87 corpos de prova (do período de 90 dias alimentados com óleo de buriti). Os cortes de preparação foi realizado segundo a metodologia de (Negreiros et al., 2015), em que os corpos de prova foram cortados em formato retangular, medindo 10,0 x 2,5 cm (Fig. 1 B).

Durante os ensaio, cada corpo de prova foi posicionado entre as garras (Fig. 1 C) e, com o uso do software Tesc versão 3.04, foram mensuradas a resistência a tração (N/mm<sup>2</sup>), alongamento (deformação) à tração em máximo de carga (%). Além da resistência a tração e alongamento, as amostras da pele foram avaliadas o peso (g) e peso relativo [(peso da pele x 100)/peso do peixe].

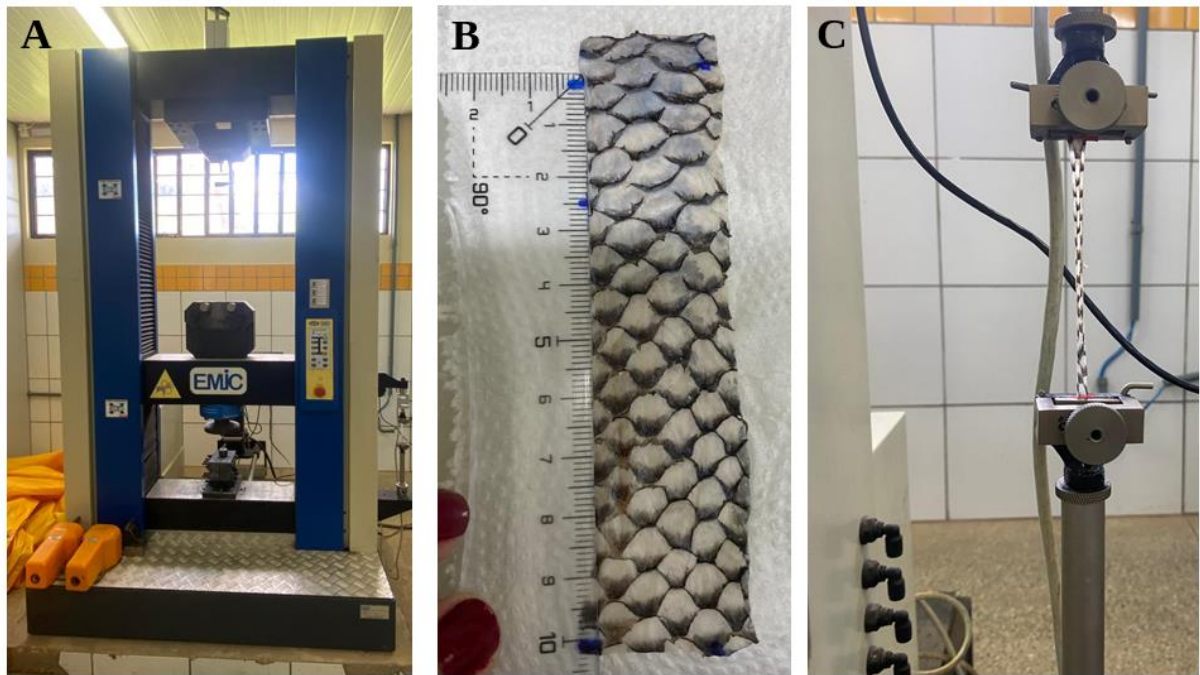


Figura 1: (A) Máquina de Teste Universal EMIC DL 30000 com célula de carga de 500N, (B) corpos de prova cortados em formato retangular, medindo 10,0 x 2,5 cm e (C) corpo de prova posicionado entre as garras

### **Análise estatística**

Os dados de resistência a tração foram submetidos à avaliação de homogeneidade de variância (Bartlett) e normalidade (Shapiro-Wilks), sendo removidos os outliers identificados e, em seguida, submetidos à análise a variância pelo procedimento GLM do SAS versão 9.0 (SAS Institute, 2002), e as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Para a análise os scores intensidade de deposição de colágeno, foi realizada análise não paramétrica dos dados obtidos parcialmente do estudo realizado às cegas em amostras codificadas. Foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis para verificação de significância e teste de Wilcoxon pareado (two-way), a fim de elucidar diferenças intrapares.

### **Resultados**

#### **Avaliação histológica da pele**

Na pele dos peixes, não foram observadas diferenças estatística ( $P > 0,05$ ), pelo teste de Kruskal-Wallis, entre o grupo controle os tratamentos em relação a intensidade de coloração do tricrômio de Masson para deposição de colágenos, apesar dos scores observados nos tratamentos serem de 1.5, 2.25, 2.25 e 1.5,

respectivamente para os níveis 0 (controle), 1, 2 e 3% de incorporação do óleo de buriti (Fig. 2).

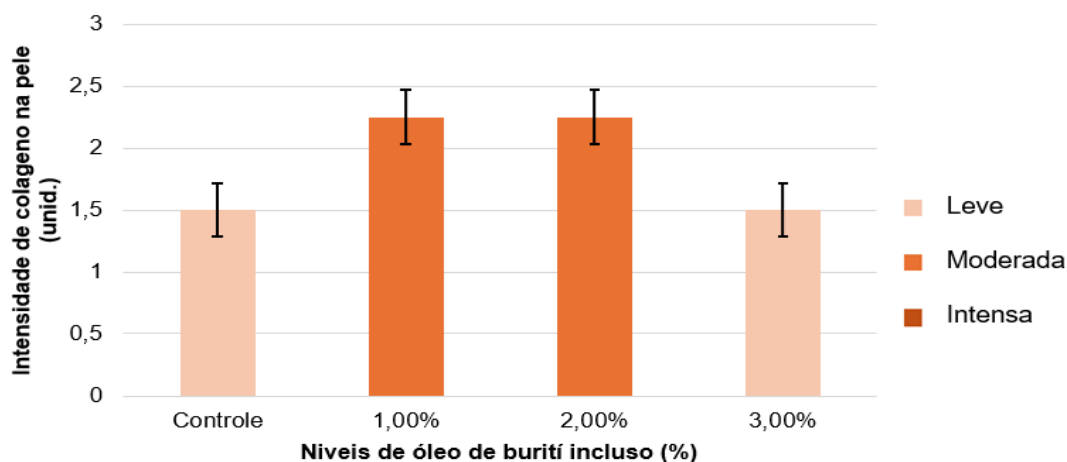


Figura 2: Avaliação da intensidade do colágeno na pele de peixe tilápia submetida a dieta com 1, 2 e 3% de óleo do buriti

Apesar de não haver diferença estatística entre o grupo controle e os tratamentos, as análises histológicas da pele de peixe revelaram intensidade de colágeno de predominância leve para o grupo controle (Fig. 3A), Intensa (Fig. 3 B) e moderada (Fig. 3 C) para os grupos que receberam a dieta com 1% e 2%, e leve para o grupo que recebeu a dieta com 3% de óleo de buriti (Fig. 3D).

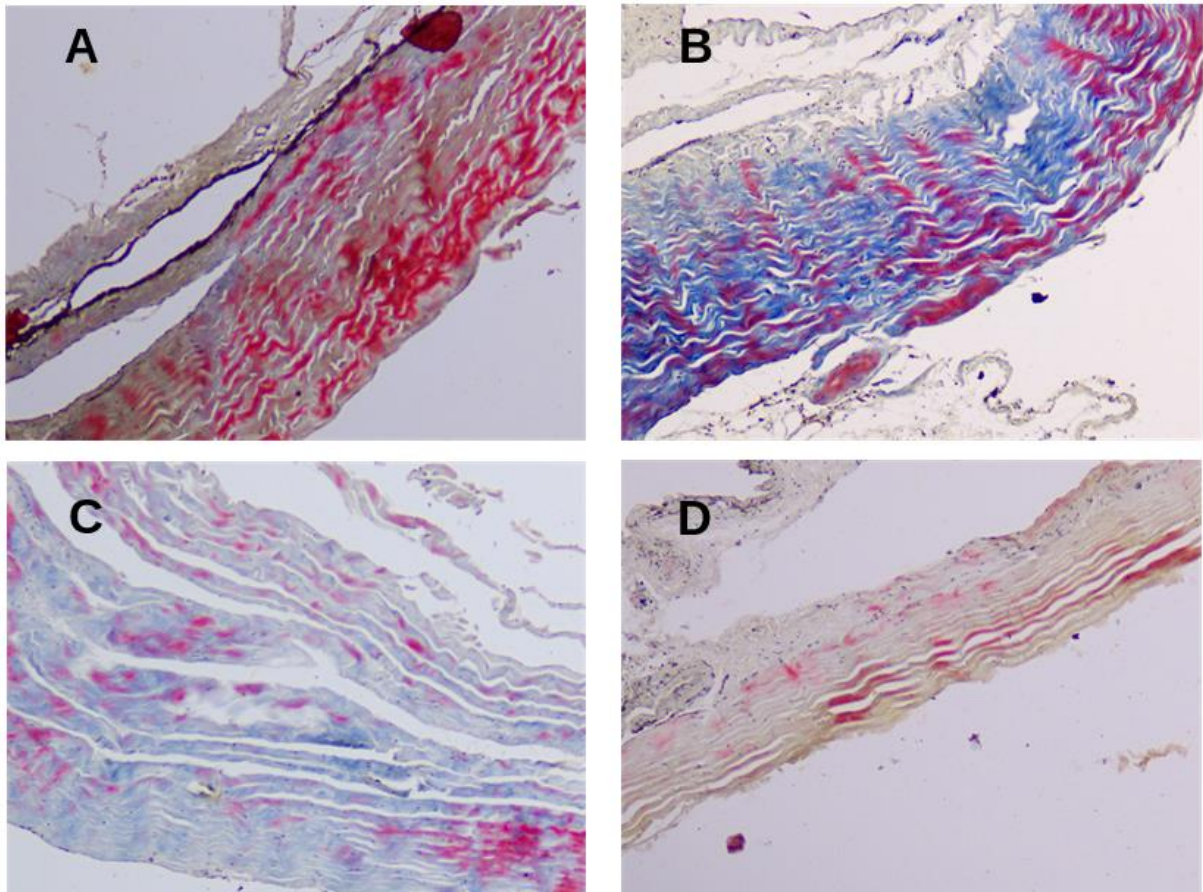


Figura 3: Fotomicrografia mostrando: A - intensidade de colágeno leve (grupo controle), B - Intensa (1%), C - moderada (2%); D – leve (3%) para os grupos que receberam a dieta contendo óleo de buriti. Tricrômico de Masson Avaliações de resistência a tração das peles

A pele dos animais alimentados pelo período de 61 dias com dieta contendo 1%, 2% e 3 % de óleo de buriti, suportou carga máxima que variou de 10,10N/mm<sup>2</sup> a 12,38N/mm<sup>2</sup> (Fig. 2 A), não apresentando diferença estatística entre o grupo controle e demais tratamentos. A pele dos animais alimentados pelo período de 90 dias suportaram cargas máximas de 11,75N/mm<sup>2</sup>, 16,26N/mm<sup>2</sup> (P<0,05), 13,84N/mm<sup>2</sup> e 10,32N/mm<sup>2</sup>, apresentando maior resistência (P=0,0094) o grupo que foi alimentado com a dieta que continha 1% de óleo de buriti (Fig. 2 A).

O teste de deformação (alongamento) à tração em máxima carga (%), não demonstrou diferença estatística (P>0,05) entre os tratamentos em nenhuma das fases (61 e 90 dias), os valores resultantes foram 87,19 (controle), 81,53(1%), 97,57(2%) e 90,56% (3%) para as peles da fase de 61 dias submetidas alimentação com óleo de buriti, e 87,01(controle), 85,38(1%), 76,99(2%) e 76,01(3%) na fase de 90 dias (Fig. 2 B).

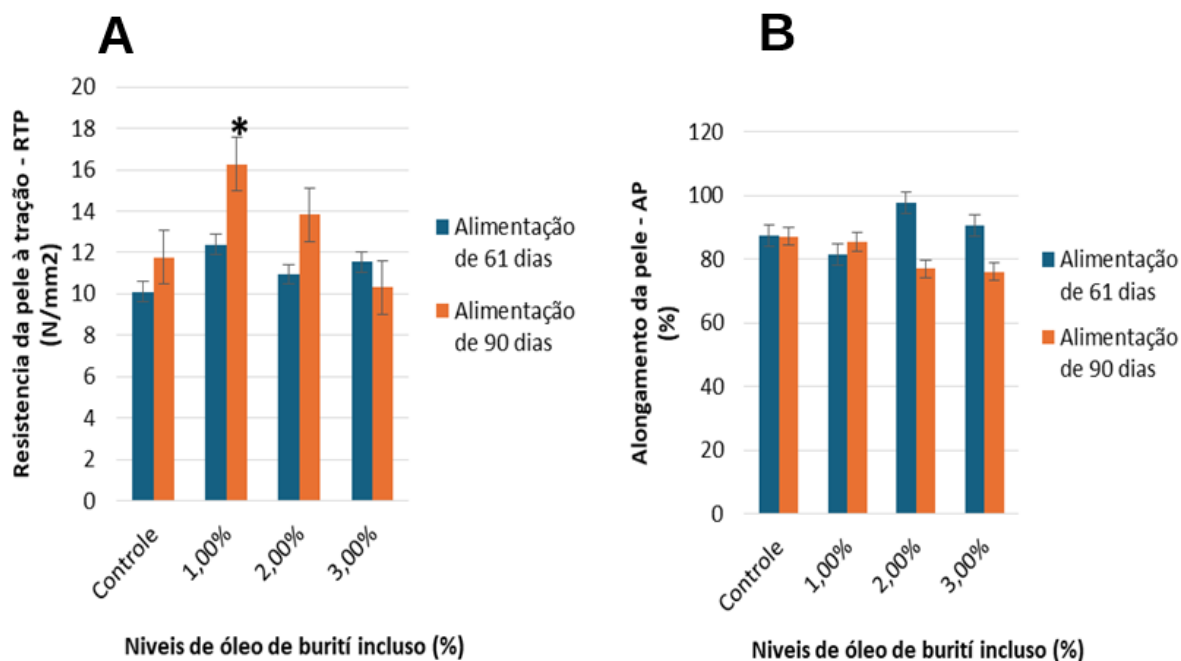


Figura 4: A - pele dos animais alimentados pelo período de 61 dias, carga máxima variando de 10,95N/mm<sup>2</sup> a 12,38 N/mm<sup>2</sup>, grupo controle 10,10 N/mm<sup>2</sup> (P>0,05). B - pele dos animais do período de 90 dias, cargas máximas de 11,75 N/mm<sup>2</sup>, 16,26N/mm<sup>2</sup> (P<0,05), 13,84N/mm<sup>2</sup> e 10,32N/mm<sup>2</sup>, maior resistência no grupo que foi tratado com a dieta 1%

Não houve efeito significativo (p>0,05) para o peso relativo da pele, porém, na fase se 90 dias, houve aumento linear no PRP= 2,621 + 0,112OB, R<sup>2</sup>=0,94, à medida que o óleo de buriti foi adicionado (Fig. 5).

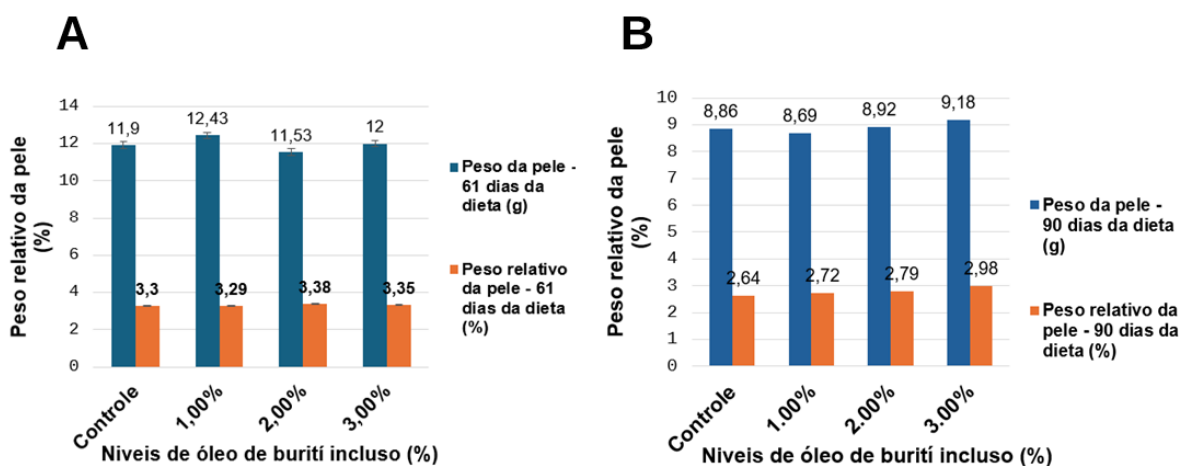


Figura 5: A – Peso da pele e peso relativo com 61 dias de dieta com óleo de buriti; B - Peso da pele e peso relativo com 90 dias de dieta com óleo de buriti

## Discussão

### Avaliação histológica da pele

Pela coloração de Masson, os colágenos podem ser corados de azul e as queratinas podem ser coradas de vermelho (VandeVord et al., 2002). Nas figuras 3A e 3D, pode-se ver que a o azul é de intensidade leve, com com predominância do vermelho, e nas Fig. 3B e 3C o azul se apresenta com maior intensidade, configurando maior disponibilidade de colágeno para o grupo que recebeu a dieta com 1% e 2%, e possivelmente mais queratina para o grupo que recebeu a dieta com 3% de óleo de buriti. Já foi demonstrado por pesquisas que a pele da tilápia fornece 28–40% de rendimento em peso seco de colágeno solúvel em ácido (ASC) ou colágeno solúvel em pepsina (PSC) (Ge et al., 2020; Sun et al., 2017; Zeng et al., 2009), assim sugere se que, mesmo não havendo diferença estatística para os demais (controle e 3%), os tratamentos 1% e 2% demonstraram maior disponibilidade de colágeno, podendo essa sugestão ser confirmada a com análise mais precisa, a de rendimento do colageno.

A eficiência do óleo de buriti no processo cicatricial, foi comprovada por Batista *et al.* (2012), avaliando atividade antibacteriana e cicatrizante do óleo de buriti em feridas cutâneas de ratos, observaram que óleo de burití é capaz de promover um aumento percentual de contração das bordas da ferida na contagem de fibroblastos e fibras colágenas no grupo tratado com óleo de buriti em relação ao grupo controle.

Avaliando os efeitos da inclusão de óleo de buriti em dieta para frangos Brauna *et al.*, (2021) identificaram que a proliferação de colágeno em 3 intensidades (mínima, média e moderada), sendo mínima nos animais da Dieta Controle sem óleo de buriti; intensidade média nos animais que receberam a Dieta controle + 1% de óleo de buriti e intensidade moderada nos animais que receberam a Dieta controle + 2% de óleo de buriti conforme mostra a figuras 1, 2 e 3, respectivamente.

As concentrações de ácidos graxos insaturados presentes no óleo de buriti possuem um importante papel na regeneração tecidual, sendo um importante para a formação e deposição das fibras colágenas sobre a cicatrizes (Santos *et al.*, 2009).

### **Avaliação tensionamento da pele**

Os valores 81,53% (mínimo) e 97,57% (máximo) de deformação à tração em máxima carga encontrados, mostraram-se superiores aos encontrados por Negreiros *et al.*, (2015) para pele de tilápia, onde encontraram deformação de 62,775% (máximo), de 25,908% (mínimo) e média de 42,529 % e Alves *et al.*, (2018), que encontrou 32,23 a 37,70% respectivamente. Gallo *et al.*, (2022) investigando as propriedades mecânicas dos substratos de colágeno tipo I da pele da tilápia do Nilo e de um colágeno tipo I comercial, sugeriram nos resultados que o substrato baseado em colágeno tipo I comercial é caracterizado por maior rigidez, provavelmente devido à ampla conservação de sua estrutura nativa e interações intercadeias muito fortes de moléculas de colágeno, e que o substrato baseado em colágeno tipo I da pele da tilápia exibe maior elasticidade à medida que atinge valores de deformação maiores.

Os valores encontrados para os resultados de esforço à tração em quebra ( $\text{N/mm}^2$  10,10 $\text{N/mm}^2$ (Controle), 12,38 $\text{N/mm}^2$ (1%), 10,95 $\text{N/mm}^2$ (2%) e 11,53 $\text{N/mm}^2$ (3%) na fase de 61 dias e 11,75 $\text{N/mm}^2$ , 16,26 $\text{N/mm}^2$  ( $P < 0,05$ ), 13,84 $\text{N/mm}^2$  e 10,32 $\text{N/mm}^2$  na fase de 90 dias, foram superiores aos valores encontrados por Negreiros *et al.*, (2015) para pele de tilápia, que encontraram valor máximo de 22,73 $\text{N/mm}^2$  e mínimo de 0,704 $\text{N/mm}^2$ . As fibras de colágeno têm excelente resistência à tração e devido às suas três hélices canhotas superenroladas para a direita em torno de um eixo comum, constituindo a estrutura da hélice tripla, como é mostrada na Fig. 6 (Jafari *et al.*, 2020; Mogilner; Ruderman; Grigera, 2002).

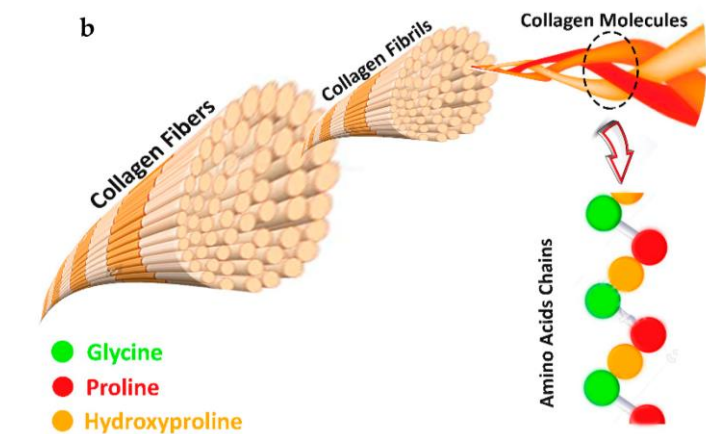


Figura 6: Estrutura das fibras de colágeno, fibrilas, hélices triplas de cadeias alfa e resíduos de aminoácidos, 4-hidroxi prolina (Hyp), glicina (Gly) e prolina, fonte: (Jafari et al., 2020)

Os resultados também apontaram variação reduzida se comparada ao achado nos mesmos autores, variando entre 10,10N/mm<sup>2</sup> (mínimo) e 16,26N/mm<sup>2</sup> (máxima). Os ensaios de resistência à tração são realizados com objetivo de verificar qual a tensão máxima que as membranas suportam até que ocorra sua ruptura, possibilitando avaliar a capacidade da pele em absorver as cargas impostas, sendo essas informações essenciais para sua possível utilização como matrizes na área de regeneração tecidual, onde estão sujeitas à carga (Negreiros et al., 2015).

Os resultados de resistência à tração e deformação, aliados às imagens obtidas em microscopia de luz polarizada, demonstraram que o óleo do buriti tem efeito sobre a deposição de fibras de colágeno nas peles da tilápia. A tilápia do Nilo tem sido estudada por seu uso potencial em biomateriais, o colágeno extraído da pele da tilápia do Nilo tem características típicas de colágeno tipo I (Kittiphattanabawon et al., 2019). A maior resistência possivelmente foi promovida pelo aumento de fibras colágenas na pele da tilápia, resultante da alimentação com óleo de buriti, que pode estar relacionado ao seu alto perfil de carotenoides, tocoferóis e ácidos graxos.

Os valores do peso relativo da pele dos peixe alimentados por 61 dias (3,30%, 3,29%, 3,38%, 3,35) e 90 dias (2,64%, 2,72%, 2,79%, 2,98%) com óleo de buriti, estão abaixo do valor médio encontrado em peixes ósseos (7,5%), segundo Contreras-Guzmán (1994). Maciedos-Viegas, Souza e Kronka, (1997) também

encontraram valores de peso relativo, abaixo da média para peixe ósseo (4,77% a 5,71%) em tilápias, e afirmaram que a forma da retirada da pele deve influir sobre estes valores e, conseqüentemente, aumentar ou diminuir o rendimento de filés sem pele. Portanto, estudos que levem a uma padronização da filetagem e da retirada da pele para posterior aproveitamento em curtumes deverão ser incentivados.

## Conclusões

A incorporação de óleo de buriti em até 1% na ração proporciona maior tração da pele indiciando indiretamente maior concentração de colágeno.

## Referências

Aquino, J. D. S., Batista, K. S., Araujo-silva, G., Coutinho, D., Guzm, C., Magnani, M., & Pontes, C. N. De. (2023). *Antioxidant and Lipid-Lowering Effects of Buriti Oil*.

Barboza, N. L., Cruz, J. M. dos A., Corrêa, R. F., Lamarão, C. V., Lima, A. R., Inada, N. M., Sanches, E. A., Bezerra, J. de A., & Campelo, P. H. (2022). Buriti (*Mauritia flexuosa* L.): An Amazonian fruit with potential health benefits. *Food Research International*, 159(July). <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111654>

Barreto, G. P. M., Benassi, M. T., & Mercadante, A. Z. (2009). Bioactive compounds from several tropical fruits and correlation by multivariate analysis to free radical scavenger activity. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 20(10), 1856–1861. <https://doi.org/10.1590/S0103-50532009001000013>

Batista, S., Olinda, R. G., Medeiros, V. B., Rodrigues, C. M. F., Oliveira, A. F., Paiva, E. S., Freitas, C. I. A., & da Cunha Medeiros, A. (2012). Atividade antibacteriana e cicatrizante do óleo de buriti *Mauritia flexuosa* L. *Ciencia Rural*, 42(1), 136–141. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782012000100022>

Bi, C., Li, X., Xin, Q., Han, W., Shi, C., Guo, R., Shi, W., Qiao, R., Wang, X., & Zhong, J. (2019). Effect of extraction methods on the preparation of electrospun/electrosprayed microstructures of tilapia skin collagen. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 128(2), 234–240. <https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2019.02.004>

BRAUNA, A. S. A. Óleo de buriti como alimento funcional para frangos de corte. 2021. 35 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal do Piauí, Bom Jesus, 2021.

Contreras-guzmán, E.S. Bioquímica de pescados e derivados. Jaboticabal: Funep., 1994.

Costa, B. A., Lima Júnior, E. M., De Moraes Filho, M. O., Fachine, F. V., De Moraes, M. E. A., Silva Júnior, F. R., Do Nascimento Soares, M. F. A., & Rocha, M. B. S. (2019). Use of Tilapia Skin as a Xenograft for Pediatric Burn Treatment: A Case Report. *Journal of Burn Care and Research*, 40(5), 714–717. <https://doi.org/10.1093/jbcr/irz085>

- Dias, M. T. P. M., Bilhar, A. P. M., Rios, L. C., Costa, B. A., Lima Júnior, E. M., Alves, A. P. N. N., Bruno, Z. V., Moraes Filho, M. O. de, & Bezerra, L. R. P. S. (2020). Neovaginoplasty Using Nile Tilapia Fish Skin as a New Biologic Graft in Patients with Mayer-Rokitansky-Küster-Hauser Syndrome. *Journal of Minimally Invasive Gynecology*, 27(4), 966–972. <https://doi.org/10.1016/j.jmig.2019.09.779>
- Franco, M. L. R. S., Viegas, E. M. M., Kronka, S. N., Gasparino, E., Pontara, L. P., & Del Vesco, A. P. (2015). Qualidade de resistência do couro de tilápia do Nilo em função da técnica de curtimento. *Acta Tecnológica*, 10, 24-31.
- Gallo, N., Natali, M. L., Quarta, A., Gaballo, A., Terzi, A., Sibillano, T., Giannini, C., De Benedetto, G. E., Lunetti, P., Capobianco, L., Blasi, F. S., Sicuro, A., Corallo, A., Sannino, A., & Salvatore, L. (2022). Aquaponics-Derived Tilapia Skin Collagen for Biomaterials Development. *Polymers*, 14(9). <https://doi.org/10.3390/polym14091865>
- Ge, B., Wang, H., Li, J., Liu, H., Yin, Y., Zhang, N., & Qin, S. (2020). Comprehensive Assessment of Nile Tilapia Skin (*Oreochromis niloticus*) Collagen Hydrogels for Wound Dressings. *Marine Drugs*, 18(4). <https://doi.org/10.3390/md18040178>
- Ibrahim, A., Fahmy, H. M., Mahmoud, G. A. E., Soliman, M., & Elshahawy, A. M. (2024). New strategies for sterilization and preservation of fresh fish skin grafts. *Scientific Reports*, 14(1), 1–10. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-51608-4>
- Kim, H. T. (2022). Histology and morphometry of the skin of the trident goby *Tridentiger brevispinis* (Perciformes, Gobiidae). *Applied Microscopy*, 52(1). <https://doi.org/10.1186/s42649-022-00077-y>
- Kittiphattanabawon, Phanat; Sriket, Chodsana; Kishimura, Hideki; Benjakul, Sootawat. Characteristics of acid and pepsin solubilized collagens from Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) scale. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, [S. I.], v. 31, n. 2, p. 95–101, 2019. DOI: 10.9755/ejfa.2019.v31.i2.1911.
- Liao, W., Guanghua, X., Li, Y., Shen, X. R., & Li, C. (2018). Comparison of characteristics and fibril-forming ability of skin collagen from barramundi (*Lates calcarifer*) and tilapia (*Oreochromis niloticus*). *International Journal of Biological Macromolecules*, 107(PartA), 549–559. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.09.022>
- Lima-junior, E. M., Picollo, N. S., José, M., Miranda, B. De, Lyeverton, W., & Ribeiro, C. (2017). Uso da pele de tilápia (*Oreochromis niloticus*), como curativo biológico oclusivo, no tratamento de queimaduras. *Rev Bras Queimaduras*, 16(1), 10–17.
- Liu, D., Liang, L., Regenstein, J. M., & Zhou, P. (2012). Extraction and characterisation of pepsin-solubilised collagen from fins, scales, skins, bones and swim bladders of bighead carp (*Hypophthalmichthys nobilis*). *Food Chemistry*, 133(4), 1441–1448. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.02.032>
- Liu, D., Nikoo, M., Boran, G., Zhou, P., & Regenstein, J. M. (2015). Collagen and gelatin. *Annual Review of Food Science and Technology*, 6, 527–557. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-031414-111800>

Lopez, A. L., Penaloza, A. M., Juarez, V. M. M., Torres, A. V., Zeugolis, D. I., & Alvarez, G. A. (2019). Hydrolyzed Collagen-Sources and Applications. *Molecules*, *24*, 1–16. [www.mdpi.com/journal/molecules](http://www.mdpi.com/journal/molecules)

Manhães, L. R. T., & Sabaa-Srur, A. U. O. (2011). Centesimal composition and bioactive compounds in fruits of buriti collected in Pará. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, *31*(4), 856–863. <https://doi.org/10.1590/s0101-20612011000400005>

Maria, C., Leontsinis, P., Lima-Junior, M., Odorico De Moraes Filho, M., Maciel De Brito, M. E., Becker, M., Rocha, S., Flaviane, M., Nascimento, A., Raimundo, F., Junior, S., & Borges De Miranda, M. J. (2018). Preparation of a protocol for the implementation and functioning of the first animal skin bank of Brazil: Experience report Elaboración de un protocolo para implementación y funcionamiento del primer banco de piel animal de Brasil: Relato de experiencia. *Rev Bras Queimaduras*, *17*(1), 66–71.

Milanez, J. T., Neves, L. C., Colombo, R. C., Shahab, M., & Roberto, S. R. (2018). Bioactive compounds and antioxidant activity of buriti fruits, during the postharvest, harvested at different ripening stages. *Scientia Horticulturae*, *227*(December 2016), 10–21. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.08.045>

Mogilner, I. G., Ruderman, G., & Grigera, J. R. (2002). Collagen stability, hydration and native state. *Journal of Molecular Graphics and Modelling*, *21*(3), 209–213. [https://doi.org/10.1016/S1093-3263\(02\)00145-6](https://doi.org/10.1016/S1093-3263(02)00145-6)

Macedo-viegas, E. M.; Rodrigues, M. L.; Kronka, S. do N. Estudo da carcaça de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*), em quatro categorias de peso Revista UNIMAR 19(3):863-870, 1997.

Negreiros, N. A. A. P., Lima Verde, M. E. Q., Ferreira Júnior, A. E. C., Barros Silva, P. G., Pinheiro Feitosa, V., Lima Júnior, E. M., Borges de Miranda, M. J., & Moraes Filho, M. O. (2015). Avaliação microscópica, estudo histoquímico e análise de propriedades tensiométricas da pele de tilápia do Nilo. *Rev Bras Queimaduras*, *14*(3), 203–210. <file:///C:/Users/anton/Downloads/v14n3a04.pdf>

Nobre, C. B., de Sousa, E. O., de Lima Silva, J. M. F., Melo Coutinho, H. D., & da Costa, J. G. M. (2018). Chemical composition and antibacterial activity of fixed oils of *Mauritia flexuosa* and *Orbignya speciosa* associated with aminoglycosides. *European Journal of Integrative Medicine*, *23*(August), 84–89. <https://doi.org/10.1016/j.eujim.2018.09.009>

Pereira, F. T., Pereira, E. C., Mendonça, C. D. J. S., & Oliveira, R. M. M. (2020). Buriti oil: Nutritional quality index and antioxidant and antidiabetic effect. *Revista Virtual de Química*, *12*(1), 2–12. <https://doi.org/10.21577/1984-6835.20200002>

Potart, D., Gluais, M., Gaubert, A., Da Silva, N., Hourques, M., Sarrazin, M., Izotte, J., Mora Charrot, L., & L'Heureux, N. (2023). The cell-assembled extracellular matrix: A focus on the storage stability and terminal sterilization of this human “bio” material. *Acta Biomaterialia*, *166*, 133–146. <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2023.05.002>

Putri, N. M., Kreshanti, P., Syarif, A. N., Duhita, G. A., Johanna, N., & Wardhana, A. (2022). Efficacy of tilapia skin xenograft compared to paraffin-impregnated gauze as

a full-thickness burn dressing after excisional debridement: A case series. *International Journal of Surgery Case Reports*, 95(May), 0–3. <https://doi.org/10.1016/j.ijscr.2022.107240>

Rajabimashhadi, Z., Gallo, N., Salvatore, L., & Lionetto, F. (2023). Collagen Derived from Fish Industry Waste: Progresses and Challenges. *Polymers*, 15(3). <https://doi.org/10.3390/polym15030544>

Reátegui-Pinedo, N., Salirrosas., Linda Sánchez-Tuesta., Quiñones, C., Jáuregui-Rosas, S.R., Barraza, G., Cabrera, A., Ayala-Jara, C., Martinez, R.M., Baby, A. R., Prieto, Z.A. (2022). Characterization of Collagen from Three Genetic Lines (Gray, Red and F1) of *Oreochromis niloticus* (Tilapia) Skin in Young and Old Adults. *Molecules*, 27.

Selvaraj, V., Sekaran, S., Dhanasekaran, A., & Warriar, S. (2024). Type 1 collagen: Synthesis, structure and key functions in bone mineralization. *Differentiation*, 136(February). <https://doi.org/10.1016/j.diff.2024.100757>

SANTOS, J. S.; VIEIRA, A. B. D.; KAMADA, I. A Rosa Mosqueta no tratamento de feridas abertas: uma revisão. *Revista Brasileira de Enfermagem*, v. 62, n. 3, p. 457-462, 2009.

Souza, M. L. R. de, Viegas, E. M. M., Nakaghi, L. S. O., Dourado, D. M., Kronka, S. do N., & Goes, E. S. dos R. (2021). Morfologia, composição centesimal e alterações ocorridas no processo de curtimento da pele da tilápia do Nilo. *Research, Society and Development*, 10(8), e35810817240. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i8.17240>

Souza, M. L. R., & Santos, H. S. L. Dos. (1997). Análise morfológica da pele da tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) através da microscopia de luz. *Revista UNIMAR*, 19(3), 881–888.

Sun, L., Hou, H., Li, B., & Zhang, Y. (2017). Characterization of acid- and pepsin-soluble collagen extracted from the skin of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *International Journal of Biological Macromolecules*, 99, 8–14. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.02.057>

VandeVord, P. J., Matthew, H. W. T., DeSilva, S. P., Mayton, L., Wu, B., & Wooley, P. H. (2002). Evaluation of the biocompatibility of a chitosan scaffold in mice. *Journal of Biomedical Materials Research*, 59(3), 585–590. <https://doi.org/10.1002/jbm.1270>

Zeng, S. kui, Zhang, C. hua, Lin, H., Yang, P., Hong, P. zhi, & Jiang, Z. (2009). Isolation and characterisation of acid-solubilised collagen from the skin of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Food Chemistry*, 116(4), 879–883. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.03.038>