

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

SAHRA GADIA TRELHA

**OTIMIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FORMULAÇÃO DE MORTADELA DE
TILÁPIA DO NILO COM ADIÇÃO DE SAPONINA DE QUINOA**

CAMPO MOURÃO

2025

SAHRA GADIA TRELHA

**OTIMIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FORMULAÇÃO DE MORTADELA DE
TILÁPIA DO NILO COM ADIÇÃO DE SAPONINA DE QUINOA**

**Optimization and characterization of Nile Tilapia mortadella formulation
with the addition of quinoa saponin**

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre em Tecnologia de Alimentos do Programa de Mestrado em Tecnologia de Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientadora: Prof(a). Dra. Adriana Aparecida Droval.

Coorientadora: Prof(a). Dra. Flávia Aparecida Reitz Cardoso.

CAMPO MOURÃO

2025



4.0 Internacional

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos.

Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



**Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Medianeira**



SAHRA GADIA TRELHA

**OTIMIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FORMULAÇÃO DE MORTADELA DE TILÁPIA DO NILO
COM ADIÇÃO DE SAPONINA DE QUINOA**

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Tecnologia De Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Tecnologia De Alimentos.

Data de aprovação: 25 de Abril de 2025

Adriana Aparecida Droval, - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dra. Cristiane Canan, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dra. Gislaíne Silveira Simoes, Doutorado - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná (Ifpr)

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 25/04/2025.

Dedico este estudo à minha família, meu porto seguro!

AGRADECIMENTOS

Certamente estes parágrafos não irão atender a todas as pessoas que fizeram parte dessa importante fase de minha vida. Portanto, desde já peço desculpas àquelas que não estão presentes entre essas palavras, mas elas podem estar certas que fazem parte do meu pensamento e de minha gratidão.

A Deus, por todas as bênçãos em minha vida.

À UTFPR por ter-me possibilitado desenvolver este estudo.

A minha orientadora Professora Dra. Adriana Aparecida Droval, por ter me encorajado, pela paciência, ensinamentos, pela sabedoria com que me guiou nesta trajetória e por ter acreditado em mim. A minha coorientadora, Professora Dra. Flávia Aparecida Reitz Cardoso, por toda contribuição em nosso estudo.

Aos meus colegas do grupo de pesquisa, Maria Isabel Campos Oliveira, Eduardo de Moraes Lazari e Gabriela Wolhmuth, por todo empenho, companheirismo e auxílio na produção e análise da mortadela.

Gostaria de deixar registrado também o meu agradecimento à minha família, que mesmo de longe acreditaram e me apoiaram.

Às empresas que doaram os materiais para realização do estudo.

Enfim, a todos os que por algum motivo acreditaram e contribuíram para a realização desta pesquisa.

“Nossa maior fraqueza está em desistir.
O caminho mais certo de vencer é tentar mais uma vez.”

Thomas Edison

RESUMO

O estado do Paraná está entre os maiores produtores nacionais de tilápia do Nilo, e este aumento impulsiona a industrialização de formulações alimentícias inovadoras, capazes de atender a demanda por alternativas saudáveis e sustentáveis, com a utilização de ingredientes naturais. A saponina, um composto orgânico bioativo encontrado em diversas plantas como aveia, feijão, grão-de-bico, ervilha e quinoa, possui propriedades diuréticas, antimicrobianas, surfactantes e tensoativas. Este estudo desenvolvido em duas fases, iniciou com a otimização por meio de um planejamento experimental de mistura da formulação de mortadela de peixe, tendo como variáveis independentes a fécula de mandioca e saponina de quinoa. Gerou-se sete formulações, incluindo repetições no ponto central ($p < 0,05$). Não houve variação estatística para as análises de pH (6,21 a 6,39), textura instrumental e aW (0,96). A formulação com 100% de saponina de quinoa (F2) em substituição a fécula diferiu das demais, apresentando menor capacidade de retenção de água (CRA) (83,38 g 100 g⁻¹), menor valor para a luminosidade ($L^* = 63,60$) e maior valor para a cromátide b^* (17,63), indicando uma tendência à cor amarela. A cromátide de cor a^* (4,46 a 5,45) manteve-se com a mesma média significativa. Identificou-se que a composição da mortadela consistiu em uma desejabilidade global de 72,046%, e o ponto ótimo de operação das variáveis de entrada para a melhor mistura permitiu a otimização de uma formulação contendo 80% de fécula de mandioca e 20% de saponina de quinoa - formulação otimizada (FO). Na segunda fase a FO foi submetida a análises sensorial e composição centesimal. Durante 60 dias avaliou-se características físico-químicas e oxidação lipídica. A FO foi comparada com as formulações F1 (100% de fécula de mandioca) e F2 (100% de saponina de quinoa). A FO apresentou boa aceitação sensorial com uma nota de 7,37 para a avaliação global, e 63,57 g 100⁻¹ de umidade, 3,21 g 100⁻¹ de cinzas, 13 g 100⁻¹ de proteínas e 9,98 g 100⁻¹ de lipídeos. O pH (6,38 a 6,54) manteve-se estável para ambas as formulações durante os 60 dias. Os valores de CRA para FO (93,42%) e F1 (92,54%) se mantiveram maior comparados ao valor de F2 (90,12%) ao longo dos dias. Para todas as amostras aW não teve variação significativa apresentando (0,97 e 0,98). Na análise de cor, o valor L^* manteve-se estável, e F2 apresentou a menor luminosidade ($L^* = 66,09$) no dia 60. Os valores para a^* foram mais consistentes durante o armazenamento (5,46 a 6,65 aos 60 dias). Para a cromátide b^* , continuaram mais acentuados para F2 (17,45 aos 60 dias). Nos resultados da oxidação lipídica, FO e F2 apresentaram os melhores valores médios durante o armazenamento, com 2,55 e 2,35 mg MDA kg⁻¹, respectivamente, diferindo de F1 (2,96 mg MDA kg⁻¹), sugerindo que a adição da saponina de quinoa interferiu positivamente na atividade antioxidante. Para os parâmetros avaliados na textura, a dureza (5,86 a 6,98 N para 24,90 a 28,19 N), a gomosidade (512,33 a 606,82 N para 1955,99 a 2350,89 N) e a mastigabilidade (495,36 a 574,99 N m⁻¹ para 1851,21 a 2256,24 N m⁻¹) apresentaram valores aumentados aos 60 dias. Conclui-se que a FO apresentou parâmetros físico-químicos e sensoriais positivos, indicando a importância de otimizar e inovar no processamento de produtos cárneos com a aplicação de ingredientes promissores.

Palavras-chaves: emulsionados cozidos; carne mecanicamente separada; compostos bioativos.

ABSTRACT

The state of Paraná is among the largest national producers of Nile tilapia, and this increase is driving the industrialization of innovative food formulations capable of meeting the demand for healthy and sustainable alternatives using natural ingredients. Saponin, a bioactive organic compound found in several plants such as oats, beans, chickpeas, peas, and quinoa, has diuretic, antimicrobial, surfactant, and tensioactive properties. This study, developed in two phases, began with the optimization through an experimental design of the mixture of the fish mortadella formulation, with cassava starch and quinoa saponin as independent variables. Seven formulations were generated, including repetitions at the central point ($p < 0.05$). There was no statistical variation for the analyses of pH (6.21 to 6.39), instrumental texture, and aW (0.96). The formulation with 100% quinoa saponin (F2) replacing starch differed from the others, presenting a lower water retention capacity (WRC) ($83.38 \text{ g } 100^{-1}$), lower value for luminosity ($L^* = 63.60$) and higher value for chromatid b^* (17.63), indicating a tendency towards yellow color. The chromatid color a^* (4.46 to 5.45) maintained the same significant mean. It was identified that the mortadella composition consisted of an overall desirability of 72.046%, and the optimum operating point of the input variables for the best mixture allowed the optimization of a formulation containing 80% cassava starch and 20% quinoa saponin - optimized formulation (OP). In the second phase, FO was subjected to sensory analysis and centesimal composition. During 60 days, physicochemical characteristics and lipid oxidation were evaluated. FO was compared with formulations F1 (100% cassava starch) and F2 (100% quinoa saponin). FO showed good sensory acceptance with a score of 7.37 for the overall evaluation, and $63.57 \text{ g } 100^{-1}$ of moisture, $3.21 \text{ g } 100^{-1}$ of ash, $13 \text{ g } 100^{-1}$ of protein, and $9.98 \text{ g } 100^{-1}$ of lipids. The pH (6.38 to 6.54) remained stable for both formulations during the 60 days. The CRA values for FO (93.42%) and F1 (92.54%) remained higher compared to the value of F2 (90.12%) throughout the days. For all samples aW there was no significant variation present (0.97 and 0.98). In the color analysis, the L^* value remained stable, and F2 presented the lowest luminosity ($L^* = 66.09$) on day 60. The values for a^* were more consistent during storage (5.46 to 6.65 at 60 days). For the b^* chromatid, they remained more accentuated for F2 (17.45 at 60 days). In the results of lipid oxidation, FO and F2 presented the best average values during storage, with 2.55 and 2.35 mg MDA kg^{-1} , respectively, differing from F1 (2.96 mg MDA kg^{-1}), suggesting that the addition of quinoa saponin positively interfered with the antioxidant activity. For the parameters evaluated in texture, hardness (5.86 to 6.98 N for 24.90 to 28.19 N), gumminess (512.33 to 606.82 N for 1955.99 to 2350.89 N), and chewiness (495.36 to 574.99 N m^{-1} for 1851.21 to 2256.24 N m^{-1}) showed increased values at 60 days. It is concluded that FO presented positive physicochemical and sensory parameters, indicating the importance of optimizing and innovating in the processing of meat products with the application of promising ingredients.

Keywords: cooked emulsified products; mechanically separated meat (MSM); bioactive compounds.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma de obtenção da CMS de Tilápia do Nilo	20
Figura 2 - Comparação de CMS lavada e CMS não lavada.....	21
Figura 3 - Representação esquemática de uma emulsão.....	22
Figura 4 - Quinoa preta, branca e marrom.....	24
Figura 5 – Fluxograma do processamento da mortadela de peixe.....	29
Figura 6 - Ficha de análise sensorial.....	33
Figura 7 - Dureza como parâmetro de textura das mortadelas de peixe	37
Figura 8 - Adesividade como parâmetro de textura das mortadelas de peixe.....	37
Figura 9 - Elasticidade como parâmetro de textura das mortadelas de peixe.....	38
Figura 10 - Mastigabilidade como parâmetro de textura das mortadelas de peixe	38
Figura 11 - Gomosidade como parâmetro de textura das mortadelas de peixe	39
Figura 12 - Coesividade como parâmetro de textura das mortadelas de peixe	39
Figura 13 - Resiliência como parâmetro de textura das mortadelas de peixe	40
Figura 14 - Representação gráfica da função da desejabilidade para as respostas CRA, aW e os parâmetros de cor L^*, a^* e b^*	42
Figura 15 - Análise sensorial das amostras de mortadela de peixe.....	47
Figura 16 - Evolução da oxidação lipídica ao longo do tempo de conservação da mortadela de peixe.....	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Proporção de fécula de mandioca e saponina de quinoa com três repetições no ponto central	28
Tabela 2 - Concentrações dos ingredientes e aditivos utilizados nas formulações de mortadela (F1 a F7)	29
Tabela 3 - Médias e desvios-padrão das análises físico-químicas para as amostras de mortadela de peixe considerando fécula de mandioca e saponina	34
Tabela 4 - Médias e desvios-padrão da análise de textura para as amostras de mortadela de peixe considerando fécula de mandioca e saponina	40
Tabela 5 - Médias e desvios-padrão da composição centesimal para as amostras de mortadela de peixe considerando fécula de mandioca e saponina	43
Tabela 6 - Resultados das análises microbiológicas para as formulações de mortadela FO (otimizada), F1 (100% fécula de mandioca) e F2 (100% saponina de quinoa)	46
Tabela 7 - Médias e desvios-padrão da análise sensorial para as amostras de mortadela de peixe considerando fécula de mandioca e saponina	46
Tabela 8 - Médias e desvios-padrão das análises físico-químicas para as amostras de mortadela de peixe FO, F1 e F2 ao longo do tempo de armazenamento de 60 dias	49
Tabela 9 - Médias e desvios-padrão da análise de textura para as amostras de mortadela de peixe FO, F1 e F2 ao longo do tempo de armazenamento de 60 dias	55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

aW	Atividade de água
IAA	Índice de absorção de água
IAL	Instituto Adolfo Lutz
CMS	Carne mecanicamente separada
CRA	Capacidade de retenção de água
FO	Formulação otimizada
I. N.	Instrução Normativa
MAPA	Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento
MPA	Ministério da Pesca e Aquicultura
pH	Potencial hidrogeniônico
RTIQ	Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade

/

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	15
2.1	Objetivo geral	15
2.2	Objetivos específicos	15
3	REVISÃO DA LITERATURA	16
3.1	Aquicultura	16
3.2	O pescado como alimento	17
3.3	Produção paranaense de Tilápia	17
3.4	Exportações de Tilápia	18
3.5	Tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)	18
3.6	CMS de tilápia	20
3.7	Processo de emulsão	22
3.8	Embutidos cárneos	23
3.9	Quinoa (<i>Chenopodium quinoa willd</i>)	24
3.10	Saponinas	25
4	MATERIAL E MÉTODOS	27
4.1	Matéria-prima	27
4.2	Planejamento experimental	27
4.3	Preparo das formulações da mortadela de peixe	28
4.4	Análises realizadas na primeira fase do estudo	30
4.4.1	Determinação do pH	30
4.4.2	Determinação da cor objetiva (L^* , a^* e b^*)	30
4.4.3	Capacidade de retenção de água (CRA)	30
4.4.4	Determinação da atividade de água (aW)	31
4.4.5	Perfil de textura	31
4.5	Análises realizadas na segunda fase do estudo	31
4.5.1	Composição centesimal	32
4.5.2	Análises microbiológicas.....	32
4.5.3	Análise sensorial	32
4.5.4	Determinação da oxidação lipídica.....	33
4.6	Análise estatística	33
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
6	CONCLUSÃO	59
	REFERÊNCIAS	60

1 INTRODUÇÃO

A mortadela é um embutido cárneo muito consumido e apreciado mundialmente, teve sua origem há mais de dois mil anos no Império Romano, como o petisco favorito dos imperadores, e ainda atualmente a Itália é o maior consumidor deste embutido (Ferreira, 2016). Segundo o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade - IN nº 04, de 31 de março de 2000, é definida como um produto industrializado, obtido da emulsão de carnes de um ou mais animais, como suíno, bovino, frango, peixes, com adição ou não de toucinho, adicionado de ingredientes, obtendo-se uma massa fina, devido ao seu alto grau de moagem ou cominuição, embutida em tripas artificiais ou naturais e submetida ao tratamento térmico adequado (Brasil, 2000).

O pescado, o qual pode ser uma das matérias-primas utilizada no processamento de embutidos cárneos emulsionados é fonte de proteínas, vitaminas, minerais e ácidos graxos como o ômega-3 e seu consumo promove benefícios à saúde (Lohmann *et al.*, 2018). Segundo a Associação Brasileira de Piscicultura Peixe BR (2025), o Brasil produziu 662.230 toneladas de tilápia, em 2024. O estado do Paraná é líder na produção da espécie, assim como o Brasil está classificado como quarto maior produtor mundial. O crescimento da produção de peixes de cultivo em 2024 foi o maior nos dez anos de levantamento da Associação Brasileira da Piscicultura.

Com o aumento na produção e beneficiamento de peixes, a criação da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) vem servindo como alternativa, e tornou-se nos últimos anos a espécie considerada o “carro-chefe” da piscicultura no Brasil, devido a sua adaptação a condições climáticas que favorecem o seu desenvolvimento, a qualidade da carne (Andrade, 2022) e principalmente a ausência de espinhos no filé (Da Costa, 2019).

O maior processamento da tilápia é a produção de filé, após a retirada deste corte, permanece aderida a carcaça uma quantidade considerável de carne, tendo muitas vezes também a produção de aparas que são retiradas do corte no refile e preparo do filé. Esta carne presa a carcaça e as aparas podem ser mecanicamente moídas e separadas dos ossos e espinhos dando origem a um novo produto, a carne mecanicamente separada (CMS) de peixe, também denominada de polpa (Brasil, 2000). Geralmente essa carne que fica na carcaça e as aparas são considerados resíduos sólidos e quase sempre utilizados na alimentação animal, mas por meio e implementação de estudos e beneficiamento podem originar novos produtos industrializados para a alimentação humana, pois são matérias-primas de qualidade nutricional (Alda, 2018).

Cada vez mais exigentes com a qualidade e características que elevam o valor nutricional, os consumidores vem buscando alimentos selecionados, saborosos, de uso conveniente, com praticidade e produzidos de maneira sustentável, atentando aos impactos ambientais gerados para sua obtenção (Duarte, 2017).

A demanda por qualidade de vida vem crescendo acompanhada de mudanças nos hábitos alimentares dos consumidores (De Souza *et al.*, 2022). Paralelamente a esse fator a indústria trabalha no desenvolvimento de produtos com formulações mais saudáveis, substituindo e implementando novos ingredientes, mas sem perder a aceitabilidade e características dos produtos. Alguns novos produtos cárneos, tem sido desenvolvido com aplicação de ingredientes, como as proteínas de soja, proteínas do colágeno (Costa *et al.*, 2024), lipídeos (lecitina de soja) e hidratos de carbono (farinhas, amidos e gomas) (Da Silva *et al.*, 2020) e as saponinas, com o objetivo de agregar propriedades saudáveis e de alguma forma contribuir no melhoramento de propriedades funcionais e tecnológicas dos industrializados. Muitos destes ingredientes inclusive podem auxiliar minimizando algumas enfermidades como por exemplo, estudos apontam as saponinas na redução do colesterol (Filho, 2013). Em outros novos produtos cárneos tem se trabalhado na redução no teor de gordura, devido aos riscos que a gordura saturada pode ocasionar à saúde, e na substituição de aditivos sintéticos por naturais que apresentam propriedades antioxidantes (Henrique *et al.*, 2024; Júnior Muraoka *et al.*, 2019), antimicrobianas (Filho, 2013) e até mesmo corantes naturais (Henrique *et al.*, 2024).

A quinoa (*Chenopodium quinoa*) uma semente originária da Cordilheira dos Andes, é um pseudocereal com alto poder nutritivo, importante fonte de proteínas, fibras, inúmeras vitaminas e minerais, não contém colesterol, nem glúten e nem lactose (Machado, 2014). A quinoa possui em torno de 57 a 69% de amido em sua composição, ou seja, de acordo com Salas (2011), é uma excelente opção para auxiliar na retenção de água, diminuir a tensão superficial da água devido as propriedades surfactantes auxiliando na formação da emulsão na produção de embutidos, devido a suas propriedades naturais. Os carboidratos e demais glicosídeos da quinoa como as saponinas têm efeitos benéficos hipoglicêmicos e induzem a diminuição dos ácidos graxos livres, podendo ser considerados como nutracêuticos (Filho, 2014).

As saponinas, são glicosídeos, compostos orgânicos bioativos, encontrados em muitos cereais e leguminosas, estão presentes no tegumento das sementes de quinoa, se comportando como um revestimento natural presente nas camadas mais externas (episperma). Estas camadas são retiradas durante o beneficiamento da quinoa, durante o processo de lavagem,

devido a saponina conferir um sabor amargo ao grão. Mas a saponina da quinoa apresenta atividade antifúngica, antitumoral e estudos tem comprovado o auxílio da saponina na redução dos níveis de colesterol (Filho, 2014). Além disto, as saponinas da quinoa possuem propriedades surfactantes, ou seja, capacidade de formar espumas estáveis, semelhantes a sabão, em soluções aquosas, e vem sendo aplicadas no processamento da cerveja e na indústria química (Filho, 2014).

O objetivo do presente estudo foi produzir embutidos emulsionados cozidos do tipo mortadela, com a adição de CMS de Tilápia do Nilo e saponina de quinoa, ambos subprodutos da indústria de alimentos, e avaliar o efeito do uso da saponina de quinoa nas características físico-químicas, sensorias e tecnológicas no produto. Desta forma, desenvolvendo um produto saudável com propriedades nutricionais e tecnológicas, e agregando valor a subprodutos oriundos da industrialização.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Otimizar a formulação de mortadela de peixe com adição de CMS de tilápia do Nilo e saponina de quinoa por um planejamento experimental de mistura e avaliar durante 60 dias as características físico-químicas, estabilidade oxidativa e textura da mortadela otimizada.

2.2 Objetivos específicos

- Aplicar o planejamento experimental de mistura para dois componentes, fécula de mandioca e saponina de quinoa, gerando 07 formulações visando otimizar uma mortadela de peixe com propriedades funcionais e tecnológicas ideais.
- Determinar nas mortadelas as análises físico-químicas: pH, cor objetiva (L^* , a^* e b^*), capacidade de retenção de água (CRA), atividade de água (aW) e textura instrumental.
- Avaliar os resultados e determinar a formulação otimizada (FO) e o grau de deseabilidade através da diferença significativa aplicando o teste de Tukey ao nível de 5%.
- Determinar a composição centesimal da formulação otimizada (FO) e comparar com as formulações padrão F1 (100% fécula de mandioca) e padrão F2 (100% saponina de quinoa).
- Avaliar microbiologicamente as formulações FO (otimizada), F1 (100% fécula de mandioca) e F2 (100% saponina de quinoa), de acordo com a legislação Instrução Normativa Nº 161, de 1º de julho de 2022
- Avaliar sensorialmente pelo Teste de Aceitação utilizando a escala hedônica estruturada de 9 pontos.
- Armazenar e determinar durante 60 dias nos intervalos de tempo de 0 (corresponde a 24 h após o processamento), 15, 30, 45 e 60 dias as formulações FO, F1 e F2 e avaliar estatisticamente os resultados físico-químicos de pH, cor objetiva (L^* , a^* e b^*), aW, CRA, textura instrumental e oxidação lipídica pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Aquicultura

A obtenção de pescado pode ser realizada por meio da aquicultura, uma atividade agropecuária que envolve a produção de organismos aquáticos em cativeiro. A aquicultura vem ganhando destaque como um dos setores primários de maior crescimento na economia global, e o Brasil tem se posicionado cada vez mais como um protagonista nesse cenário. Comparada a outras cadeias produtivas do país, como a avicultura, suinocultura e pecuária bovina, a aquicultura tem apresentado taxas de crescimento ainda mais aceleradas (Romanzini; Da Costa, 2023).

A categoria de pescados abrange uma ampla gama de espécies aquáticas, como peixes, camarões, ostras, mexilhões, além de anfíbios e répteis que servem de alimento para o consumo humano. A Organização Mundial da Saúde (OMS) recomenda o consumo de, no mínimo, 250 gramas de proteína proveniente desses organismos por semana, reforçando a importância do pescado como uma fonte saudável e essencial de nutrientes (MAPA, 2000).

No Brasil, o avanço da aquicultura tem sido impulsionado pela crescente demanda de mercado, promovendo uma transformação rápida e significativa no setor. Segundo a FAO - Food and Agriculture Organization 2022, o consumo per capita de peixes no país deverá atingir 21,4 kg até 2030, em grande parte devido à conscientização sobre a importância de uma alimentação mais saudável, que prioriza o bem-estar e a saúde.

Historicamente, a pesca é uma das atividades mais antigas da humanidade (MAPA, 2011), e, junto com a aquicultura, desempenha um papel crucial na geração de emprego, no comércio e no desenvolvimento econômico das regiões envolvidas. Em 2020, o valor total das vendas iniciais da produção pesqueira e aquícola foi estimado em US\$ 406 bilhões, sendo que US\$ 265 bilhões foram atribuídos exclusivamente à aquicultura (FAO, 2022).

O Brasil, com sua vasta riqueza hídrica, detém cerca de 13% da água doce disponível em todo o mundo e uma extensa costa litorânea de 8,4 mil quilômetros. Além disto, o país conta com uma enorme biodiversidade e condições ambientais e climáticas ideais para o cultivo de diversas espécies aquáticas. Estes fatores criam um ambiente altamente favorável para o desenvolvimento contínuo da aquicultura e destacam o potencial do Brasil nesse setor (Duarte, 2017).

3.2 O pescado como alimento

O pescado é uma excelente fonte de proteínas, com musculatura de alto valor nutritivo, rica em aminoácidos essenciais, especialmente aqueles limitantes em proteínas de origem vegetal (Vidotti; Gonçalves, 2006). A adoção de uma alimentação saudável, minimamente processada, que evite o consumo excessivo de carboidratos, açúcares, sódio, gorduras e conservantes, é cada vez mais importante. Neste contexto, o pescado se destaca por ser pobre em gorduras saturadas, carboidratos e colesterol, além de fornecer lipídios, proteínas, lisina e uma ampla variedade de micronutrientes, como vitaminas do complexo B e minerais como cálcio, magnésio, fósforo e potássio. Também é uma fonte valiosa de ácidos graxos poli-insaturados da série ômega 3, conhecidos por ajudar a reduzir os níveis de triglicérides e colesterol. Por sua composição rica em ácidos graxos insaturados, o pescado pode ser considerado um alimento funcional, algo não observado em outras carnes de origem animal, como as bovinas e suínas (Da Silva *et al.*, 2021).

3.3 Produção paranaense de tilápia

Os dados apontam que o Paraná é líder brasileiro na produção de tilápia. Segundo dados da Associação Brasileira de Piscicultura Peixe BR (2025), o Paraná lidera o *ranking* nacional, com 245.115 toneladas, seguido de São Paulo, com 87.000 toneladas e Minas Gerais, com 68.700 toneladas. O aumento na produção da tilápia se deve ao aumento pelo interesse da população por proteína e alimentação mais saudável.

No Brasil, o processamento industrial da tilápia se iniciou nos anos 90, mais especificamente no Oeste do estado do Paraná, priorizando beneficiar somente filés de tilápia congelados (Cabral *et al.*, 2012). A cidade de Toledo, localizada nesta região, é a maior produtora, com um Valor Bruto de Produção de R\$ 1,08 bilhão, representando 52,7% do total estadual. Dos 399 municípios paranaenses, 364 apresentaram atividade de piscicultura em 2023. Para se ter uma ideia da força da região Oeste, das dez cidades que mais produzem peixe no Paraná, nove são da região Oeste (SEAB, 2024), por este motivo o Paraná atualmente é o estado que mais abate tilápia por dia, devido à crescente movimentação por instalação de abatedores na região Oeste do estado (Romanzini; Da Costa, 2023).

De acordo com a Associação Brasileira de Piscicultura Peixe BR (2023), no ano de 2023 o Brasil produziu cerca de 887.029 toneladas de peixes cultivados, totalizando uma receita de aproximadamente R\$ 9 bilhões, sendo que 30% dessa produção é liderado pelo

peixe Tambaqui, que é uma espécie de peixe nativo, 65% pela tilápia e 5% de outras espécies. A piscicultura gera anualmente, cerca de 3 milhões de empregos diretos e indiretos.

3.4 Exportações da tilápia

A exportação de pescados pelo Paraná alcançou um volume expressivo de 3,26 mil toneladas no primeiro semestre de 2024, em comparação com 2,7 mil toneladas no mesmo período de 2023, resultando em um crescimento significativo de 20%. Em termos financeiros, o valor das exportações saltou para US\$ 16,3 milhões, em contraste com os US\$ 8,9 milhões do ano anterior. Os Estados Unidos se destacam como o principal importador do pescado paranaense, com uma preferência clara pela Tilápia do Nilo, totalizando US\$ 15,9 milhões em compras. Logo após, estão o Canadá, com US\$ 90 mil em exportações, também de tilápia, e Moçambique, com US\$ 57 mil, focado em peixes de outras espécies. Outros mercados, como os da Europa, Ásia, África, América do Sul e América Central, também se configuram como importantes consumidores do pescado proveniente do Paraná. A Tilápia do Nilo domina essas exportações, representando 99% das 3,26 mil toneladas destinadas aos mercados internacionais (SEAB, 2024).

Embora o Brasil seja um grande produtor e exportador de pescados, o consumo interno per capita ainda está abaixo do recomendado. De acordo com a EMBRAPA, o consumo médio de peixes no Brasil em torno de 9,5 kg por habitante ao ano, inferior à recomendação da FAO, que sugere um consumo de 12 kg por habitante anualmente, porém há uma expectativa de aumento no longo prazo (EMBRAPA, 2023). Este dado evidencia a necessidade de fomentar ainda mais o consumo de peixes no mercado interno, promovendo hábitos alimentares mais saudáveis e aproximando o Brasil das metas internacionais de consumo de alimentos ricos em proteínas e nutrientes, como a tilápia.

A importância da tilápia no cenário nacional e internacional se destaca não apenas pelas exportações, mas também pela sua relevância como uma fonte acessível e saudável de proteína.

3.5 Tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*)

A tilápia é um peixe do grupo dos *Teleósteos*, pertencente à ordem *Peciforme*, família *Cichlidae* e subfamília *Pseudocrenilabrinae*. Originária da bacia do Rio Nilo, no leste da África, encontra-se atualmente distribuída em regiões tropicais e subtropicais ao redor do mundo. A espécie foi introduzida no Brasil em 1971, nos açudes do Nordeste, e rapidamente

se difundiu pelo restante do país (Da Silva *et al.*, 2015). Com corpo arredondado e lateralmente comprimido, a tilápia apresenta uma faixa ideal de temperatura para crescimento entre 14 °C e 33 °C. Seu hábito alimentar é onívoro, consumindo plâncton, algas, insetos aquáticos e pequenos crustáceos em seu ambiente natural (Sebrae, 2016).

Atualmente, existem mais de 70 espécies catalogadas de tilápia, mas quatro delas se destacam na aquicultura mundial: Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), Tilápia Azul (*Oreochromis aureus*), Tilápia de Moçambique (*Oreochromis mossambicus*) e Tilápia de Zanzibar (*Oreochromis hornorum*). Existem também variações puras e híbridas, que variam em coloração do branco ao vermelho (Borges; Berthier, 2019).

Os principais sistemas de produção utilizados no cultivo de tilápia são o tanque-rede e o viveiro escavado, sendo a espécie mais cultivada mundialmente nesses sistemas. Para muitos produtores, a criação de tilápia representa a principal fonte de renda (De Matos *et al.*, 2022). A tilápia se destaca no cenário mundial por seu crescimento acelerado, reprodução tardia e alta prolificidade, o que resulta na produção de grandes quantidades de alevinos. No Brasil, a tilápia é cultivada de Norte a Sul em tanques de água doce, ganhando popularidade devido à sua relação custo-benefício para os consumidores, além da carne de sabor suave, cor branca e textura firme.

Outras características que favorecem a expansão da “tilapicultura” incluem a resistência da espécie a doenças, sua tolerância ao cultivo em altas densidades e sua capacidade de sobreviver em ambientes adversos e estressantes, o que fez da tilápia a escolha preferida dos piscicultores brasileiros (Da Silva *et al.*, 2015). Quando atingem aproximadamente 50 g, ainda juvenis, as tilápias entram na fase de engorda, até que alcancem o peso de abate, entre 450 g e 800 g, conforme as exigências do mercado. Esse período de engorda pode durar até 180 dias, sendo fundamental uma dieta adequada para manter a homeostase do peixe e garantir o melhor desempenho produtivo. A nutrição afeta diretamente a qualidade da carne, influenciando textura, cor, aroma, sabor e valor nutricional (Duarte, 2017).

Segundo Duarte (2017), a carne de pescado é composta, em média, por 60 a 85% de umidade, 20% de proteína bruta, 1 a 2% de cinzas e 0,6 a 36% de lipídios, dependendo da espécie. No caso da tilápia, os valores médios são 78% de umidade, 19% de proteínas, 2% de cinzas e 4% de lipídios. Lipídios e proteínas são os principais constituintes orgânicos desse peixe, conferindo à sua carne características nutricionais e sensoriais de alta qualidade.

3.6 CMS de tilápia

A Carne Mecanicamente Separada (CMS) de tilápia, também conhecida por termos como *minced fish*, polpa de pescado ou carne de pescado desossada, é um coproduto obtido após o processo de filetagem do pescado. Não se trata de um produto destinado ao consumo direto, mas sim de uma matéria-prima valiosa para a elaboração de produtos análogos, como empanados, salsichas e hambúrgueres (Marengoni *et al.*, 2009; Bascolo; Feiden, 2007).

Conforme descrito por Fogaça (2021), a CMS é composta pela carne que ainda fica aderida à espinha dorsal do peixe após a filetagem e é extraída por um processo mecanizado. Contudo, ela apresenta características como alto teor de gordura, sangue e pigmentos, que aceleram sua degradação e conferem ao produto sabor e odor desagradáveis, como ilustrado na Figura 1.

Figura 1 - Fluxograma de obtenção de CMS de Tilápia do Nilo



Fonte: Fogaça (2021)

Uma alternativa para melhorar a qualidade da CMS é submetê-la ao processo de lavagem. Este procedimento reduz a quantidade de gordura e elimina as proteínas sarcoplasmáticas e os pigmentos que causam uma textura mole e aparência escura. O resultado é um produto com coloração mais clara, textura firme e sem odor forte de peixe (Fogaça, 2021). A lavagem remove, entre outras substâncias, as proteínas heme, como a hemoglobina, responsáveis pela cor avermelhada da carne (Bascolo; Feiden, 2007). A Figura 2 mostra a diferença entre a CMS antes e depois da lavagem, onde o produto mais acinzentado é o resultado do processo de remoção de pigmentos. A CMS lavada se torna uma matéria-prima com boas características nutricionais, adequada para o preparo de produtos como molhos e embutidos (Fogaça, 2021).

Figura 2 - Comparação de CMS lavada e CMS não lavada



Fonte: Autoria própria (2025)

A produção de CMS inicialmente surgiu para otimizar o aproveitamento de espécies de peixe de baixo valor comercial, maximizando a recuperação de carne comparada a métodos convencionais e criando uma matéria-prima versátil para a indústria de alimentos (Guimarães; Calixto; Mesquita, 2017). O aumento do consumo de pescado traz, por sua vez, um crescimento na quantidade de resíduos gerados pelo processo de filetagem, como pele, espinhas e cabeças. Esses subprodutos precisam ser reaproveitados de maneira mais eficiente para evitar o desperdício e diminuir o impacto ambiental (De Souza *et al.*, 2022). No caso da tilápia, o rendimento do filé é baixo, variando entre 30% e 33%, o que significa que até 65% do peso total do peixe se transforma em resíduos durante o processamento, muitos dos quais podem ser utilizados para a produção de CMS (Cabral *et al.*, 2012; Marengoni *et al.*, 2009).

Com a crescente demanda por alimentos mais saudáveis e sustentáveis, foi identificado ao longo dos anos a necessidade de desenvolver estratégias que viabilizem o aproveitamento desses subprodutos na alimentação humana (De Souza *et al.*, 2022). Parte significativa da carcaça da tilápia, após a filetagem, ainda contém porções de carne de boa qualidade que podem ser processadas e incorporadas em novos produtos alimentícios (Cabral *et al.*, 2012). A CMS oferece ainda maior flexibilidade no desenvolvimento de subprodutos de pescado, possibilitando o controle de características como suculência, textura, sabor e aroma, o que a torna uma matéria-prima atrativa para a indústria alimentícia (Loures, 2020).

Em termos de composição, a CMS de tilápia apresenta cerca de 73,87% de umidade, 15,87% de proteína e 7,60% de lipídios, segundo Fogaça (2021). Já Kempka (2014) encontrou valores como pH 6,13; acidez 0,57; umidade 75,79%; proteína 8,76%; lipídios 5,27%; cinzas 0,78%; e atividade de água igual a 0,916, caracterizando a CMS como um ingrediente versátil para uso em diferentes formulações de alimentos industrializados.

3.7 Processo de emulsão

A emulsão cárnea é uma suspensão coloidal formada por uma mistura homogênea obtida pela trituração intensiva da carne com outros ingredientes (Figura 3). Este processo exige o uso de um equipamento específico chamado *cutter*, responsável pela cominuição e mistura de carne, gordura, água, sal e demais componentes, garantindo a uniformidade do produto quanto ao tamanho das partículas e à distribuição dos ingredientes. Embora não seja completamente homogênea, suas partículas possuem tamanhos que variam de 10 a 50 μm . A emulsão apresenta duas fases distintas: a fase dispersa, composta por gordura, fibras musculares, aditivos e farináceos, e a fase contínua, formada por água, sal, proteínas hidrossolúveis e outros elementos solúveis (Orsolin, 2013).

Figura 3 - Representação esquemática de uma emulsão



Fonte: Shimokomaki *et al.* (2006)

A qualidade da emulsão depende fortemente de sua estabilidade, que está diretamente relacionada à capacidade de retenção de água e gordura. A habilidade de ligar os componentes e garantir coesão é uma característica essencial nos produtos cárneos, conferindo-lhes uma textura firme tanto no fatiamento quanto na mastigação. Fatores como a temperatura de processamento, o tamanho das partículas de gordura, o teor de proteína solubilizada e os ingredientes utilizados influenciam diretamente essa estabilidade (Sullivan, Venzor e Mandigo, 2024).

Durante a preparação da emulsão, é importante controlar a temperatura do processo para evitar que ela ultrapasse os 15 °C, já que temperaturas elevadas podem desestabilizar a emulsão. O aumento excessivo de temperatura pode causar a desnaturação das proteínas solúveis, reduzindo a viscosidade da emulsão e provocando a fusão das gorduras, o que compromete a qualidade final do produto (Orsolin, 2013).

3.8 Embutidos cárneos

Segundo o Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA), produtos cárneos são aqueles obtidos de carnes, miúdos e outras partes comestíveis de diferentes espécies animais, podendo conter adição de aditivos e ingredientes para melhorar suas propriedades sensoriais e de conservação (Brasil, 2017). Estes produtos representam uma categoria essencial da alimentação humana e sua regulamentação garante a segurança e a qualidade para o consumo.

A origem dos embutidos remonta à época em que o homem começou a dominar o uso do fogo e a prática do cozimento de alimentos. A criação dos embutidos surgiu como uma solução para prolongar a vida útil da carne, que se deteriorava rapidamente em condições primitivas de armazenamento. Basicamente, os embutidos são uma mistura de carnes, gordura e especiarias, destinadas a melhorar o sabor e a preservação do produto, que é então introduzido em um envoltório, natural ou sintético, o que facilita seu manuseio e consumo (Food Safety, 2019). O processo de embutir carne foi uma das primeiras formas de conservação de alimentos, mantendo a carne disponível para períodos mais longos, especialmente durante épocas em que o alimento fresco era escasso.

A mortadela, por exemplo, é um produto cárneo industrializado descrito pela Instrução Normativa Nº 4, de 31 de março de 2000. De acordo com esta normativa, a mortadela é obtida a partir de uma emulsão de carnes de animais de açougue, devendo apresentar uma composição mínima de 12% de proteína, um máximo de 30% de gordura e até 65% de umidade. Além disso, a mortadela é temperada com condimentos específicos e embalada em um envoltório apropriado. A legislação também define diferentes tipos de mortadela, como tipo bologna, italiana, e a versão de carne de ave (Brasil, 2000). Essa diversidade de tipos reflete não apenas as variações regionais e culturais no preparo, mas também a adaptação do produto às preferências do consumidor.

Com o aumento da demanda por produtos alimentares mais sustentáveis e nutritivos, o desenvolvimento de novas formulações de embutidos, especialmente com a adição de subprodutos da indústria pesqueira, tem ganhado relevância (Alda *et al.*, 2021). Esta prática não só maximiza o aproveitamento de resíduos de pescado, como também incentiva o consumo desses subprodutos, que muitas vezes possuem alto valor nutricional. O uso de subprodutos da filetagem de peixes, por exemplo, tem se mostrado uma alternativa promissora para enriquecer embutidos com proteínas de alta qualidade e ácidos graxos

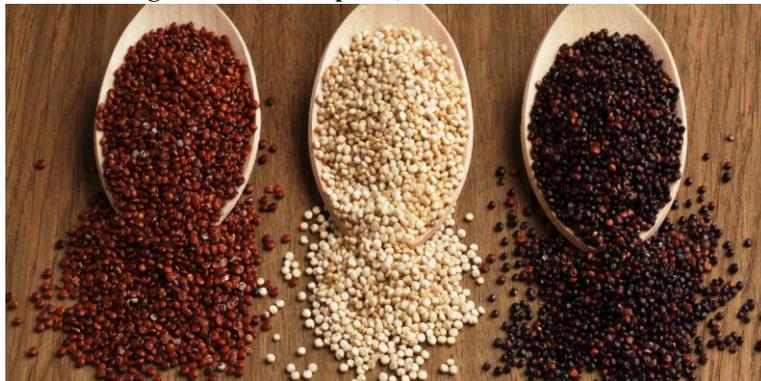
essenciais, além de contribuir para a sustentabilidade ambiental ao reduzir o desperdício de matéria-prima (De Souza *et al.*, 2022).

Inovações no setor de alimentos, como a introdução de ingredientes derivados de pescados em produtos tradicionalmente cárneos, respondem a tendências de consumo que valorizam a saudabilidade, a sustentabilidade e a diversidade alimentar. Tais iniciativas não apenas oferecem produtos diferenciados ao mercado, mas também proporcionam benefícios econômicos e ambientais, uma vez que agregam valor a recursos que anteriormente eram descartados ou subutilizados. Esta estratégia alinha-se a um cenário global onde a sustentabilidade na cadeia produtiva de alimentos é uma prioridade crescente.

3.9 Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd)

É uma planta originária da Cordilheira dos Andes, pertence à família *Chenopodiaceae* e gênero *Chenopodium*. Já são identificadas aproximadamente 250 espécies em todo o mundo e é considerada planta sagrada pelos povos Andinos (Filho, 2014). Seu fruto mede aproximadamente 1,8 mm de diâmetro e pode variar sua coloração entre branca, marrom ou preto (Souza; Spehar; Santos, 2002).

Figura 4 - Quinoa preta, branca e marrom



Fonte: Mentta (2021)

A quinoa é amplamente reconhecida como uma excelente fonte de proteína de qualidade, com aproximadamente 12% de proteína em sua composição (Gewhr *et al.*, 2012). No entanto, as indústrias ainda hesitam em incorporá-la em seus produtos devido ao seu sabor amargo, que resulta da presença de glicosídeos, também conhecidos como saponinas. A escarificação do grão, um processo que elimina esse sabor indesejado, é frequentemente caro e laborioso, o que dificulta o consumo do grão in natura (Souza; Spehar; Santos, 2004).

Além de suas qualidades nutricionais, a farinha de quinoa apresenta excelentes propriedades funcionais, incluindo gelatinização, capacidade de absorção de água,

emulsificação e estabilização. Seu amido é especialmente adequado para emulsões em produtos alimentícios, oferecendo versatilidade na formulação (Filho, 2013).

Devido ao seu perfil nutricional excepcional, a quinoa pode ser utilizada na elaboração de uma ampla variedade de produtos alimentícios, como pães, biscoitos, panquecas e sopas. Pode também ser moída para produzir farinha, que é uma alternativa interessante para a panificação e outras preparações culinárias (Nickel, 2015). Outro uso inovador da quinoa é na fabricação de cerveja, onde seus grãos germinados são fermentados para produzir malte (Filho, 2013). A quinoa não apenas enriquece a dieta com suas propriedades nutricionais, mas também oferece oportunidades para diversificação na indústria alimentícia, promovendo alternativas saudáveis e sustentáveis.

3.10 Saponinas

As saponinas são substâncias químicas encontradas em várias plantas, incluindo aveia, pimentas, berinjela, aspargos, inhame, e diversas leguminosas como soja, feijão, ervilhas e quinoa (Castejon e Stringhini, 2011). O termo saponina deriva do *latim* sapo, que significa sabão, refletindo sua propriedade de formar espuma estável em soluções aquosas. Estas substâncias são frequentemente classificadas como tensoativos naturais, sendo amplamente utilizadas por suas propriedades emulsificantes (Da Silva, 2016). A suscetibilidade dos produtos cárneos à oxidação e a deterioração microbiana representa um risco a qualidade do mesmo. Antioxidantes de origem vegetal, ajudam a reduzir a auto-oxidação e crescimento microbiano, ou seja, estendem a vida útil do produto. As saponinas podem servir como estes compostos bioativos (Aguirre *et al.*, 2023).

Alimentos emulsionados geralmente são estabilizados por emulsificantes, como os surfactantes de moléculas pequenas, estudos mostram que existem substâncias naturais que podem servir como surfactantes, como os grupos das saponinas.

A capacidade das saponinas de gerar espuma ao entrar em contato com a água é atribuída à sua habilidade de reduzir a tensão superficial da água, graças à presença de grupos com diferentes polaridades (Castejon; Stringhini, 2011). Estudos têm demonstrado que as saponinas possuem uma variedade de propriedades benéficas à saúde, incluindo ação anti-inflamatória, analgésica, expectorante, antioxidante, além de contribuírem para a redução do colesterol e apresentarem atividades antimicrobianas e antifúngicas. Devido a suas características surfactantes, as saponinas são utilizadas na indústria na formulação de emulsões para filmes fotográficos, bem como na indústria de cosméticos, em produtos como batons e shampoos (Castejon; Stringhini, 2011). Na farmacêutica, são precursoras na síntese

de compostos esteroidais, incluindo hormônios, contraceptivos e diuréticos, e pesquisas recentes têm explorado sua inclusão em formulações alimentares.

Além das aplicações farmacêuticas, o uso de saponinas em alimentos tem ganhado destaque, com sua incorporação em produtos como pães, tortilhas e biscoitos. Sua capacidade de formar sistemas estáveis e comestíveis facilita o transporte de nutrientes, como a vitamina E, tornando-as indicadas para o encapsulamento de alimentos funcionais (Da Silva, 2016).

As saponinas são glicosídeos de alta massa molecular, variando de 600 a 2000 Da, consistindo em uma estrutura central, conhecida como aglicona ou genina, ligada a diferentes tipos e quantidades de açúcares. Podem ser classificadas em glicosídeos triterpênicos, glicosídeos esteroidais ou alcaloides esteroidais glicosilados, dependendo do tipo de genina presente (Da Silva, 2016). E são encontradas em maior concentração nas camadas externas do grão e possuem um sabor amargo. A remoção das saponinas do grão pode ser realizada de forma eficiente por métodos úmidos, como lavagens em água fria, ou métodos secos, como tostagem e abrasão (Filho, 2014).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Matéria-prima

Os embutidos emulsionados foram elaborados no Laboratório de Tecnologia de Produtos de Origem Animal da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), *campus* Campo Mourão, em conformidade com as normas de Boas Práticas de Fabricação estabelecidas pela Portaria 326 de 30 de julho de 1997 (Brasil, 1997). Para a produção destes embutidos, foram utilizadas carne mecanicamente separada (CMS) de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e saponina de quinoa (*Chenopodium quinoa*), ambas obtidas por meio de doações de empresas parceiras localizadas na região Oeste do estado do Paraná. Os aditivos foram fornecidos pela empresa IBRAC, enquanto os demais ingredientes necessários foram adquiridos no comércio local de Campo Mourão - PR. As formulações dos embutidos curados emulsionados do tipo mortadela foram desenvolvidas em conformidade com o Regulamento de Identidade e Qualidade da mortadela, conforme a Instrução Normativa nº 04, de 31 de março de 2000 (Brasil, 1997).

4.2 Planejamento experimental

Este estudo foi conduzido em duas fases distintas. A primeira fase focou na otimização da formulação ideal de mortadela (FO), avaliando diversas características físico-químicas, como pH, cor objetiva (L^* , a^* e b^*), capacidade de retenção de água (CRA), atividade de água (aW) e textura instrumental. Para a elaboração da mortadela nesta fase, foi adotado um planejamento de misturas com dois componentes: fécula de mandioca e saponina de quinoa. Este planejamento estabeleceu restrições aos níveis mínimos e máximos de cada ingrediente, conforme orientações de Neto, Scarminio e Bruns (2007). Estes limites foram definidos com base na substituição parcial e total da fécula de mandioca pela saponina de quinoa, conforme apresentado na Tabela 1. O limite máximo destes ingredientes associados ou isolados correspondeu ao máximo de 2% da formulação total (Tabela 2).

Na segunda fase, a mortadela otimizada (FO) juntamente com as formulações denominadas padrões no estudo (F1 100% fécula de mandioca e F2 100% saponina de quinoa) passaram por uma nova série de análises, inicialmente foram determinadas a composição centesimal, análises microbiológicas e análise sensorial. Durante um armazenamento de 60 dias as formulações FO, F1 e F2 foram avaliados os valores de pH, cor objetiva, CRA, aW, oxidação lipídica e textura instrumental. A avaliação da textura instrumental foi realizada nos períodos de 0, 30 e 60 dias, enquanto as demais análises foram

feitas a cada 15 dias (0, 15, 30, 45 e 60). Em ambas as fases, o “dia zero” refere-se à coleta de dados realizada 24 h após o processamento.

Tabela 1 - Proporção de fécula de mandioca e saponina de quinoa com três repetições no ponto central para as sete formulações da mortadela

Amostras	Fécula (%)	Saponina (%)
F1	100	0
F2	0	100
F3	25	75
F4	75	25
F5	50	50
F6	50	50
F7	50	50

Fonte: A autoria própria (2025)

Foram determinados três pontos centrais (experimentos F5, F6 e F7) para o cálculo do erro puro e ajuste dos modelos.

4.3 Preparo das formulações de mortadela de peixe

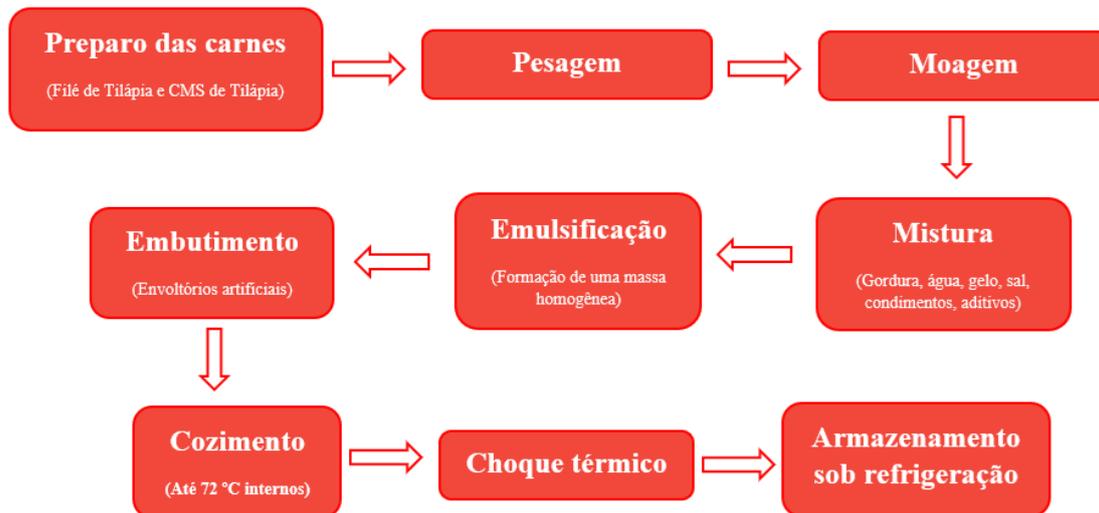
Com base no planejamento experimental apresentado na Tabela 1, foram elaboradas sete formulações que variaram nas quantidades de fécula de mandioca e saponina de quinoa. Os ingredientes e aditivos foram pesados em uma balança semi-analítica (Bioscale Fa-2204-Bi, São Paulo, Brasil), de acordo com as especificações de cada formulação, cujos detalhes podem ser encontrados na Tabela 2. Em seguida, os componentes foram transferidos para um homogeneizador (Confrimaq MADDO Garant, São Paulo, Brasil) onde foram processados na ordem pré-estabelecida, conforme ilustrado no fluxograma do processo (Figura 5).

O processo de homogeneização foi realizado até que se obtivesse uma emulsão cárnea adequada (temperatura). Após esta etapa, a massa foi embutida em tripa artificial de poliamida, com diâmetro variando entre 45 e 50 mm, especificamente destinada à produção de mortadela, utilizando uma embutideira mecânica (Precisão Inox PI-80 L, São Paulo, Brasil). Após o embutimento, as mortadelas foram amarradas manualmente com barbantes de algodão em gomos de aproximadamente 10 cm de comprimento. Em seguida, foram pesadas e submetidas ao processo de cozimento em banho-maria até que atingissem uma temperatura interna no centro do produto de 72 °C. Após o cozimento, foi realizado um choque térmico, mantendo as mortadelas em contato com água corrente a temperatura ambiente por 15 min.

Tabela 2 - Concentrações dos ingredientes e aditivos utilizados nas formulações de mortadela (F1 a F7)

Ingredientes/Aditivos	F1 a F7 (%)
Filé de Tilápia do Nilo	46,94
CMS de Tilápia do Nilo	20
Gordura vegetal hidrogenada	14
Gelo e água	12
Fécula de mandioca e/ou saponina de quinoa	2
Proteína de soja	1,8
Sal de cozinha	1,3
Carragena	0,5
Acordini 701 extra (tripolifosfato de sódio)	0,3
Ibracor 501 (açúcar, eritorbato de sódio e ácido cítrico)	0,3
Condimento para mortadela	0,3
Cura Ibrac (sal: 90% + nitrito de sódio: 6% + nitrato de sódio: 4%)	0,25
Glutamato monossódico	0,1
Alho em pó	0,1
Pimenta branca	0,05
Lemon pepper	0,05
Corante carmin de cochonilha	0,01
Total	100%

Fonte: Autoria própria (2025)

Figura 5 - Fluxograma do processamento da mortadela de peixe.

Fonte: Autoria própria (2025)

4.4 Análises realizadas na primeira fase do estudo

4.4.1 Determinação do pH

Para a primeira fase do estudo, a análise do pH das sete amostras foi realizada em triplicatas com o auxílio do pHmetro (Testo 205, Selva Negra, Alemanha). O pHmetro foi calibrado utilizando substâncias tampão fornecidas pelo equipamento, primeiro com valor de 4,0 e, em seguida, com valor de 7,0. Após a calibração, a haste do equipamento foi introduzida em três pontos diferentes de cada formulação para realizar as leituras. Em cada medição, a haste era enxaguada com água destilada.

4.4.2 Determinação da cor objetiva (L^* , a^* e b^*)

A medição da cor foi realizada com o uso do colorímetro (Delta Vista 450G, São Paulo, Brasil). Com o equipamento conectado à tomada, as leituras foram efetuadas nos recortes de mortadela, permitindo que o colorímetro registrasse os resultados imediatamente. As análises foram conduzidas em triplicatas e os resultados foram expressos em três parâmetros: L^* (representando a porcentagem de luminosidade, onde 0 corresponde a escuro e 100 a claro), a^* (com valores negativos indicando a direção ao verde e valores positivos a direção ao vermelho) e b^* (onde valores negativos refletem a direção ao azul e valores positivos a direção ao amarelo).

4.4.3 Capacidade de retenção de água (CRA)

A determinação da capacidade de retenção de água (CRA) foi realizada utilizando o método de Hamm (1986) com modificações. Para isto, pesou-se aproximadamente 5 g da amostra, que foi prensada com um peso de 10 kg entre dois papéis filtro durante 5 min. Após este processo, a amostra foi novamente pesada para o cálculo da CRA, conforme a Equação (1), onde P_i representa o peso inicial da amostra e P_f o peso final após a prensagem.

$$CRA = \left(\frac{P_i - P_f}{P_i} * 100 \right) - 100 \quad (1)$$

4.4.4 Determinação da atividade de água (aW)

A determinação da atividade de água foi realizada na primeira fase do estudo 24 h após o processamento. Para esta análise, utilizou-se o analisador de atividade de água Tecnal NOV-LABSWIFT (São Paulo, Brasil). As análises foram realizadas em triplicatas, com as amostras de mortadela sendo trituradas e compactadas nas cubetas de medição antes de serem inseridas no equipamento. Cada leitura durou aproximadamente 12 min e permitiu medir a quantidade de água livre disponível em cada formulação.

4.4.5 Perfil de textura

A análise da textura foi realizada por meio do método de Análise do Perfil de Textura (TPA), utilizando o texturômetro da marca Stable Microsystem, modelo TA-XT Express (Surrey, Reino Unido). O equipamento estava equipado com uma sonda cilíndrica de 36 mm (P-36) e a análise foi realizada à temperatura ambiente. As amostras de mortadela foram preparadas de acordo com os parâmetros estabelecidos por Saldaña *et al.* (2015), com algumas adaptações. Seis cilindros, cada um medindo 2,0 cm de diâmetro e 2,0 cm de altura, foram submetidos a dois ciclos de compressão. A compressão foi fixada em 30% da altura original da amostra, utilizando a sonda cilíndrica P-36, com uma velocidade de ensaio de 5 mm s⁻¹ e um intervalo de 5 s entre as compressões. Os parâmetros determinados incluíram dureza, adesividade, elasticidade, mastigabilidade, gomosidade, coesividade e resiliência. Na primeira fase, a análise foi realizada 24 h após o processamento.

4.5 Análises da segunda fase do estudo

Conforme descrito na sessão 4.2, a formulação de mortadela após passar pelo processo de otimização foi submetida a análises físico-químicas, microbiológicas e sensorial. Foram desenvolvidas três formulações de mortadela a FO (otimizada) e as padrões F1 (padrão 100% fécula de mandioca) e F2 (padrão 100% de saponina de quinoa), o processamento da mortadela foi de acordo com o procedimento descrito na sessão 4.3. As análises microbiológicas, sensoriais e composição centesimal foram determinadas após o processamento. E na sequência as amostras das formulações FO, F1 e F2 foram armazenadas a 5 °C por 60 dias e foram avaliadas as análises de pH, cor, CRA, aW, oxidação lipídica e textura instrumental.

As análises físico-químicas de pH, cor, CRA, aW e textura instrumental seguiu-se os mesmos procedimentos descritos nas sessões 4.4.1, 4.4.2, 4.4.3, 4.4.4 e 4.4.5, respectivamente.

Lembrando que os intervalos de tempo das análises consistiram, para a avaliação da textura instrumental foi realizada nos períodos de 0, 30 e 60 dias, enquanto as demais análises foram feitas a cada 15 dias (0, 15, 30, 45 e 60). Em ambas as fases, o “dia zero” refere-se à coleta de dados realizada 24 h após o processamento.

4.5.1 Composição centesimal

As formulações de mortadela FO (otimizada), F1 (100% fécula de mandioca) e F2 (100% saponina de quinoa) foram submetidas a determinação do teor de umidade, cinzas, proteína bruta, lipídeos e carboidratos. O teor de umidade e cinzas foram realizados pelo método gravimétrico, a umidade em estufa a 105 °C, e a cinzas em forno mufla a 550 °C, ambos até obtenção de peso constante. A determinação de proteína bruta foi feita pelo processo de digestão de micro Kjeldahl, com correção do fator nitrogênio-proteína de 6,25. Ambas de acordo com os métodos físico-químicos para Análise de Alimentos do Instituto Adolfo Lutz (2008).

A determinação de lipídeos foi realizada de acordo com o proposto por Bligh e Dyer (1959), onde a extração de lipídeos é realizada a frio, utilizando uma mistura de clorofórmio, metanol e água.

4.5.2 Análises microbiológicas

As formulações de mortadela FO, F1 e F2 foram submetidas a análises microbiológicas antes da realização da análise sensorial. Foram determinadas as seguintes pesquisas microbiológicas nas formulações de mortadela: *Clostridium perfringens*, *E. coli*, *Staphylococcus* coagulase positiva e *Salmonella* spp. As análises foram realizadas seguindo a Instrução Normativa nº 161, de 01 de julho de 2022.

4.5.3 Análise sensorial

Realizou-se o teste de aceitação para as amostras de mortadela otimizada (FO) e para as formulações padrão F1 (100% de fécula de mandioca) e F2 (100% de saponina de quinoa). O estudo foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa (CEP) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná sob o número do CAEE 81429824.6.0000.5547.

O teste foi realizado com 87 julgadores não treinados, com o intuito de inferir sobre a aceitação das formulações em relação aos atributos de cor, sabor, odor, textura e avaliação global. As amostras foram servidas em cubos de aproximadamente 1,5 cm de aresta,

codificadas com três dígitos aleatórios e foi utilizado água como prova em branco. As amostras foram servidas individualmente em ordem aleatória, e utilizou-se a escala hedônica estruturada de 9 pontos (onde 1 = “desgostei muitíssimo” e 9 = “gostei muitíssimo”), conforme pode ser observado na Figura 6.

Figura 6 - Ficha análise sensorial

Nome: _____													
Você está recebendo uma amostra de mortadela de peixe. Avalie usando a escala abaixo o quanto gostou ou desgostou de cada atributo e dê uma nota de 1 a 9.													
1- Desgostei muitíssimo	<table border="1"> <tr> <th colspan="2">N° de amostra:</th> </tr> <tr> <td>Cor</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Odor</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Sabor</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Textura</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Avaliação global</td> <td></td> </tr> </table>	N° de amostra:		Cor		Odor		Sabor		Textura		Avaliação global	
N° de amostra:													
Cor													
Odor													
Sabor													
Textura													
Avaliação global													
2- Desgostei muito													
3- Desgostei regularmente													
4- Desgostei ligeiramente													
5- Indiferente													
6- Gostei ligeiramente													
7- Gostei regularmente													
8- Gostei muito													
9- Gostei muitíssimo													
OBS: _____	Você compraria esse produto? Sim () Não ()												

Fonte: Autoria própria (2025)

4.5.4 Determinação da oxidação lipídica

As amostras de mortadela otimizada (FO) e as amostras padrão (F1 100% fécula de mandioca e F2 100% saponina de quinoa) foram armazenadas em refrigeração a 5 °C durante 60 dias, e a oxidação foi avaliada nos intervalos de tempo de 0 (24 h após o processamento), 15, 30, 45 e 60 dias. A determinação da oxidação lipídica foi feita utilizando o índice de Substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbitúrico (TBARs), conforme a metodologia descrita por Crackel (1988), com algumas modificações. As leituras foram realizadas em um espectrofotômetro Halma Ocean Optics Red Tide USB650 (Filadélfia, Estados Unidos da América) a 538 nm. Os resultados foram obtidos em triplicata e expressos em mg de malonaldeído por quilograma de amostra (mg MDA kg⁻¹ amostra).

4.7 Análise estatística

Os valores médios de todas as análises físico-químicas foram submetidos a ANOVA e ao teste de Tukey para se verificar se existia diferença a 5% de significância entre as diferentes amostras em ambas as fases do estudo. A determinação do modelo matemático e o grau de desejabilidade foi determinado apenas na primeira fase do estudo para poder gerar a formulação otimizada (FO). Para fazer o estudo utilizou-se o programa Statistica 13.0, Origin 2023b.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O desenvolvimento de formulações inovadoras em produtos cárneos tem crescido, especialmente para atender às demandas de consumidores preocupados com a saúde e a busca por alternativas sustentáveis. Neste estudo, o qual foi realizado em duas fases, na Tabela 3 estão apresentados os valores médios das análises físico-químicas de sete formulações de mortadelas de peixe desenvolvidas na primeira fase, as quais foram elaboradas com variação no teor de fécula de mandioca e saponina de quinoa, por meio do planejamento de misturas, incluindo repetições no ponto central considerando um nível de significância de 5% ($p < 0,5$) para o teste de Tukey.

Tabela 3 - Médias e desvios-padrão das análises físico-químicas para as amostras de mortadela de peixe considerando fécula de mandioca e saponina

Amostr as	pH	CRA	aW	Parâmetros de cor		
				L*	a*	b*
F1	6,21 ^a ±0,11	90,15 ^a ±1,76	0,96 ^a ±3,33E ⁻⁴	70,95 ^a ±0,12	4,46 ^a ±0,12	12,07 ^d ±0,68
F2	6,39 ^a ±0,03	83,38 ^b ±4,01	0,96 ^a ±3,33E ⁻⁴	63,60 ^a ±0,66	4,95 ^a ±0,31	17,63 ^a ±1,28
F3	6,30 ^a ±0,03	94,60 ^a ±0,53	0,96 ^a ±8,82E ⁻⁴	68,40 ^{ab} ±2,78	4,81 ^a ±0,47	14,37 ^c ±0,64
F4	6,32 ^a ±0,12	91,15 ^a ±0,80	0,96 ^a ±6,67E ⁻⁴	64,94 ^b ±1,44	5,09 ^a ±0,43	17,03 ^a ±0,51
F5	6,24 ^a ±0,11	93,76 ^a ±0,68	0,96 ^a ±3,33E ⁻⁵	67,95 ^{ab} ±1,19	5,01 ^a ±0,36	15,76 ^b ±0,27
F6	6,28 ^a ±0,01	92,63 ^a ±0,95	0,96 ^a ±1,28E ⁻³	68,15 ^{ab} ±2,36	4,57 ^a ±0,74	14,95 ^b ±1,41
F7	6,30 ^a ±0,01	93,88 ^a ±2,03	0,96 ^a ±3,33E ⁻⁴	65,52 ^c ±1,01	5,45 ^a ±0,97	15,68 ^b ±0,92

Médias na mesma coluna, seguidas por letras minúsculas distintas, diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5% para as análises físico-químicas comparando-se todas as amostras entre si.

Fonte: Autoria própria (2025)

Os valores do pH observados para as sete formulações se mantiveram com a mesma média significativa, indicando estabilidade nas condições de produção das mortadelas de peixe. Um pH consistente sugere que as variações nas formulações testadas não afetaram significativamente a acidez do produto final. Isto pode ser determinante para garantir a qualidade e a segurança alimentar, bem como a aceitação do produto pelos consumidores. Além de que a consistência no pH pode facilitar o controle de qualidade e a padronização da produção em larga escala. O pH de mortadelas deve ser na faixa da neutralidade, entre 6,0 a 7,0 (Brasil, 2000).

Segundo Fiorda e De Siqueira (2009), o pH nos alimentos é fundamental para limitar o crescimento ou a destruição de muitos microrganismos, serve ainda para avaliar a microbiota predominante, e o processo de deterioração que este alimento pode vir a sofrer.

Em relação à CRA, a amostra F2, 100% de saponina de quinoa, apresentou o menor valor (Tabela 3). A saponina de quinoa pode afetar a capacidade de retenção de água devido às suas propriedades surfactantes, que é uma das suas principais características (Lyrio, 2016), o que pode interferir na interação entre a água e os componentes da carne, podendo interferir

na textura e suculência de produtos industrializados a base de carne. Segundo Filho (2014), as saponinas da quinoa possuem propriedades surfactantes, ou seja, capacidade de formar espumas estáveis, semelhantes ao sabão, em soluções aquosas. Lyrio (2016) ainda afirma que a saponina possui uma estrutura anfifílica, o que lhe confere poder surfactante e afinidade de se ligar com a água, apesar de no presente estudo a CRA ter sido menor para a amostra com 100% de saponina e maior para as amostras que tinham na formulação a fécula de mandioca.

Com base nos resultados apresentados, observou-se que a aW é quase constante para todas as formulações, com valores em torno de 0,96. A atividade de água foi similar aos resultados encontrados por Orsolin *et al.* (2013) que avaliaram a aW em mortadelas desenvolvidas com carne suína e de frango e obtiveram valores médios de aW em torno de 0,969 a 0,975. Os autores afirmam ainda que estes valores altos são considerados normais e dentro dos padrões de qualidade para mortadela, acreditando-se que também a tripa de poliamida utilizada no embutimento, por impermeável e geralmente impedir a evaporação da água durante o processo de cozimento, acabam deixando este tipo de produto cárneos com valores de aW elevados. Já em um outro estudo realizado por Alda *et al.* (2021) em que avaliaram as propriedades físico-químicas em mortadela de tilápia do Nilo utilizando resíduos da filetagem, obtiveram valores um pouco mais baixo para aW , igual a 0,80.

A saponina, com suas propriedades surfactantes, por ser um glicosídeo e possuir características hidrofílicas (Filho, 2014) pode interferir na interação entre a água e os componentes da carne, resultando em uma menor disponibilidade de água livre no produto final. Entretanto na quantidade utilizada no presente estudo, não apresentou redução para este parâmetro. Em embutidos cárneos do tipo mortadela, geralmente estes apresentam alta aW (Barreto *et al.*, 2017), e os ingredientes adicionados como a fécula de mandioca, a proteína de soja e a saponina de quinoa ainda contribuíram para a ligação e retenção água (Bernadino Filho *et al.*, 2020; Pereira *et al.*, 2019; Orsolin *et al.*, 2013), bem como a tripa de poliamida utilizada no processamento que impedem a perda de água para o ambiente. Apesar de que para a conservação dos alimentos a redução na aW pode ser um fator relevante, uma vez que pode influenciar na estabilidade microbiológica e na vida útil do produto.

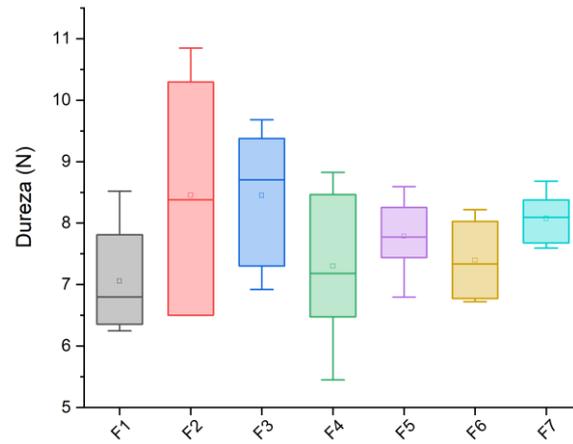
A maioria dos microrganismos, incluindo as bactérias patogênicas, se desenvolvem rapidamente a níveis de aW entre 0,99 a 0,98 (Terra; Freitas; Cichoski, 2007). Por isso geralmente os embutidos cárneos cozidos do tipo mortadela precisam ser armazenados sob refrigeração para auxiliar no seu processo de conservação e vida útil (Orsolin *et al.*, 2013).

Para os parâmetros de cor, pode-se observar que o valor do L^* foi menor na amostra contendo 100% de saponina em comparação com as outras formulações. Este resultado sugere

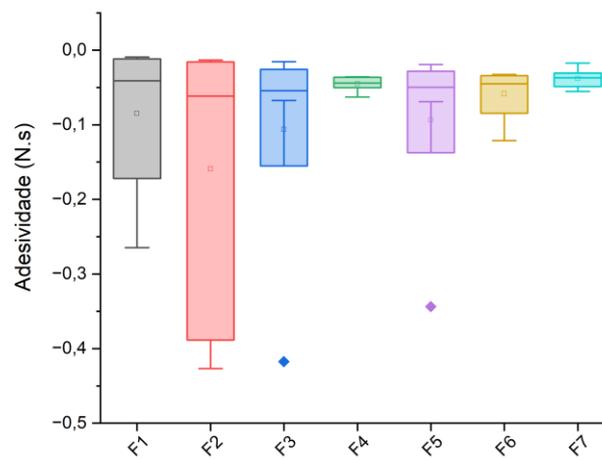
uma menor luminosidade na amostra com saponina, que pode ser explicado pelos efeitos da saponina na interação entre os componentes da mortadela de peixe, podendo causar mudanças na distribuição de pigmentos ou na formação de produtos de reação que influenciam na cor final do produto.

O parâmetro a^* se manteve com a mesma média significativa entre todas as amostras. Por outro lado, o parâmetro b^* , que está relacionado com a tonalidade amarela da amostra, foi maior na formulação com 100% de saponina, indicando uma tendência para uma cor mais amarelada nesta amostra. Ribeiro e Filho (2020) analisaram a cor da farinha de quinoa e chegaram ao resultado que a farinha teve uma tendência a ser mais amarelada. Sousa, Spehar e Santos (2004) estudaram as cores das sementes da quinoa e concluíram que quanto maior a frequência de sementes amarelas maior é teor de saponina, enquanto as sementes brancas têm menos saponina. A saponina pode contribuir para a mudança de cor devido às suas propriedades químicas e interações com os componentes da carne, podendo influenciar na formação de produtos de reação que afetam a tonalidade final do produto. Estas alterações na cor podem ser importantes considerações para a aceitação do produto pelos consumidores, bem como para sua identidade visual e percepção de qualidade.

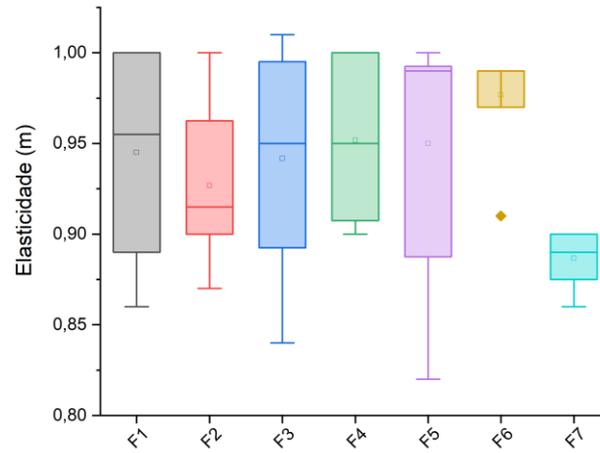
Para a análise de textura, nenhum parâmetro apresentou diferença significativa entre as sete amostras, conforme se observa nas Figuras 7 a 13 e na Tabela 4.

Figura 7 - Dureza como parâmetro de textura das mortadelas de peixe

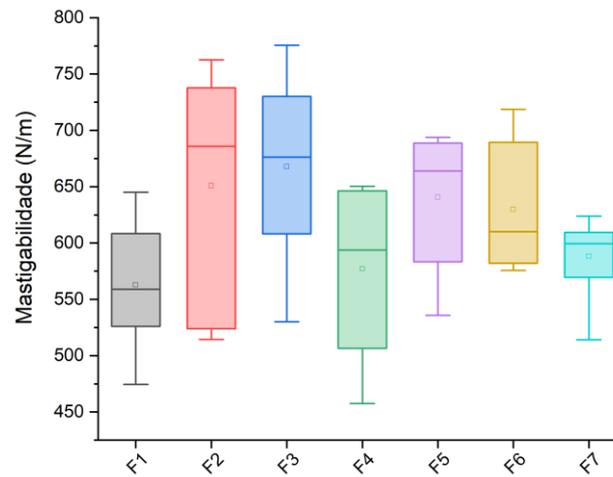
Fonte: Autoria própria (2025)

Figura 8 - Adesividade como parâmetro de textura das mortadelas de peixe

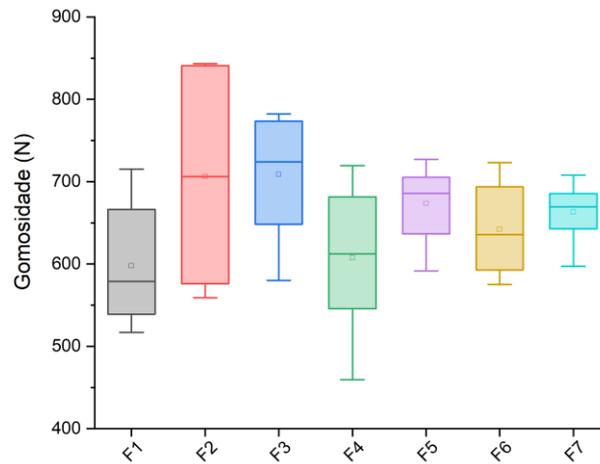
Fonte: Autoria própria (2025)

Figura 9 - Elasticidade como parâmetro de textura das mortadelas de peixe

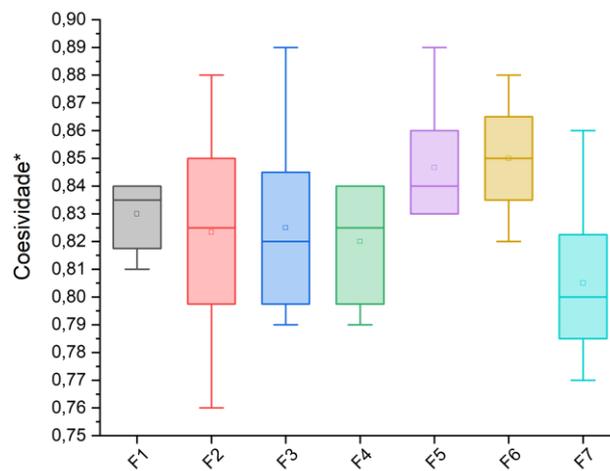
Fonte: Autoria própria (2025)

Figura 10 - Mastigabilidade como parâmetro de textura das mortadelas de peixe

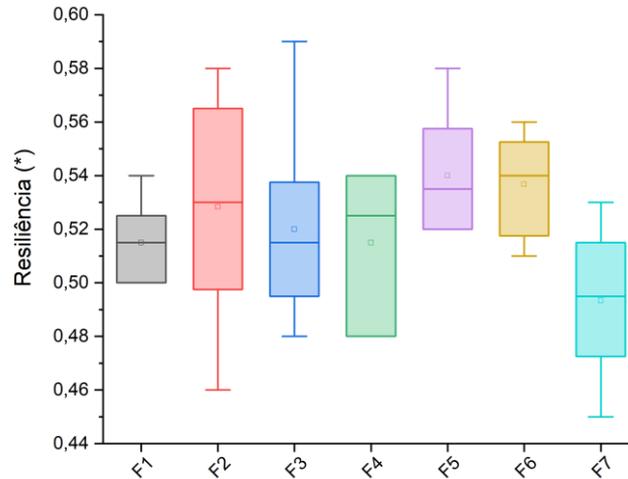
Fonte: Autoria própria (2025)

Figura 11 - Gomosidade como parâmetro de textura das mortadelas de peixe

Fonte: Autoria própria (2025)

Figura 12 - Coesividade como parâmetro de textura das mortadelas de peixe

Fonte: Autoria própria (2025)

Figura 13 - Resiliência como parâmetro de textura das mortadelas de peixe

Fonte: Autoria própria (2025)

Tabela 4 - Médias e desvios-padrão da análise de textura para as amostras de mortadela de peixe considerando fécula de mandioca e saponina

Amostras	Dureza (N)	Adesividade (N s)	Elasticidade (m)	Mastigabilidade (N m ⁻¹)	Gomosidade (N)	Coesividade *	Resiliência *
F1	7,05 ^a ±0,36	-0,08 ^a ±0,04	0,95 ^a ±0,02	562,75 ^a ±23,16	597,68 ^a ±30,12	0,83 ^a ±0,01	0,52 ^a ±0,01
F2	8,45 ^a ±0,74	-0,16 ^b ±0,08	0,93 ^a ±0,02	650,83 ^a ±43,36	706,07 ^a ±50,87	0,82 ^a ±0,01	0,53 ^a ±0,01
F3	8,45 ^a ±0,46	-0,10 ^a ±0,06	0,94 ^a ±0,03	667,87 ^a ±33,79	708,57 ^a ±31,53	0,83 ^a ±0,01	0,52 ^a ±0,01
F4	7,30 ^a ±0,49	-0,04 ^a ±0,01	0,95 ^a ±0,02	577,18 ^a ±30,72	607,81 ^a ±37,15	0,82 ^a ±0,01	0,52 ^a ±0,01
F5	7,79 ^a ±0,25	-0,09 ^a ±0,05	0,95 ^a ±0,03	640,67 ^a ±25,37	673,35 ^a ±19,18	0,85 ^a ±0,01	0,54 ^a ±0,01
F6	7,39 ^a ±0,26	-0,06 ^a ±0,01	0,98 ^a ±0,01	629,77 ^a ±23,55	642,01 ^a ±22,25	0,85 ^a ±0,01	0,54 ^a ±0,01
F7	8,07 ^a ±0,17	-0,04 ^a ±0,01	0,89 ^a ±0,01	588,28 ^a ±15,59	663,29 ^a ±14,94	0,81 ^a ±0,01	0,49 ^a ±0,01

Médias na mesma coluna, seguidas por letras minúsculas distintas, diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5% para os parâmetros de textura comparando-se todas as amostras entre si.

* para os parâmetros de coesividade e resiliência são grandezas adimensionais.

Fonte: Autoria própria (2025)

Conforme pode ser observado na Tabela 4, apenas para o parâmetro adesividade houve diferença significativa entre as formulações. A amostra F2 (100% saponina de quinoa) diferiu das demais formulações apresentando maior adesividade (F2 = -0,16 N s). Nos demais parâmetros estudados não apresentaram diferença significativa, pode-se inferir que: a combinação destes ingredientes em diferentes proporções não teve um impacto discernível na textura das mortadelas de peixe; a consistência nos parâmetros de textura entre as formulações indica uma estabilidade na textura do produto final, independentemente das variações nos ingredientes. Isto pode ser importante para garantir uma experiência sensorial consistente para os consumidores e facilitar a produção em larga escala; embora a presença de fécula de mandioca e saponina possa ter efeitos individuais na textura das mortadelas de peixe, a

interação entre esses ingredientes pode ter resultado em efeitos compensatórios que mantiveram a textura geralmente consistente entre as formulações.

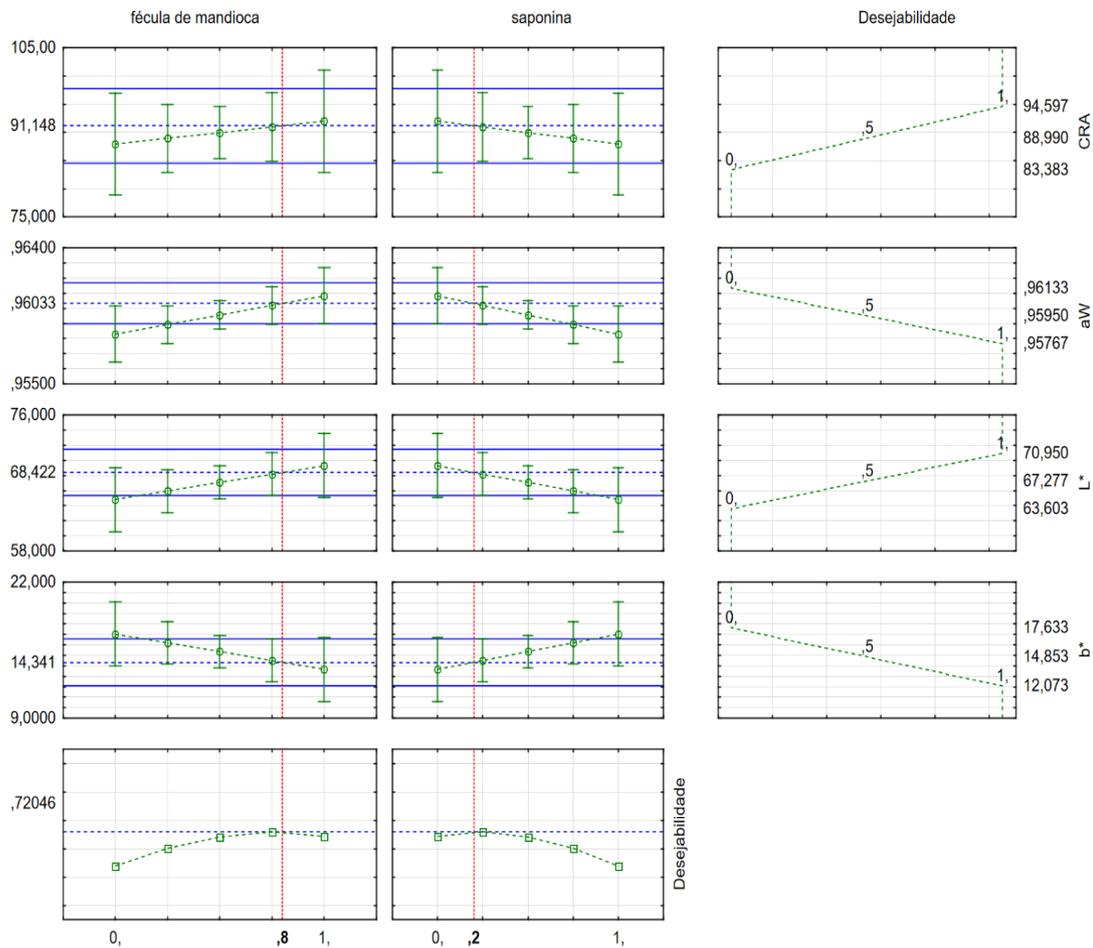
Os consumidores podem não perceber variações na textura ao experimentar as diferentes formulações. Isto pode ser importante para a aceitação do produto no mercado, pois os consumidores tendem a preferir consistência na qualidade sensorial, ou seja, uma melhor coesão da textura proporcionando uma melhora no fatiamento (Saldaña *et al.*, 2015).

Em um estudo realizado por Saldaña *et al.* (2015), para a análise de textura em mortadela tradicional de carne bovina e mortadela light de carne bovina e suína, resultaram em valores aproximados quando comparados com o presente estudo, porém com maiores valores em relação a dureza com 16,24 N e 12,88 N, respectivamente, possivelmente porque a carne de peixe possui texturas mais suaves. E os valores corroboraram também com este estudo para os parâmetros de elasticidade, coesividade e resiliência de 0,86, 0,80 e 0,51, respectivamente.

Por fim, a análise de textura das formulações sugere uma coesão e influência no fatiamento sendo favorável para a qualidade sensorial das mortadelas de peixe, apesar das variações nas proporções de fécula de mandioca e saponina de quinoa. Isto pode ser uma descoberta importante para o desenvolvimento e a produção de produtos cárneos inovadores que atendam às expectativas dos consumidores em termos de textura e qualidade.

Diante do exposto, e com o objetivo de determinar a formulação ideal para a adição de fécula de mandioca e/ou saponina de quinoa na produção de mortadela de peixe, procedeu-se ao cálculo da função de desejabilidade (Figura 14) com base nas variáveis físico-químicas que apresentaram diferenças significativas ($p < 0,5$) conforme o planejamento de mistura considerado. Observando maiores valores para o parâmetro de cor L^* e CRA, e menores valores para o parâmetro de cor b^* , identificou-se que a composição para a mortadela de peixe consiste numa desejabilidade global de 72,046%, valor considerado aceitável e muito bom, proporcionando a correta estimativa do ponto ótimo de operação das variáveis de entrada para obtenção da melhor mistura de acordo com os critérios pré-estabelecidos pelo planejamento. Neste caso, a formulação otimizada (FO) consistiu em 80% de fécula de mandioca e 20% de saponina de quinoa.

Figura 14 - Representações gráficas da função desejabilidade para as respostas CRA, aW e os parâmetros de cor L* e b*



Fonte: Autoria própria (2025)

Adicionalmente, foi realizada a segunda fase do estudo e realizou-se uma análise detalhada das propriedades físico-químicas, microbiológicas, sensoriais e da composição centesimal da formulação otimizada (FO) e das formulações padrão F1 (100% de fécula de mandioca) e F2 (100% de saponina de quinoa).

Na Tabela 5 estão apresentados os valores médios da composição centesimal das amostras FO, F1 e F2, e revelou diferenças estatisticamente significativas entre as formulações.

Tabela 5 - Médias e desvios-padrão da composição centesimal para as amostras de mortadela de peixe considerando fécula de mandioca e saponina

Amostras	Umidade (g 100 g ⁻¹)	Cinzas (g 100 g ⁻¹)	Proteínas (g 100 g ⁻¹)	Lipídios (g 100 g ⁻¹)
F1	64,49 ^b ±0,06	3,19 ^b ±0,02	11,33 ^b ±0,02	14,55 ^a ±0,31
F2	65,15 ^a ±0,02	3,52 ^a ±0,05	10,97 ^b ±0,09	13,46 ^b ±0,04
FO	63,57 ^c ±0,03	3,21 ^b ±0,03	13,00 ^a ±0,24	9,98 ^c ±0,19

Médias na mesma coluna, seguidas por letras minúsculas distintas, diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5% para os parâmetros de textura comparando-se todas as amostras entre si.

Fonte: Autoria própria (2025)

A análise dos dados pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) indicou que a formulação FO apresentou menor teor de umidade (63,57 g 100 g⁻¹), diferindo significativamente das amostras F1 (64,49 g 100 g⁻¹) e F2 (65,15 g 100 g⁻¹). De acordo com o padrão de identidade e qualidade de mortadela (Brasil, 2000) o teor máximo de umidade deve ser de 65 g.100g⁻¹, conforme observado apenas a amostra F2 ficou acima desse parâmetro. Os valores de umidade obtidos estão similares a estudo realizado por Bernadino Filho *et al.* (2020) o qual avaliou-se parâmetros físico-químicos no desenvolvimento de mortadela com carne mecanicamente separada de tilápia do Nilo, os autores obtiveram teores de umidade variando de 67,07 a 66,17 g 100 g⁻¹. Os resultados da umidade corroboram com o alto teor de atividade de água (aW) determinado tanto na primeira fase (Tabela 3) quanto na segunda fase (Tabela 8). No estudo de Bernardino Filho *et al.* (2020) os valores de aW também se encontraram nesta faixa (0,982 a 0,983). Os embutidos cárneos cozidos geralmente apresentam alto teor de umidade, e isso se deve a alguns ingredientes adicionados a formulação (por exemplo: fécula de mandioca, a proteína de soja, entre outros), que atuam como espessantes contribuindo e auxiliando a proteína da carne a reter água durante o processamento e cozimento (Sullivan, Venzor e Mandigo, 2024; Pereira *et al.*, 2019).

Segundo Demari (2019) as proteínas, provenientes tanto de fontes vegetais quanto animais, são utilizadas como agentes geleificantes e emulsificantes, contribuindo para a estabilidade, aumentando rendimento e melhorando dessa forma a textura dos produtos cárneos. Esses ingredientes podem aprimorar a capacidade emulsificante, favorecem a retenção de água, enriquecendo o valor nutritivo e melhorando as características de fatiamento (Demari, 2019; Pereira, *et al.*, 2019). Os carboidratos também podem influenciar e contribuir para as propriedades tecnológicas e funcionais, assim como a fécula de mandioca, a saponina de quinoa, atuando como espessantes no processamento de produtos cárneos emulsionados. A saponina de quinoa é um glicosídeo que apresenta propriedades surfactantes, e pode ter uma boa solubilização, pois as saponinas são formadas por uma parte hidrofílica, composta por carboidratos, e uma parte lipofílica (Hazzam *et al.*, 2020; Filho, 2014; Filho, 2013). O que

demonstra que a saponina da quinoa pode realmente ser um ingrediente favorável a ser utilizado em produtos emulsionados e auxiliar nas propriedades funcionais e tecnológicas, melhorando a textura e maciez que muitas vezes são adquiridas devido as boas propriedades funcionais dos ingredientes associadas ao poder de solubilização, espessante, geleificante e emulsificante, propriedades tecnológicas importantes na a obtenção de alimentos industrializados do tipo mortadela (Pereira *et al.*, 2019).

No que se refere ao teor de cinzas, observou-se que a formulação F2 apresentou o maior valor (3,52 g 100 g⁻¹), diferenciando-se significativamente de FO (3,21 g 100 g⁻¹) e F1 (3,19 g 100 g⁻¹). Este resultado pode também estar relacionado à composição dos ingredientes utilizados, como no caso da carne mecanicamente separada de tilápia (Souza *et al.*, 2022; Pereira *et al.*, 2019), geralmente no processo de obtenção da carne mecanicamente separada pode ocorrer a presença de fragmentos de ossos devido a separação mecânica da carne residual que fica aderida as espinhas, e também ao processo de lavagem devido ao processo de lixiviação ocorrida através da água de lavagem (De Souza *et al.*, 2022), e isso poderia aumentar o teor de minerais presentes nesta matéria-prima. Os valores obtidos foram menores do que os encontrados no estudo realizado por Bernardino Filho *et al.* (2020) em mortadela de carne mecanicamente separada (CMS) de tilápia do Nilo obtiveram os valores de 3,68 a 3,72 g 100 g⁻¹, e também aos encontrados por De Souza *et al.* (2022) em mortadela de CMS de tilápia do Nilo que obtiveram 4,47 g 100 g⁻¹ de cinzas em mortadelas feitas de aparas e CMS de tilápia. Porém foram superiores aos resultados encontrados por Bessa (2014) em salsichas elaboradas com CMS de tilápia do Nilo (teor de cinzas de 2,92 a 3,05 g 100 g⁻¹).

O teor de proteínas também variou entre as formulações, com FO apresentando o maior valor (13,00 g 100 g⁻¹), diferindo significativamente das amostras F1 (11,33 g 100 g⁻¹) e F2 (10,97 g 100 g⁻¹). O teor obtido na FO está de acordo com o que preconiza a legislação de mortadela de carne de aves, bovina e suína que deve ser superior a 12% (Brasil, 2000). Os resultados obtidos corroboram para este quesito com outros autores que desenvolveram estudos similares conforme já citados anteriormente, Bernardino Filho *et al.* (2020) que obteve valores médios variando de 13,13 a 13,10 g 100 g⁻¹, De Souza *et al.* (2022) valores de 15,49 a 11,59 g 100 g⁻¹ e ainda no estudo de Alda *et al.* (2021) que desenvolveram mortadelas a base de resíduos da filetagem de tilápia do Nilo apresentaram um teor de proteína de 15,34 g.100g⁻¹.

Já o teor de lipídios variou de maneira inversa, sendo significativamente maior em F1 (14,55 g 100 g⁻¹) e F2 (13,46 g 100 g⁻¹) quando comparado a FO (9,98±0,19 g 100 g⁻¹ g). Mas todas as formulações estão de acordo com os parâmetros fixados pela legislação para este

quesito, que deve ser inferior a 30 g 100 g⁻¹ (Brasil, 2000). A redução do teor de lipídios na formulação FO pode ser benéfica do ponto de vista nutricional, além de contribuir para uma textura mais firme e coesa, reforçando a percepção sensorial de qualidade do produto.

Diferentemente das análises instrumentais e físico-químicas, que fornecem dados quantitativos sobre a composição e estrutura do produto, a análise sensorial traduz a experiência subjetiva dos consumidores, sendo determinante para o sucesso de um alimento no mercado. Segundo Teixeira (2009), nossos sistemas sensoriais: olfativo, gustativo, tátil, auditivo e visual, avaliam os atributos dos alimentos, ou seja, suas propriedades sensoriais. A análise sensorial é uma poderosa ferramenta nas diversas fases de produção de um alimento. No caso das mortadelas de peixe avaliadas, os atributos sensoriais foram analisados para compreender como as diferentes formulações afetam a aceitação do produto e validar os resultados das análises centesimais e de textura.

Antes do teste sensorial de acordo com a exigência do Comitê de Ética e Pesquisa as formulações foram submetidas as análises microbiológicas, para garantindo a qualidade e segurança das amostras.

Na Tabela 6 estão apresentados os resultados da pesquisa de microrganismos de acordo com a Instrução Normativa Nº 161, de 1º de julho de 2022. Todas as amostras se apresentaram dentro dos valores máximos permitidos pelo regulamento.

Tabela 6 - Resultados das análises microbiológicas para as formulações de mortadela FO (otimizada), F1 (100% fécula de mandioca) e F2 (100% saponina de quinoa)

Microorganismos	F1	F2	FO	Máximo permitido pela legislação
<i>Clostridium perfringens</i>	$< 1,0 \times 10^1$ UFC g ⁻¹	$< 1,0 \times 10^1$ UFC g ⁻¹	$< 1,0 \times 10^1$ UFC g ⁻¹	$< 1 \times 10^3$ UFC g ⁻¹
<i>E. coli</i>	$< 3,0$ NMP g ⁻¹	$< 1,0 \times 10^1$ NMP g ⁻¹	$< 1 \times 10^1$ NMP g ⁻¹	$< 1 \times 10^2$ NMP g ⁻¹
<i>Staphylococcus coagulase positive</i>	$< 1,0 \times 10^2$ UFC g ⁻¹	$< 1 \times 10^3$ UFC g ⁻¹	$< 1,0 \times 10^2$ UFC g ⁻¹	$< 1 \times 10^3$ UFC g ⁻¹
<i>Salmonella</i>	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente

Fonte: Autoria própria (2025)

Os resultados da Tabela 7 e da Figura 15 permitem visualizar as diferenças na percepção sensorial entre as amostras F1, F2 e FO, destacando os atributos mais valorizados e aqueles que sofreram variações conforme a formulação utilizada.

Tabela 7 - Médias e desvios-padrão da análise sensorial para as amostras de mortadela de peixe considerando fécula de mandioca e saponina

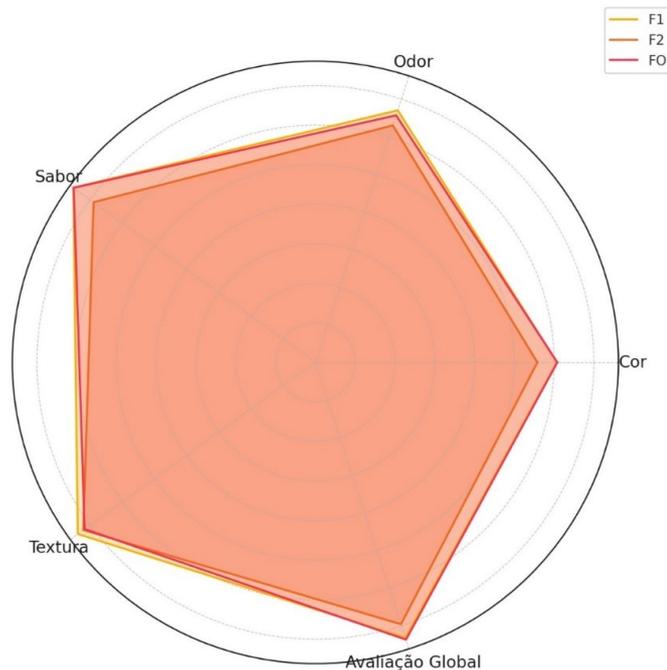
Amostras	Cor	Odor	Sabor	Textura	Avaliação Gobar
F1	6,07 ^a ±0,20	6,70 ^a ±0,17	7,52 ^a ±0,02	7,38 ^a ±0,18	7,32 ^a ±0,14
F2	5,58 ^a ±0,20	6,30 ^a ±0,20	6,89 ^b ±0,09	7,21 ^a ±0,18	6,96 ^b ±0,05
FO	6,08 ^a ±0,19	6,57 ^a ±0,18	7,51 ^a ±0,24	7,17 ^a ±0,16	7,37 ^a ±0,13

Médias na mesma coluna, seguidas por letras minúsculas distintas, diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5% para os parâmetros de textura comparando-se todas as amostras entre si.

Fonte: Autoria própria (2025)

A percepção visual de um produto influencia diretamente sua aceitação pelo consumidor, pois está associada a atributos de frescor e qualidade. No entanto, os resultados do atributo cor indicaram que não houve diferença estatisticamente significativa entre as formulações para este atributo ($p > 0,05$). A variação na proporção de fécula de mandioca e saponina não alterou significativamente a coloração final das mortadelas e a Figura 15 corrobora com esta conclusão, mostrando valores médios próximos para todas as amostras, em torno de 6,0.

Figura 15 - Análise sensorial das amostras de mortadela de peixe



Fonte: Autoria própria (2025)

O odor, um atributo sensorial presente no alimento é um dos aspectos percebidos pelo consumidor e pode influenciar diretamente a expectativa em relação ao sabor e ao aroma. Segundo Teixeira (2009), o odor é perceptível pelo órgão olfativo quando certas substâncias voláteis são aspiradas, essas substâncias, em diferentes concentrações, estimulam diferentes receptores de acordo com seus valores de limiar específicos. O aroma é a propriedade de perceber as substâncias aromáticas de um alimento depois de colocá-lo na boca e é essencial para compor o sabor dos alimentos. As formulações F1 e FO obtiveram pontuações mais elevadas (6,70 e 6,57, respectivamente) do que F2 (6,30), ainda que sem diferença significativa. Esta leve queda na aceitação de F2 pode estar associada à sua composição diferenciada, possivelmente afetando a retenção de compostos voláteis responsáveis pelo aroma característico da mortadela de peixe.

Dentre os atributos analisados, o sabor apresentou uma diferença estatisticamente significativa entre as amostras. A formulação F2 obteve a menor pontuação (6,89), enquanto F1 (7,52) e FO (7,51) foram significativamente mais bem avaliadas ($p < 0,05$). Este resultado está relacionado à proporção de fécula de mandioca e saponina em F2, que pode ter influenciado a percepção dos provadores quanto ao equilíbrio de sabores e à liberação de compostos voláteis, e ao sabor levemente amargo que a saponina pode apresentar (Hazzam *et al.*, 2020).

O atributo textura foi bem avaliado em todas as amostras, com valores médios acima de 7,0, indicando uma boa aceitação pelos consumidores. Não houve diferenças estatísticas entre as formulações, o que sugere que a modificação na proporção de fécula e saponina não comprometeu a percepção sensorial desse parâmetro. Este resultado está alinhado com as análises instrumentais tanto aos resultados obtidos na primeira quanto na segunda fase do estudo. E ainda se verificou que na segunda etapa as amostras indicaram uma estabilidade da textura ao longo do tempo, especialmente na formulação FO.

O atributo de aceitação global, que considera a percepção geral do produto pelos provadores, apresentou os melhores resultados para a formulação FO (7,37), seguida de F1 (7,32). Ambas foram estatisticamente superiores à formulação F2 (6,96), indicando que a formulação FO foi a mais bem aceita pelos consumidores. Este resultado reforça a importância de uma formulação equilibrada para garantir não apenas estabilidade físico-química, mas também um produto final sensorialmente atrativo.

Os resultados da análise sensorial demonstram que a formulação FO, composta por 80% de fécula de mandioca e 20% de saponina, apresentou um equilíbrio adequado entre os atributos analisados, sendo a mais bem aceita pelos consumidores. Ademais, a boa correlação entre as análises instrumentais e sensoriais reforça a robustez dos resultados, indicando que FO manteve uma textura consistente, um teor proteico dentro do mínimo exigido pela legislação e uma aceitação sensorial superior ao longo do tempo. Assim, esta formulação se destaca como uma alternativa promissora para o desenvolvimento de mortadelas de peixe com características desejáveis, tanto em termos de qualidade físico-química quanto de aceitação pelo consumidor.

Após a determinação da composição centesimal, análise microbiológica e sensorial as formulações FO, F1 e F2 passaram por um novo controle dos parâmetros físico-químicos e além das determinações realizadas na primeira fase do estudo, determinou-se também a oxidação lipídica das formulações (FO, F1 e F2) ao longo de 60 dias de armazenamento sob refrigeração a 5 °C.

Na Tabela 8 estão apresentados os valores médios das determinações de pH, CRA, aW e parâmetros de cor (L^* , a^* e b^*) das formulações ao longo de 60 dias de armazenamento, sendo avaliadas nos dias 0 (24 horas após o processamento), 15, 30, 45 e 60 dias.

Tabela 8 - Médias e desvios-padrão das análises físico-químicas para as amostras de mortadela de peixe FO, F1 e F2 ao longo do tempo de armazenamento de 60 dias

Tempo (dias)	Amostras	pH	CRA	aW	Parâmetros de cor		
					L*	a*	b*
0*	F1	6,38 ^{aA} ±0,02	94,47 ^{aA} ±0,63	0,96 ^{bA} ±1,00E ⁻³	70,23 ^{aB} ±0,70	5,80 ^{aB} ±0,07	12,62 ^{cB} ±0,17
	F2	6,39 ^{aA} ±0,06	82,56 ^{bAB} ±1,44	0,96 ^{bA} ±1,00E ⁻³	63,81 ^{bD} ±0,48	5,45 ^{aAB} ±0,20	16,48 ^{aB} ±0,33
	FO	6,43 ^{aA} ±0,02	94,59 ^{aA} ±0,48	0,97 ^{aA} ±5,77E ⁻⁴	70,27 ^{aB} ±0,44	6,03 ^{aABC} ±0,32	14,56 ^{bB} ±0,06
15	F1	6,36 ^{aA} ±0,03	93,12 ^{bAB} ±0,30	0,98 ^{aA} ±6,69E ⁻³	72,06 ^{aA} ±1,26	4,90 ^{aC} ±0,04	12,62 ^{cB} ±0,18
	F2	6,39 ^{aA} ±0,01	91,40 ^{cA} ±0,19	0,97 ^{aA} ±6,67E ⁻⁴	70,16 ^{aB} ±0,89	5,03 ^{aB} ±0,13	16,06 ^{aB} ±0,33
	FO	6,32 ^{aB} ±0,01	94,92 ^{aA} ±0,25	0,97 ^{aA} ±8,82E ⁻⁴	73,18 ^{aA} ±0,61	5,20 ^{aC} ±0,17	14,60 ^{bB} ±0,28
30	F1	6,20 ^{aA} ±0,24	91,19 ^{aB} ±0,54	0,96 ^{aA} ±5,77E ⁻⁴	70,88 ^{bB} ±0,35	5,66 ^{aB} ±0,30	14,72 ^{aA} ±0,31
	F2	6,56 ^{aA} ±0,04	85,33 ^{bAB} ±1,75	0,96 ^{aA} ±5,77E ⁻⁴	71,51 ^{bB} ±0,80	5,32 ^{aAB} ±0,28	16,05 ^{aB} ±0,32
	FO	6,41 ^{aA} ±0,01	93,88 ^{aA} ±0,38	0,97 ^{aA} ±6,67E ⁻⁴	73,75 ^{aA} ±0,14	5,55 ^{aBC} ±0,44	14,03 ^{aB} ±0,81
45	F1	6,35 ^{aA} ±0,04	94,50 ^{aA} ±0,27	0,99 ^{aA} ±8,08E ⁻³	69,27 ^{aC} ±1,29	7,56 ^{aA} ±0,57	14,91 ^{bA} ±0,16
	F2	6,36 ^{aA} ±0,01	85,40 ^{bB} ±3,47	0,97 ^{aA} ±5,04E ⁻³	68,40 ^{aC} ±0,56	7,15 ^{aA} ±0,76	17,85 ^{aA} ±0,63
	FO	6,35 ^{aA} ±0,01	91,21 ^{bA} ±3,48	0,97 ^{aA} ±8,35E ⁻³	69,14 ^{aC} ±0,58	7,05 ^{aA} ±0,16	15,50 ^{bB} ±0,25
60	F1	6,48 ^{aA} ±0,04	92,54 ^{aB} ±0,36	0,98 ^{aA} ±1,52E ⁻³	69,96 ^{aB} ±0,37	5,46 ^{aB} ±0,34	13,33 ^{bB} ±0,31
	F2	6,54 ^{aA} ±0,02	90,12 ^{bB} ±0,17	0,97 ^{aA} ±1,45E ⁻³	66,09 ^{bC} ±0,39	6,28 ^{aAB} ±0,41	17,45 ^{aA} ±0,35
	FO	6,46 ^{aA} ±0,01	93,42 ^{aA} ±0,59	0,97 ^{aA} ±1,20E ⁻³	70,92 ^{aB} ±1,31	6,65 ^{aAB} ±0,20	14,42 ^{bB} ±0,75

*Tempo 0: 24 h após a fabricação.

Médias na mesma coluna, seguidas por letras minúsculas distintas, diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5% entre cada amostra em seu respectivo tempo.

Médias na mesma coluna, seguidas por letras maiúsculas distintas, diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5% entre os diferentes tempos (0,15, 30,45 e 60 dias) para cada amostra.

Fonte: Autoria própria (2025)

Conforme pode ser observado na Tabela 8 não houve diferenças significativas entre as amostras em relação ao valor do pH, e os valores obtidos no presente estudo estão dentro da faixa esperada para produtos cárneos processados, conforme relatado por Sánchez *et al.* (2016). Após 15 dias o pH de F1 (6,36) e FO (6,32) diminuíram um pouco, enquanto o pH de F2 (6,39) permaneceu estável. Após 30, 45 e 60 dias, F1, F2 e FO mantiveram valores de pH sem variação estatística significativa entre as amostras.

Com relação à CRA, no tempo zero, F1 (94,47%) e FO (94,59%) tiveram uma CRA alta e semelhante, indicando uma boa capacidade de retenção de água inicial. A F2 (82,56%) apresentou uma CRA significativamente menor, o que pode estar associado à menor capacidade de formação de gel quando comparada a fécula de mandioca, que pode estar contribuindo para o aumento nas formulações F1 e FO para a interação com a água. Após 15 dias, a CRA para F1 (93,12%) e FO (94,92%) continuou alta e estável, enquanto a CRA de F2 (91,40%) se apresentou menor, apesar da saponina possuir um caráter hidrofílico, mas a fécula de mandioca continuou contribuindo na CRA. Em 30, 45 e 60 dias a CRA de F1 e FO continuou a ser significativamente mais alta do que a de F2. O resultado indica que a adição de fécula e a combinação otimizada contribuem para uma melhor retenção de água, essencial para manter a textura e a suculência do produto (Pereira *et al.*, 2019).

Na aW, as amostras tiveram resultados semelhantes no tempo zero, com F1 e FO em 0,96 e F2 também em 0,96. A aW não apresentou diferenças significativas neste ponto, o que é típico para produtos frescos. Em 15 dias a aW para FO (0,97) permaneceu mais alta em comparação com F1 (0,97) e F2 (0,97). Uma maior aW em FO sugere que a fórmula otimizada é mais eficaz na retenção de umidade, possivelmente devido à combinação de fécula de mandioca e saponina, devido ao caráter hidrofílico da saponina já discutido anteriormente. Após 30, 45 e 60 dias, a aW de FO continuou a ser superior à das outras amostras, o que indica que a combinação otimizada pode criar uma matriz mais eficaz na retenção de umidade. F1 e F2 mantêm valores semelhantes, mas com uma tendência de leve diminuição, refletindo uma perda de umidade ao longo do tempo.

Nos parâmetros de cor, a luminosidade L^* das amostras FO e F1 tiveram valores significativamente maiores do que a F2, indicando que a combinação otimizada e a fécula de mandioca mantêm melhor a cor do que a saponina sozinha. Isto sugere que a luminosidade pode ser influenciada por fatores como a composição química do produto e a presença de antioxidantes (Bogolyubova *et al.*, 2022). Após 15 dias, a luminosidade aumentou em F1 e FO e diminuiu em F2, indicando que a fécula de mandioca e a fórmula otimizada ajudam a manter ou até melhorar a luminosidade ao longo do tempo, possivelmente devido a sua capacidade de estabilizar os pigmentos (Mancini; Hunt, 2005). Com 30 dias a luminosidade diminuiu para F1 e FO, enquanto F2 tem uma leve melhora. A diminuição da luminosidade pode estar associada à oxidação e à degradação de pigmentos (Chiavaro *et al.*, 2008). F2, somente com saponina, apresenta uma leve melhora, possivelmente indicando um efeito estabilizador na cor. Aos 45 dias, FO teve a maior luminosidade, o que sugere que a combinação otimizada é mais eficaz em manter a cor do que F1 e F2. A perda de luminosidade em F1 e F2 pode ser devido à oxidação e alterações químicas (Bogolyubova *et al.*, 2022). Após 60 dias, tendência se manteve com FO mostrando a maior luminosidade e F2 a menor, confirmando que a combinação de ingredientes ativos pode oferecer uma melhor preservação da cor em produtos processados (Sánchez *et al.*, 2016).

Em relação ao parâmetro a^* de cor, a formulação FO teve a maior intensidade de vermelho, indicando uma melhor retenção da cor vermelha no tempo inicial. Com 15 dias a intensidade do vermelho diminuiu para todas as amostras, com FO mantendo o valor mais alto. A perda de intensidade pode estar relacionada à oxidação de pigmentos vermelhos (Bogolyubova *et al.*, 2022). A literatura indica que o controle da oxidação pode ajudar a preservar a intensidade da cor (Ribeiro; Filho, 2020). Em 45 e 60 dias a intensidade do

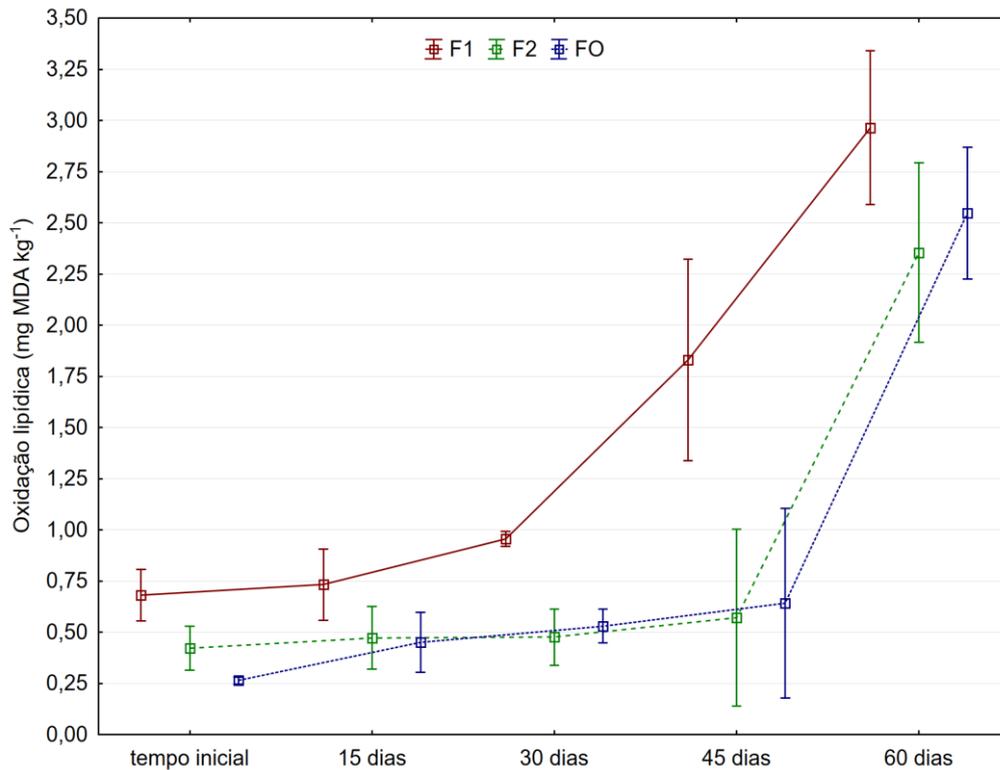
vermelho em FO continua a ser a mais alta, refletindo uma melhor preservação da cor, indicando que a fórmula otimizada é mais eficaz na preservação da cor ao longo do tempo.

Para o parâmetro b^* a formulação F2 teve a maior tonalidade amarela inicial, enquanto F1 apresentou a menor. Essa maior intensidade para a cromátide b^* se manteve em todo o período de tempo avaliado (Tabela 6). Acredita-se que esta intensidade para a cor amarela se deve a própria coloração da saponina de quinoa utilizada no presente experimento que apresentou coloração amarelada, segundo Ribeiro e Filho (2020) a quinoa apresenta tonalidades amarelas.

Na Figura 16 estão apresentados os resultados para a análise de oxidação lipídica (mg MDA kg^{-1}), e observou-se que em 24 h após a fabricação FO apresentou a menor oxidação lipídica (FO = 0,264 mg MDA kg^{-1}), sugerindo que a combinação otimizada de fécula e saponina é mais eficaz na prevenção da oxidação em comparação com as outras formulações (F1 = 0,682 mg MDA kg^{-1} e F2 = 0,423 mg MDA kg^{-1}). F2, que utilizou exclusivamente saponina, também mostrou valores baixos, mas não tão baixos quanto FO. F1, com 100% fécula de mandioca, teve a maior oxidação inicial, indicando que a fécula sozinha pode não ser tão eficiente na prevenção da oxidação quanto a combinação de aditivos. Com o aumento de 15 dias no tempo de armazenamento, a oxidação lipídica aumentou em F1, enquanto F2 e FO apresentaram valores semelhantes e ainda baixos. A presença da saponina de quinoa a qual possui compostos bioativos com propriedades funcionais antioxidantes (Filho, 2014) se mostraram capazes de auxiliar e prevenir oxidação tanto em FO quanto em F2, conforme visto na Figura 14 continuaram a controlar a oxidação mais efetivamente. Em 45 dias, F1 exibiu um aumento marcante na oxidação lipídica, indicando que o produto está sofrendo deterioração significativa. F2 e FO ainda mantêm níveis baixos de oxidação, com FO apresentando um leve aumento, mas ainda eficaz em comparação com F1. Após o tempo final de armazenamento, 60 dias, a oxidação continuou a aumentar em todas as formulações, com F1 mostrando os níveis mais altos (F1 = 2,964 mg MDA kg^{-1}). FO e F2 apresentaram os menores valores (2,55 e 2,35 mg MDA kg^{-1} , respectivamente) para a oxidação, reforçando sua eficácia em prolongar a qualidade do produto. A literatura confirma que a combinação de antioxidantes e agentes de retenção de água pode melhorar a estabilidade oxidativa dos produtos cárneos (Bogolyubova, 2022). E acredita-se que a eficácia da fórmula FO pode ser atribuída à adição de saponina a mortadela, que contribuiu para a oxidação lipídica mais eficazmente quando comparada a formulação controle (F1). Observou-se no presente estudo que ao final dos 60 dias os níveis de malonaldeído formados pela oxidação pode ser considerado adequados e aceitáveis, pois de acordo com Al-Kahtani (1996) valores de

oxidação de até 3 mg de MDA kg^{-1} podem ainda não ser perceptíveis sensorialmente em produtos cárneos.

Figura 16 - Evolução da oxidação lipídica ao longo do tempo de conservação de 60 dias das mortadelas de peixe FO, F1 e F2



Fonte: Autoria própria (2025)

Comparando os resultados da cor objetiva com a oxidação lipídica, observou que houve alteração da coloração, conforme já discutido anteriormente (Tabela 8), principalmente para a formulação F1, e essas alterações podem ser melhor observadas aos 30 e 45 dias de armazenamento, tanto para a cromátide a^* quanto para a cromátide b^* . Porém já aos 60 dias a cromátide b^* se manteve com leves alterações, possivelmente indicando que realmente as amostras estavam aumentando o seu conteúdo de compostos oxidativos, conforme pode ser observado na Figura 16. De acordo com De Farias *et al.* (2022), isto é consistente com o aumento da oxidação lipídica ao longo do tempo. Em produtos cárneos a oxidação leva a alteração da cor vermelha da mioglobina para a formação de compostos de metamioglobina que possuem coloração marrom-acinzentado (Shimokomaki *et al.*, 2006), na carne de peixe a quantidade de mioglobina é menor, ou seja, a pigmentação vermelha é menos intensa (Listrat *et al.*, 2016), mas durante o envelhecimento essas alterações na cor dos produtos estudados podem ser observadas. Geralmente os compostos oxidativos tem a sua formação máxima num determinado período de tempo, e pode observar que para as amostras FO e F2 essa elevação

foi atenuada próximo aos 45 dias, ambas formulações tinham a presença da saponina (Figura 16). Já essa atenuação e aumento na formação de compostos oxidativos para a amostra F1 foi observada aos 30 dias aproximadamente. E o aumento da tonalidade amarela em F1 principalmente ao final dos 60 dias de armazenamento (Tabela 8) é consistente com a maior formação de pigmentos amarelos devido à oxidação (Bogolyubova, 2022). FO apresentou uma tonalidade amarela relativamente consistente sem muitas alterações ao longo do período de armazenamento, com valores iniciais de 14,56 e valores médio final igual a 14,45 (Tabela 8), sugerindo melhor controle da oxidação, indicando que a combinação de ingredientes em FO é eficaz na redução da oxidação lipídica e, portanto, na manutenção da cor.

A textura instrumental foi avaliada ao longo de 60 dias de armazenamento, porém os intervalos de tempo entre as determinações foram com maiores espaçamentos, ou seja, consistiram de zero (24 horas após o processamento), 30 e 60 dias. A diferença neste intervalo de tempo de análise dos parâmetros de textura experimental em relação aos demais parâmetros utilizados no presente estudo, pode ser atribuída às características específicas da evolução da textura em produtos cárneos processados. Loures (2020) citou em seu estudo e a grande quantidade de água na carne de pescado, o tipo de proteínas e o baixo teor de tecido conjuntivo, podem alterar a textura do produto. Enquanto as propriedades físico-químicas e a oxidação lipídica da mortadela de peixe foram avaliadas em intervalos mais curtos (15 dias), pois preocupou-se com a estabilidade destes parâmetros com a intenção em capturar mudanças significativas ao longo do tempo.

Alda (2018) verificou que a textura de produtos cárneos processados pode ser determinada e alterada de acordo com os ingredientes funcionais da formulação. A textura de produtos cárneos processados como a mortadela de peixe pode evoluir de maneira mais lenta e contínua em comparação com parâmetros físico-químicos e oxidação lipídica, que tendem a apresentar variações mais rápidas e perceptíveis. Ainda em seu estudo, Alda (2018) observou que a dureza, gomosidade e mastigabilidade sofreram aumento linear ao longo do período estudado de 60 dias. Portanto, a análise das propriedades físico-químicas (Tabela 8) e da oxidação lipídica (Figura 16) foi realizada nos tempos zero (24 h após a fabricação), 15, 30, 45 e 60 dias para monitorar de forma mais detalhada a estabilidade e a evolução destas características ao longo do tempo, capturando variações que podem ocorrer mais rapidamente. Por outro lado, a análise dos parâmetros de textura foi conduzida em intervalos de zero (24 h após a fabricação), 30 e 60 dias para garantir uma avaliação completa das mudanças na textura do produto ao longo de um período mais extenso (Tabela 9).

A Tabela 9 apresenta os dados dos parâmetros de textura das amostras de mortadela de peixe para as formulações F1 (100% de fécula de mandioca), F2 (100% de saponina de quinoa) e FO (20% de saponina de quinoa e 80% de fécula de mandioca) ao longo de três tempos de análise: 0 (24 h após o processamento), 30 e 60 dias. A análise dos resultados é feita considerando tanto as diferenças entre as formulações em cada tempo quanto as mudanças na textura ao longo do tempo para cada formulação. As letras maiúsculas indicam diferenças significativas entre os tempos, enquanto as letras minúsculas indicam diferenças significativas entre as formulações dentro de cada tempo.

Tabela 9 - Médias e desvios-padrão da análise de textura para as amostras de mortadela de mortadela de peixe FO, F1 e F2 ao longo do tempo de armazenamento de 60 dias

Tempo (dias)	Amostras	Dureza (N)	Adesividade (N s)	Elasticidade (m)	Mastigabilidade (N m ⁻¹)	Gomosidade (N)	Coesividade **	Resiliência **
0*	F1	5,86 ^{aC} ±0,26	-0,04 ^{aB} ±0,01	0,96 ^{aA} ±0,02	495,36 ^{aC} ±24,50	512,33 ^{aC} ±21,44	0,86 ^{aA} ±0,01	0,57 ^{aA} ±0,01
	F2	6,44 ^{aC} ±0,41	-0,01 ^{aA} ±0,02	0,95 ^{aA} ±0,02	516,99 ^{aB} ±38,27	544,71 ^{aC} ±31,04	0,83 ^{aA} ±0,01	0,53 ^{aA} ±0,01
	FO	6,98 ^{aC} ±0,43	-0,03 ^{aA} ±0,02	0,95 ^{aA} ±0,02	574,99 ^{aC} ±32,40	606,82 ^{aC} ±33,23	0,85 ^{aA} ±0,01	0,55 ^{aA} ±0,02
30	F1	10,00 ^{bB} ±0,61	-0,05 ^{bB} ±0,01	0,94 ^{aA} ±0,02	796,71 ^{bB} ±53,88	845,15 ^{bB} ±49,11	0,83 ^{aA} ±0,01	0,50 ^{aB} ±0,02
	F2	10,37 ^{bB} ±0,38	-0,01 ^{aA} ±0,01	0,92 ^{aA} ±0,02	781,14 ^{bB} ±43,21	844,83 ^{bB} ±31,13	0,80 ^{aA} ±0,02	0,47 ^{aB} ±0,02
	FO	13,73 ^{aB} ±1,34	-0,06 ^{bA} ±0,01	1,14 ^{aA} ±0,19	1240,91 ^{aB} ±136,93	1140,61 ^{aB} ±89,94	0,82 ^{aA} ±0,02	0,49 ^{aB} ±0,03
60	F1	25,10 ^{abA} ±0,88	-0,21 ^{bA} ±0,02	0,94 ^{aA} ±0,04	1851,21 ^{bA} ±45,73	1955,99 ^{bA} ±103,56	0,76 ^{bB} ±0,02	0,39 ^{bC} ±0,01
	F2	24,10 ^{bA} ±0,59	-0,05 ^{aB} ±0,01	0,91 ^{aA} ±0,02	1855,21 ^{bA} ±42,89	2038,79 ^{abA} ±21,61	0,83 ^{abA} ±0,01	0,47 ^{aB} ±0,01
	FO	28,19 ^{aA} ±1,11	-0,06 ^{aA} ±0,01	0,96 ^{aA} ±0,03	2256,24 ^{aA} ±42,80	2350,89 ^{aA} ±106,34	0,82 ^{aA} ±0,01	0,46 ^{aB} ±0,01

*Tempo 0: 24 h após a fabricação.

** Os parâmetros de coesividade e resiliência possuem grandezas adimensionais

Médias na mesma coluna, seguidas por letras minúsculas distintas, diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5% para os parâmetros de textura entre cada amostra em seu respectivo tempo.

Médias na mesma coluna, seguidas por letras maiúsculas distintas, diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5% para os parâmetros de textura entre os diferentes tempos (0, 30 e 60 dias) para cada amostra.

Fonte: Autoria própria (2025)

Com relação ao parâmetro dureza, esta aumentou significativamente ao longo do tempo (de 5,86 N a 25,10 N) para a amostra F1, indicando que a textura se torna mais firme com o tempo. De acordo com Norte *et al.* (2016), a dureza é um dos parâmetros de textura que está relacionado com a composição centesimal, podendo variar de acordo com a umidade, gordura ou proteína. Mas acredita-se que no presente estudo, devido a embalagem da mortadela ser impermeável, ou seja, não houve perda de umidade nas amostras durante o armazenamento, então sugere-se que com o passar dos dias possa ter ocorrido uma maior interação entre os ingredientes utilizados nas formulações, contribuindo para o aumento da dureza, ou seja, deixando as amostras mais firmes e consistentes, aumentando a mastigabilidade e a gomosidade, sendo talvez isso favorável para a fatiabilidade. Este aumento é consistente e significativo entre os tempos 0, 30 e 60 dias, como indicado pelas letras maiúsculas distintas. Na amostra F2 a dureza também aumentou, mas com um padrão ligeiramente diferente, subindo de 6,44 N para 24,10 N. Embora haja um aumento significativo ao longo do tempo, a dureza em 30 e 60 dias é semelhante. A amostra FO apresentou o maior valor de dureza em todos os tempos, subindo de 6,98 N para 28,19 N. A diferença significativa entre os tempos é evidente, com letras maiúsculas distintas para cada intervalo.

Na adesividade, a amostra F1 variou pouco ao longo do tempo, com valores de -0,04 a -0,21 N s. A análise revelou diferenças significativas entre os tempos, especialmente entre 0 e 60 dias. A amostra F2 apresentou a menor adesividade em todos os tempos, com uma diferença significativa em comparação com F1 e FO, principalmente em 30 e 60 dias. Já a amostra FO exibiu um padrão intermediário de adesividade que se altera significativamente entre os tempos, especialmente entre 0 e 30 dias.

Na elasticidade não houve diferenças significativas entre as formulações para cada tempo, e as mudanças foram pouco significativas e podem ser observadas mais para as amostras F1 e FO, que mostram maior elasticidade após 60 dias.

Em relação à mastigabilidade, F1 e F2 mostraram valores significativamente diferentes de entre os tempos, com um aumento ao longo do tempo. FO teve o valor mais alto, especialmente em 60 dias, além de apresentar um aumento acentuado com valores significativamente mais altos em comparação com F1 e F2 ao longo do tempo. A mastigabilidade está relacionada a dureza assim como a gomosidade, quanto mais elevada a dureza menor é a maciez dos produtos e maior é a sua mastigabilidade e gomosidade, informações semelhantes ao estudo de Choe *et al.* (2013) em salsicha suína com adição de pele e mistura de fibras de trigo como substitutos de gordura, onde que também foi observado

na análise físico-química de textura que quanto maior a dureza no produto, maiores foram os valores da mastigabilidade e gomosidade. Isto foi observado no presente estudo (Tabela 6).

As amostras F1 e F2 apresentaram valores de gomosidade semelhantes ao longo dos tempos analisados, com variações significativas apenas entre os tempos. FO mostrou valores consistentemente mais altos, especialmente notáveis em 60 dias (Tabela 9).

Para a coesividade, F1 e FO tiveram valores consistentes ao longo do tempo, enquanto F2 apresentou valores ligeiramente mais baixos em 30 e 60 dias. Diferenças significativas são notadas principalmente entre os tempos de análise. A resiliência apresentou variações significativas ao longo do tempo para as amostras F1 e F2, enquanto a formulação otimizada FO manteve valores relativamente constantes. Mas as mudanças tanto para a coesividade quanto para a resiliência foram relativamente pequenas nos intervalos de tempo avaliados, e as alterações foram significativamente acentuadas na resiliência, com diferenças destacadas entre 0 e 60 dias.

Comparando os resultados da presente pesquisa em um estudo similar que avaliou a textura em mortadelas tradicional (carne bovina) e *light* (carne bovina e suína) realizado por Saldaña *et al.* (2015), pode-se observar que os resultados encontrados na análise de textura para os parâmetros de coesividade e a resiliência (Tabela 9) ficaram similares, em que os autores obtiveram valores médios de 0,80/0,77 (mortadela tradicional/mortadela *light*) e 0,51/0,43 (mortadela tradicional/mortadela *light*), respectivamente. Para a elasticidade, neste mesmo estudo, os valores médios foram um pouco menores (0,86/0,87 N mortadela tradicional/mortadela *light*) do que para as formulações de mortadela de peixe (F1, F2 e FO, Tabela 6), bem como em relação a dureza em que também foi menor (16,24 e 12,88 N mortadela tradicional e mortadela *light*, respectivamente) do que as amostras de mortadela de peixe aos 60 dias de armazenamento, porém maior se comparado ao dia 0 (24 h após o processamento) e similar se comparado ao dia 30.

Desta forma é possível verificar que os parâmetros de textura da mortadela de peixe evoluíram de maneira distinta com o tempo e são afetados de forma diferente pelas formulações de fécula de mandioca e saponina. F1 e F2 mostraram um aumento significativo na dureza e mastigabilidade com o tempo, mas a formulação FO tendeu a oferecer uma textura mais consistente e com maior dureza e mastigabilidade ao longo do período analisado, confirmando a eficácia da formulação recomendada (FO com 80% fécula de mandioca e 20% saponina) ao demonstrar que ela manteve uma textura desejável e consistente ao longo do tempo, atendendo aos padrões desejados para a produção da mortadela de peixe.

Resumidamente, as análises físico-químicas e de oxidação lipídica indicaram que a amostra com 100% de fécula de mandioca (F1) apresentou uma boa capacidade de retenção de água e pH inicial estável. No entanto, ao longo do tempo, F1 apresentou maior oxidação lipídica, além de uma menor intensidade de cor vermelha, aumento na intensidade da coloração amarela e manteve-se estável em relação a luminosidade, indicando que a fécula de mandioca sozinha possui uma menor eficiência para proteger o produto contra a oxidação lipídica e a degradação da cor. A amostra com 100% de saponina de quinoa (F2) inicialmente melhorou a cor do produto e manteve uma luminosidade inferior à de F1. Contudo, F2 não foi tão eficaz quanto a combinação FO na retenção de água e controle da oxidação lipídica. A saponina de quinoa pode melhorar a aparência da cor, mas interferiu um pouco em relação a capacidade de retenção de água um parâmetro importante que afeta a textura e a maciez dos produtos cárneos. Arcanjo (2017) afirma em seu estudo que a água interfere significativamente na qualidade dos produtos cárneos, afetando, principalmente, a rugosidade e a maciez. A autora afirma ainda que as características ligadas a textura do produto processado cárneo, estão relacionadas com a capacidade de retenção de água das proteínas musculares e da quantidade de gorduras incluídas na formulação. A combinação de fécula e saponina (FO) ofereceu o melhor equilíbrio entre retenção de água, controle da oxidação lipídica, manutenção da cor ao longo do tempo e apresentou bons resultados em relação a análise sensorial pelo teste de aceitação, conforme a nota média para a avaliação global (Figura 15 e Tabela 7). Ainda, FO maximizou os benefícios de ambos os ingredientes, resultando em uma preservação superior da qualidade do produto nos parâmetros avaliados e principalmente em relação a oxidação lipídica e isso contribui para a diminuição de antioxidantes sintéticos.

6 CONCLUSÃO

O estudo confirmou a viabilidade da utilização de saponinas como aditivos naturais em embutidos cárneos, especialmente como um promissor agente antioxidante. As saponinas, com suas propriedades antioxidantes, emulsificantes e surfactantes, podem não apenas melhorar a qualidade e a segurança alimentar, mas também contribuir para o desenvolvimento de alternativas mais saudáveis no mercado e redução do teor de aditivos sintéticos utilizados.

A inclusão de carne mecanicamente separada (CMS) de tilápia nas formulações das mortadelas comprova que esta ação é uma estratégia eficaz para valorizar esse subproduto da indústria pesqueira, frequentemente subutilizado. A CMS possui características de qualidade que permite seu aproveitamento, aumentando a composição nutricional dos embutidos e agregando valor ao produto final.

Os resultados obtidos ressaltaram a importância da otimização da formulação na qualidade dos produtos cárneos processados, oferecendo *insights* valiosos para o desenvolvimento de produtos semelhantes, como mortadelas de peixe. Este estudo não apenas contribui para o avanço do conhecimento na área, mas também abre oportunidades para futuras pesquisas que investiguem combinações de ingredientes funcionais, promovendo inovação na indústria alimentícia e oferecendo opções mais saudáveis e sustentáveis aos consumidores. A continuidade desta linha de pesquisa poderá impulsionar a criação de produtos que atendam à crescente demanda por alimentos mais nutritivos e ambientalmente responsáveis.

REFERÊNCIAS

AGUIRRE, G. O.; VÁSQUEZ, A. T. P.; GARCIA, J. R. S.; ZÁRATE, A. S.; FLORES, A. A. O.; CAMPOS, M. R. S.; PÉREZ, E. V. B.; CHAY-CANUL, A. J. Using plant-based compounds as preservatives for meat products: a review. **Heliyon**, [S.l.], v. 9, n. 6, e14279, 2023. Available at: [https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440\(23\)04279-2](https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440(23)04279-2). Acesso em: 6 jun. 2024.

ALAMAR TÉCNICA CIENTÍFICA LTDA. Ficha técnica - saponina. Diadema - SP, 2000. Disponível em: <https://cdn.media.inlab.ind.br/uploads/2022/06/Saponina-6780-856858.pdf>. Acesso em: 23 fev. 2023.

ALDA, P.C.; CORADINI, M.F.; CHAMBO, A.P.S; CORREA, S.S.; MIKCHA, J.M.G.; GOES, E.S.R.; SOUZA, M.L.R. Physicochemical and sensory evaluation of mortadella based on Nile tilapia filleting residues. **Ciência Rural**, v.51, n.3, 2021. Disponível em: <http://doi.org/10.1590/0103-8478cr120190979>. Acesso em: 01 set. 2024.

ALDA, P. C. **Elaboração de embutido, tipo mortadela, com resíduos do processo de filetagem da Tilápia do Nilo**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá - PR, 2018. Disponível em: <https://ppz.uem.br/trabalhos-de-conclusao/dissertacoes/2018/paola-c-alda.pdf>. Acesso em: 01 set. 2024.

AL-KAHTANI, H. A. Chemical changes after irradiation and post irradiation storage in tilapia and *Spanish mackerel*. **Journal of Food Science**, v. 61, n. 4, p. 729-733, 1996. Disponível em: <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2621.1996.tb12191.x>. Acesso em: 01 set. 2024.

ANDRADE, M. C. **Obtenção de concentrado proteico da pele de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) por via ácida e enzimática**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Departamento de Tecnologia em Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão - PR, 2022. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/29525/1/concentradoproteicopeletilapia.pdf>. Acesso em: 01 set. 2024.

ARCANJO, E. M. **Elaboração de produto cárneo emulsionado utilizando proteína da raspa da pele de jacaré do Pantanal**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, Cuiabá - MT, 2017. Disponível em: https://ppgcta.ifmt.edu.br/wordpress/wp-content/uploads/2018/03/Disserta%C3%A7%C3%A3o_Edn%C3%A9ia-Turma-de-2017-ilovepdf-compressed.pdf. Acesso em: 01 set. 2024.

BARRETO, E. H.; STOCCO, C. W.; ALMEIDA, L.; NASCIMENTO, R. F.; BITTENCOURT, J. V. M. Parâmetros de qualidade no processamento de mortadelas. **Revista Espacios**, v. 38, n. 24, p. 2-10, 2017. Disponível em: <https://www.revistaespacios.com/a17v38n24/a17v38n24p02.pdf>. Acesso em: 02 abr. 2025.

BESSA D. P. *Elaboração de Salsicha Prebiótica com Resíduo de Tilápia (*Oreochromis niloticus*) e Redução de Sódio*. 2014, 78f. Dissertação. (Mestrado em Medicina Veterinária) Universidade Federal Fluminense, Nitéroi, 2014. Disponível em: <https://higieneveterinaria.uff.br/wp-content/uploads/sites/270/2020/08/danielabessa.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2025.

BERNARDINO FILHO, R.; DA SILVA, O.S.; DE OLIVEIRA, S. N; QUEIROGAGA, A. X. M.; SOUSA, B. A. A. Composição química e avaliações de mortadela de tilápia do Nilo com sabor de camarão. **Revista Verde**, 15:3, p 250-255, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.18378/rvads.v15i3.7772>. Acesso em: 01 set. 2024.

BERNARDINO FILHO, R.; XAVIER, L. C. Obtenção, rendimento e caracterização de CMS produzida com resíduos da filetagem de tilápia do Nilo. **Revista Brasileira de Agrotecnologia**, v. 9, n. 2, p. 1-4, 2019. Disponível em: <https://revistas.uneb.br/index.php/rebagro/article/view/7534>. Acesso em: 06 jun. 2024.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v. 37, n. 8, p. 911-917, 1959. Disponível em: <https://cdnsiencepub.com/doi/pdf/10.1139/o59-099>. Acesso em: 06 fev. 2025.

BOGOLYUBOVA, O.; BOGOLYUBOV, D.; KOVALENKO, M.; KOVALENKO, A.; KOVALENKO, V. Cassava-starch-based films incorporated with emulsifier and buriti oil: Effect on color parameters. **Journal of Food Science and Technology**, [S.l.], v. 59, n. 2, p. 911-919, 2022. Disponível em: <https://www.proquest.com/docview/2642450125>. Acesso em: 6 jun. 2024.

BORGES, A. M.; BERTHIER, F. L. **Criação de tilápia**. 3. ed. Brasília - DF: EMATER, 2019.

BOSCOLO, W. R.; FEIDEN, A. **Industrialização de tilápias**. UNIOESTE Campus Toledo, Toledo - PR, 2007. Disponível em: https://cursodeaquicultura.com.br/pdf/industrializacao_tilapia.pdf. Acesso em: 01 set. 2024.

BRASIL, **Instrução Normativa N° 4, de 03 de março de 2000**. Regulamento de Identidade e Qualidade da Mortadela. Anexo I. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Brasília. 2000. Disponível em: <https://www.defesa.agricultura.sp.gov.br/legislacoes/instrucao-normativa-sda-4-de-31-03-2000,662.html>. Acesso em: 01 set. 2023.

BRASIL. **Decreto N° 9.013, de 29 de março de 2017**. Regulamenta a Lei nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950, e a Lei nº 7.889, de 23 de novembro de 1989. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/decreto/d9013.htm. Acesso em: 01 set. 2024.

BRASIL. **Instrução Normativa N° 161, de 1° de julho de 2022**. Padrões microbiológicos dos alimentos. ANVISA. Disponível em: https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/IN_161_2022_.pdf. Acesso em: 01 set. 2023.

- BRASIL. **Portaria 326 de 30 de julho de 1997**. Ministério da Saúde. Disponível em: https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/svs/1/1997/prt0326_30_07_1997.html. Acesso em: 01 set. 2024.
- CABRAL, I. S. R.; ANGELINI, M. F. C.; SHIRAHIGUE, L. D.; SUCASAS, L. F. A.; OETTERER, M. Estabilidade de carne mecanicamente separada de tilápia (*Oreochromis niloticus*) em função do uso de diferentes aditivos químicos. **Revista Brasileira de Pesquisa em Alimentos**, v. 3, n. 1, p. 44-49, 2012. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/003140508>. Acesso em: 01 set. 2024.
- CASTEJON, F. V.; STRINGHINI, J. H. **Taninos e saponinas**. Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal. UFGO. Goiânia - GO, 2011. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/67/o/semi2011_Fernanda_Castejon_1c.pdf. Acesso em: 01 set. 2024.
- CHIAVARO, E.; ZANARDI, E.; BOTTARI, B.; IANIERI, A. Efficacy of different storage practices in maintaining the physicochemical and microbiological properties of fresh pork sausages. **Journal of Muscle Foods**, v. 19, p. 1457-174, 2008. Disponível em: <https://doi-org.ez48.periodicos.capes.gov.br/10.1111/j.1745-4573.2008.00109.x>. Acesso em: 01 set. 2024.
- CHOE, J. H.; KIM, H. Y.; LEE, M. J.; KIM, J. Y.; KIM, J. C. Quality of frankfurter-type sausages with added pig skin and wheat fiber mixture as fat replacers. **Meat Science**, v. 93, n. 4, p.849-864, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.11.054>. Acesso em: 01 set. 2024.
- COSTA, F. T.; OLIVEIRA, T. P.; DROVAL, A. A.; MARQUES, L. L. M.; FUCHS, R. H. B.; CARDOSO, F. A. R. Evaluation of physicochemical properties of Nile tilapia skin collagen extracted in acid medium. **Brazilian Journal of Biology**, v. 84, p. 1, 2024. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjb/a/5ZpKXjPtdscFDcBtdZ4DKJ/>. Acesso em: 01 set. 2024.
- CRACKEL, R. L.; GRAY, J. I.; PEARSON, A. M.; BOOREN, A. M.; BUCKLEY, D. J. Some further observations on the TBA test as an index of lipid oxidation in meats. **Food Chemistry**, v. 28, n. 3, p. 187-196, 1988. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0308814688900507>. Acesso em: 13 fev. 2024.
- DA COSTA, F. T. **Extração de colágeno da pele de tilápia do Nilo com protocolo ácido**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Departamento de Tecnologia em Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão - PR, 2019. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/6715/2/extracaocolagenopeletilapia.pdf>. Acesso em: 01 set. 2024.
- DA SILVA LEITÃO PERES, N.; CABRERA PARRA BORTOLUZZI, L.; MEDEIROS MARQUES, L. L.; FORMIGONI, M.; FUCHS, R. H. B.; DROVAL, A. A.; CARDOSO, F. A. Medicinal effects of Peruvian maca (*Lepidium meyenii*): a review. **Food & Function**, v. 11, p. 83-92, 2020. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31951246/>. Acesso em: 01 set. 2024.

DA SILVA, A. P. G.; GUERRA, J. M. C.; OLIVEIRA, M. M. B.; VIEIRA, D. D. S.; DA SILVA, M. J. C.; FERREIRA, M. C.; MELO, T. S.; FILHO, J. P. M. B. Aplicação de extrato vegetal no processamento de produtos cárneos como alternativa de substituição de nitrito residual: uma revisão integrativa. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 9, p. 89816-89827, 2021. Disponível em: www.scielo.br/j/bjft/a/hCTNBJxTRtzJwcGkH6szZbG/. Acesso em: 01 set. 2024.

DA SILVA, C. G. F. **Estudo de técnicas de extração de saponinas do fruto da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill)**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre - RS, 2016. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/142649>. Acesso em: 01 set. 2024.

DA SILVA, G. F.; MACIEL, L. M.; DALMASS, M. V.; GONÇALVES, M. T. **Tilápia do Nilo - criação e cultivo em viveiros no estado do Paraná**. Revisão de Literatura do Curso de Zootecnia. UFPR, 2015. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/360624136/Tilapia-Do-Nilo-Criacao-e-Cultivo-Em-Viveiros-No-Estado-Do-Parana>. Acesso em: 01 set. 2024.

DE FARIAS MARQUES, A. D. J.; DE LIMA TAVARES, J.; DE CARVALHO, L. M.; LEITE ABREU, T.; ALVES PEREIRA, D.; MOREIRA FERNANDES SANTOS, M.; SUELY MADRUGA, M.; DE MEDEIROS, L. L.; KÊNIA ALENCAR BEZERRA, T. Oxidative stability of chicken burgers using organic coffee husk extract. **Food Chemistry**, v. 393, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133451>. Acesso em: 03 jun. 2024.

DEMARI; A. C. D. **Padronização do tempo de tamberamento e descanso no processamento do presunto cozido**. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas - RS, 2019. Disponível em: https://dctaufpel.com.br/cmpcta/manager/uploads/documentos/dissertacoes/dissertacao_andressa_c_d_demari_.pdf. Acesso em: 6 jun. 2024.

DE MATOS, F. T.; MATAVELI, M.; FILHO, M. X. P.; MUÑOZ, A. E. P.; DE BARROS, L. C.; DE SOUSA, C. W. A.; VOGADO, G. R.; ROCHA, H. S.; MESSIAS, J. A.; ROCHA, L. M. P. **Aspectos técnicos e econômicos da produção de tilápias em tanques-rede no lago de Palmas - TO**, Parque Aquícola Brejinho II. EMBRAPA Pesca e Aquicultura, Palmas - TO, 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1146882/aspectos-tecnicos-e-economicos-da-producao-de-tilapias-em-tanques-rede-no-lago-de-palmas-to-parque-aquicola-brejinho-ii>. Acesso em: 03 jun. 2024.

DE SOUZA, M. L. R.; CASSETTA, J.; CESARO, E. D.; CORADINI, M. F.; FEIHRMANN, A. C.; GOES, E. S. R.; MARENGONI, N. G.; OLIVEIRA, G. G.; TAKAYAMA, D. M. T.; TESTI, I. A. **Mortadela de carne mecanicamente separada de aparas da filetagem de tilápia do Nilo**. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 3, p. 15925-15945, 2022. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/360239811_Mortadela_de_carne_mecanicamente_separada_de_aparas_da_filetagem_de_tilapia_do_Nilo_Mortadella_of_mechanically_separated_meat_from_filleting_Nile_tilapia_trimmings. Acesso em: 01 set. 2024.

DUARTE, F. O. S. **Caracterização da carne de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) submetida a dietas suplementadas com óleo de peixe**. Tese (Doutorado) - Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás, Goiânia - GO, 2017. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/items/6a6d13a5-95fb-42da-9950-22ddcd0121aa>. Acesso em: 01 set. 2024.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Exportações da piscicultura brasileira batem recorde**. 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/79759668/exportacoes-da-piscicultura-brasileira-batem-recorde>. Acesso em: 15 maio 2025.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Uma produção pesqueira e aquícola sem precedentes contribui decisivamente para a segurança alimentar global**. 29 de junho de 2022. Disponível em: <https://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/es/c/1585153/>. Acesso em: 09 set. 2024.

FERREIRA V. P. **Avaliação das características físico-químicas de mortadelas tradicionais, de frango e light**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Departamento de Tecnologia em Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa - PR, 2016. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/16671/1/PG_COALM_2016_2_17.pdf. Acesso em: 01 set. 2024.

FILHO, A. M. M. **Caracterização físico-química, nutricional e fatores antinutricionais de quinoa da variedade brasileira BRS Peabiru**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 2014. Disponível em: https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFV_b054a10884abb4a29e5df793e1ce7145. Acesso em: 01 set. 2024.

FILHO, L. F. C. de M. **Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd): uma revisão bibliográfica**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade de Brasília, Brasília - DF, 2013. Disponível em: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/5971/1/2013_LuizFelipeCardosoDeMoraesFilho.pdf. Acesso em: 01 set. 2024.

FIORDA, F. A.; DE SIQUEIRA, M. I. D. **Avaliação do pH e atividade de água em produtos cárneos**. *Revista Estudos - Revista de Ciências Ambientais e Saúde*, v. 36, n. 4, p. 817-826, 2009. Disponível em: <https://seer.pucgoias.edu.br/index.php/estudos/article/view/1132>. Acesso em: 01 set. 2024.

FOGAÇA, F. H. dos S. **Conservação de carne mecanicamente separada (CMS) de tilápia (*Oreochromis niloticus*)**. **Comunicado Técnico**. EMBRAPA Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1131358/1/CT-244-15abr2021-1.pdf>. Acesso em: 08 set. 2024.

FOOD SAFETY. **O que são embutidos? Origem, evolução e legislação**. 28 de janeiro de 2019. Disponível em: <https://foodsafetybrazil.org/o-que-sao-embutidos-origem-evolucao-e-legislacao/>. Acesso em: 08 set. 2024.

GEWEHR, M. F.; DANELLI, D.; DE MELO, L. M.; FLÔRES, S. H.; JONG, E. V. Análises químicas em flocos de quinoa: caracterização para a utilização em produtos alimentícios. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 15, n. 4, p. 280-287, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjft/a/nNMSsnRxP33WWRWJt9SdWKM/?format=html>. Acesso em: 01 set. 2024.

GUIMARÃES, J. de L. B.; CALIXTO, F. A. A.; MESQUITA, E. de F. M. Produção e utilização da carne mecanicamente separada de pescado: uma revisão. **Higiene Alimentar**, v. 31, n. 268/269, p. 55-62, 2017. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-837454>. Acesso em: 01 set. 2024.

HAMEED, E. S. A.; NAGATY, M. A.; SALMAN, M. S.; BAZAID, S. A. Phytochemicals, nutritionals and antioxidant properties of two prickly pear cactus cultivars (*Opuntia ficus-indica* Mill.) growing in Taif, KSA. **Food Chemistry**, v. 160, p. 31-38, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.03.060>. Acesso em: 25 fev. 2024.

HAMM, R. Functional properties of the miofibrillar system and their measurement. In: BECHTEL, P.J. (Ed.). **Muscle as food**. Orlando: Academic Press, 1986. p.135-199. Disponível em: <https://archive.org/details/muscleasfood0000unse>. Acesso em: 06 jun. 2024.

EL HAZZAM, K.; HAFSA, J.; SOBEH, M.; MHADA, M.; TAOURIRTE, M.; EL KACIMI, K.; YASRI, A. Uma visão sobre as saponinas da quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd): uma revisão. **Molecules**, [S.l.], v. 25, n. 5, p. 1059, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/molecules25051059>. Acesso em: 25 fev. 2024.

HENRIQUE, J. T.; BIASON, M. V.; MENDES, P. S.; CARDOSO, F. A. R.; LEIMANN, F. V.; GONÇALVES, O. H.; BONA, E.; OLIVEIRA, A.; MARQUES, L. L. M.; FUCHS, R. H. B.; DROVAL, A. A. Enhancing mortadella formulations: exploring the impact of curcumin microcrystals, cochineal carmine, and annatto dyes on sensory preferences, stability, and antioxidant potential. **Food Chemistry-X**, v. 23, p. 101627, 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590157524005157>. Acesso em: 01 set. 2024.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. Coordenadores: Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet, Paulo Tiglea. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p. Disponível em: https://www.ial.sp.gov.br/resources/editorinplace/ial/2016_3_19/analisedealimentosial_2008.pdf. Acesso em: 06 jun. 2024.

JÚNIOR, M. M.; OLIVEIRA, T. P.; GONÇALVES, O. H.; LEIMANN, F. V.; MARQUES, L. L.; FUCHS, R. H. B.; CARDOSO, F. A. R.; DROVAL, A. A. Substitution of synthetic antioxidant by curcumin microcrystals in mortadella formulations. **Food Chemistry**, v. 300, p. 125231-125237, 2019. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31374430/>. Acesso em: 01 set. 2024.

KEMPKA, A. P.; DINON, A. Z.; BATTISTELLA, H. F.; HEIZEN, V. D.; PRESTES, R. C. Determinação das propriedades funcionais de carne mecanicamente separada (CMS) de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) antes e após o processo de hidrólise enzimática. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, 20., 2014, Florianópolis.

Anais [...]. Florianópolis: UDESC, 2014. Disponível em: <https://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/determinao-das-propriedades-funcionais-de-carne-mecanicamente-separada-cms-de-tilpia-do-nilo-oreochromis-niloticus-antes-e-aps-o-processo-de-hidrlise-enzimtica-17232>Acesso em: 01 set. 2024.

LISTRAT, A., LEBRET, B.; LOUVEAU, I.; ASTRUC, T.; BONNET, M.; LEFAUCHEUR, L.; PICARD, B.; BUGEON, J. How muscle structure and composition influence meat and flesh quality. **The Scientific World Journal**, v. 1, p 1-14, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2016/3182746>. Acesso em: 02 de fevereiro de 2025.

LOHMANN, L. V.; SCHREIBER, A. M.; MOREIRA, B. P.; HOCEVAR, M. A. Extração do colágeno a partir de pele de peixe da espécie carpa húngara (*Cyprinus carpio* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, 22., 2018, São Paulo. **Anais** [...]. São Paulo, 2018. Disponível em: <https://pdf.blucher.com.br/chemicalengineeringproceedings/cobeq2018/PT.0262.pdf>. Acesso em: 01 set. 2024.

LOURES, L. S. **Textura em embutidos emulsionados tipo mortadela elaborados com tilápia do Nilo**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Lavras, Lavras - MG, 2020. Disponível em: http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/42926/1/201420458_LAURA_TRABALHO_FINAL.pdf Acesso em: 01 set. 2024.

LYRIO, N. N. **Avaliação da atividade antimicrobiana e do poder surfactante das saponinas do juá (*Ziziphus joazeiro*) modificadas enzimaticamente**. Dissertação (Mestrado em Bioquímica) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: https://ppgcal.iq.ufrj.br/wp-content/uploads/2017/06/Natalia_Lyrio DISSERTACAO.pdf. Acesso em: 01 set. 2024.

MACHADO, E. A. **Avaliação da qualidade nutricional de hambúrgueres suplementados com farinha de quinoa**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Tecnologia de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão - PR, 2014. Disponível em: https://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/11673/2/FB_COALM_2013_2_10.pdf. Acesso em: 01 set. 2024.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Consumo e tipos de peixes no Brasil**. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/mpa/rede-do-pescado/consumo-e-tipos-de-peixes-no-brasil>. Acesso em: 11 set. 2024.

MARENGONI, N. G.; POZZA, M. S. dos S.; BRAGA, G. C.; LAZZERI, D. B.; CASTILHA, L. D.; BUENO, G. W.; PASQUETTI, T. J.; POLESE, C. Caracterização microbiológica, sensorial e centesimal de fishburgers de carne de tilápia mecanicamente separada. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 10, n. 1, p. 168-176, 2009. Disponível em: [https://www.bvs-vet.org.br/vetindex/periodicos/revista-brasileira-de-saude-e-producao-animal/10-\(2009\)-1/caracterizacao-microbiologica-sensorial-e-centesimal-de-fishburgers-de/](https://www.bvs-vet.org.br/vetindex/periodicos/revista-brasileira-de-saude-e-producao-animal/10-(2009)-1/caracterizacao-microbiologica-sensorial-e-centesimal-de-fishburgers-de/). Acesso em: 01 set. 2024.

MENTTA. **Los tres tipos de quinoa ¿los conoces?** 14 dez. 2021. Disponível em: <https://www.mentta.com/blog/tres-tipos-de-quinoa/>. Acesso em: 13 set. 2024.

MPA. Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura**. Brasília: MPA, 2011. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/biblioteca/download/estatistica/est_2011_bo1_bra.pdf. Acesso em: 13 set. 2024.

NETO, B. B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Como fazer experimentos: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria**. 3. ed. Campinas: Editora Unicamp, 2007.

NICKEL, J. **Influência de diferentes processamentos sobre propriedades nutricionais de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivada no Brasil**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas - RS, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufpel.edu.br/handle/prefix/3891>. Acesso em: 01 set. 2024.

NICKEL J. **Influência de diferentes processamentos sobre propriedades nutricionais de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivada no Brasil**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas - RS. 2015. Disponível em: <https://guaiaca.ufpel.edu.br/handle/prefix/3891?show=full>. Acesso em: 01 de set. 2024.

NORTE, A. R.; INÁCIO, A. B.; CANO-CHAUCA, M.; SOUZA, T. I. M.; SILVA, J. F. C. Avaliação de parâmetros de qualidade de mortadelas adquiridos no comércio local de Janaúba. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 18, n. 1, p. 49-54, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/48764/2/AVALIA%C3%87%C3%83O%20DE%20PAR%C3%82METROS%20DE%20QUALIDADE%20DE%20MORTADELAS%20ADQUIRIDOS%20NO%20COM%C3%89RCIO%20LOCAL%20DE%20JANA%C3%9ABA.pdf>. Acesso em: 01 set. 2024.

ORSOLIN, D.; STEFFENS, C.; DALLA ROSA, C.; STEFFENS, J. **Redução do tempo no processo de cozimento de mortadela avaliando a qualidade final do produto**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Campus Erechim, Erechim - RS, 2013. Disponível em: https://www.uricer.edu.br/cursos/arq_trabalhos_usuario/2290.pdf. Acesso em: 6 jun. 2024.

PEREIRA, J.; HU, H.; XING, L.; ZHANG, W.; ZHOU, G. Influence of rice flour, glutinous rice flour, and tapioca starch on the functional properties and quality of an emulsion-type cooked sausage. **Foods**, [S.l.], v. 9, n. 1, e0009, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2304-8158/9/1/9>. Acesso em: 6 jun. 2024.

PEIXE BR. Associação Brasileira da Piscicultura. **Anuário Brasileiro da Piscicultura 2021**. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/>. Acesso em: 01 set. 2024.

PEIXE BR. Associação Brasileira da Piscicultura. **Anuário Brasileiro da Piscicultura 2023**. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/>. Acesso em: 01 set. 2024.

RIBEIRO, L. R.; FILHO, A. M. M. Caracterização física e funcional da farinha integral de quinoa BRS Piabiru. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 11, p. 93282-93291, 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/368064550_CHARACTERIZACAO_FISICA_E_FUNCIONAL_DA_FARINHA_INTEGRAL_DE_QUINOA_BRS_PIABIRU_PHYSICAL_ANAL

D_FUNCTIONAL_CHARACTERIZATION_OF_QUINOA_BRS_PIABIRU_WHOLE_FL
OUR. Acesso em: 01 set. 2024.

ROMANZINI, G. de B.; DA COSTA, C. P. Cultivo da Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em tanques-rede: uma revisão de literatura. **Revista JRG de Estudos Acadêmicos**, v. 6, n. 13, 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbspa/a/H9WxkCScyKcDsPPdNKHF6Tw/>. Acesso em: 01 set. 2024.

SALAS, A. G. V. **Elaboração de produtos com características funcionais à base de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd)**. 2011. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Bioquímico - Farmacêutica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/9/9133/tde-24022012-105004/pt-br.php>. Acesso em: 01 set. 2024.

SALDAÑA, E.; BEHRENS, J. H.; SERRANO, J. S.; RIBEIRO, F.; DE ALMEIDA, M. A.; CASTILLO, C. J. C. Microstructure, texture profile and descriptive analysis of texture for traditional and light mortadela. **Food Structure**, v. 6, p. 13-20, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2213329115000246>. Acesso em: 01 set. 2024.

SEAB. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Estado do Paraná. **Com tilápia em alta, exportação paranaense de pescados cresceu 20% no 1º semestre**. 26 jul. 2024. Disponível em: <https://www.aen.pr.gov.br/Noticia/Com-tilapia-em-alta-exportacao-paranaense-de-pescados-cresceu-20-no-1o-semester#:~:text=Dos%20399%20munic%C3%ADpios%20do%20Estado,Paran%C3%A1%2C%20nove%20s%C3%A3o%20de%201%C3%A1>. Acesso em: 01 set. 2024.

SEBRAE. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Criação de tilápia em viveiros escavados**. Guia técnico para empreender na criação de tilápia em viveiro. Brasília: SEBRAE, 2016. Disponível em: [https://bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/3fdeb1a972e85108b5b8a2ee264063b/\\$File/7703.pdf](https://bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/3fdeb1a972e85108b5b8a2ee264063b/$File/7703.pdf). Acesso em: 01 set. 2024.

SHIMOKOMAKI M.; OLIVO R.; TERRA N. N.; FRANCO B. D. G. de M. **Atualidades em ciência e tecnologia da carne**. São Paulo: Editora Varela, 2006.

SOUZA, L. A. C.; SPEHAR, C. R.; SANTOS, R. L. B. Análise de imagem para determinação do teor de saponina em quinoa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 4, p. 397-401, abr. 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/VmFb3mj5DNgVyfZzMpYg3MF/>. Acesso em: 01 set. 2024.

SULLIVAN, G. A.; VENZOR, L. G.; MANDIGO, R. W. **Emulsions and batters: theory and practice**. In: PIERCE, M. (Ed.). *Encyclopedia of Meat Sciences*. 3. ed. [S.l.]: Elsevier, 2024. p. 352-359. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85125-1.00206-4>. Acesso em: 01 set. 2024.

TERRA, N. N.; DE FREITAS, R. J. S.; CICHOSKI, A. J. Atividade de água, pH, umidade e desenvolvimento de *Staphylococcus xylosus* durante o processamento e armazenamento da paleta suína curada, maturada e fermentada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 4,

p. 756-760, 2007. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/cta/a/f63gZXRnkVqVdVhChRG9TMK/>. Acesso em: 01 set. 2024.

TEIXEIRA, V. L. Análise sensorial na indústria de alimentos. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, n. 366, v. 64, p. 12-21, jan./fev. 2009. Disponível em:

<https://www.revistadoilct.com.br/rilct/article/view/70>. Acesso em: 01 set. 2024.

VIDOTTI, R. M.; GONÇALVES, G. S. **Produção e caracterização de silagem, farinha e óleo de Tilápia e sua utilização na alimentação animal**. Instituto Pesca, São José do Rio Preto, 2006. Disponível em: ftp://ftp.sp.gov.br/ftppesca/producao_caracterizacao.pdf. Acesso em: 11 maio 2023.