



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE**  
**ALIMENTOS**

**DIANA JESSICA SOUZA GUIMARÃES**

**POTENCIAL DA FARINHA DE TAIOBA COMO INGREDIENTE FUNCIONAL EM**  
**PÃES: ESTUDO DAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS, MICROESTRUTURAIS,**  
**TOXICOLÓGICAS E AVALIAÇÃO DO PERFIL GLICÊMICO, LIPÍDICO E**  
**HEPÁTICO EM MODELOS *IN VIVO***

**FORTALEZA**

**2023**

DIANA JESSICA SOUZA GUIMARÃES

POTENCIAL DA FARINHA DE TAIOBA COMO INGREDIENTE FUNCIONAL EM  
PÃES: ESTUDO DAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS, MICROESTRUTURAIS,  
TOXICOLÓGICAS E AVALIAÇÃO DO PERFIL GLICÊMICO, LIPÍDICO E HEPÁTICO  
EM MODELOS *IN VIVO*

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Área de concentração: Ciência e Tecnologia de Alimentos  
Orientador: Prof. Dr. Rafael Audino Zambelli

FORTALEZA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

G977p

Guimarães, Diana Jessica Souza.

Potencial da farinha de taioba como ingrediente funcional em pães : Estudo das propriedades tecnológicas, microestruturais, toxicológicas e avaliação do perfil glicêmico, lipídico e hepático em modelos in vivo / Diana Jessica Souza Guimarães. – 2023.

59 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Fortaleza, 2023.

Orientação: Prof. Dr. Rafael Audino Zambelli.

1. Alimento funcional . 2. Biotecnologia. 3. Pão. 4. Toxicidade . I. Título.

CDD 664

---

DIANA JESSICA SOUZA GUIMARÃES

POTENCIAL DA FARINHA DE TAIOBA COMO INGREDIENTE FUNCIONAL EM  
PÃES: ESTUDO DAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS, MICROESTRUTURAS,  
TOXICOLÓGICAS E AVALIAÇÃO DO PERFIL GLICÊMICO, LIPÍDICO E HEPÁTICO  
EM MODELOS *IN VIVO*

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Aprovada em: 14 / 07 / 2023.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Rafael Audino Zambelli (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. José Ytalo Gomes da Silva  
Instituto Federal de Educação e Tecnologia do Ceará (IFCE)

---

Dra. Paula Luciana Rodrigues de Sousa  
Núcleo de Tecnologia e Qualidade Industrial do Ceará (NUTEC)

A Deus.

Aos meus avós, Maria de Jesus e José Rocha.

Aos meus pais, Lucimar e Alberto.

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de expressar minha profunda gratidão ao Prof. Dr. Rafael Audino Zambelli e a Profa. Dra. Maria Izabel Florindo Guedes pela orientação dedicada ao longo deste trabalho.

Agradeço sinceramente aos membros da banca examinadora e aos colegas de laboratório pelo tempo e pelas valiosas contribuições e sugestões oferecidas.

Agradeço também todos os meus amigos, especialmente Profa. Dra. Luciana Mendonça, Bárbara Kelly e Dra. Ana Paula Apolinário, cujo apoio foi essencial ao longo dessa jornada.

Meu agradecimento a todos que contribuíram no projeto de forma direta e indiretamente, suas contribuições foram essenciais para o sucesso deste projeto.

Mais uma vez, obrigada por tudo!

“Sou eu que estou mandando que você seja firme e corajoso. Portanto, não tenha medo e não se acovarde, porque Javé seu Deus está com você, aonde quer que você vá” (BÍBLIA, Josué 1:9).

## RESUMO

A indústria de alimentos procura sempre trazer inovações para o consumidor e atender suas necessidades, principalmente no aspecto nutricional. Uma forma de inserir novas tecnologias no mercado é através da incorporação de insumos mais nutritivos em produtos que são amplamente aceitos como, por exemplo, o pão. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi desenvolver formulações de pães contendo farinha da folha da taioba (*Xanthosoma sagittifolium*) em diferentes proporções, realizar a sua caracterização físico-química e avaliar a qualidade dos pães desenvolvidos, assim como a avaliação de suas microestruturas, e sua influência no índice glicêmico (IG) em camundongos e sua avaliação no efeito de controle de quadro hiperglicêmico em zebrafish. A metodologia consistiu em avaliar as características físico-químicas da farinha da folha da taioba e das formulações adicionadas desta farinha (5%, 7,5%, 10%, 12,5% e 15%) através de análise de acidez titulável total, pH, umidade, proteínas, lipídeos, fibras e cinzas. Os pães também foram avaliados quanto a sua qualidade através do seu volume específico, densidade e índice de expansão. Os pães também foram avaliados quanto a sua estrutura através de MEV e microscopia confocal. A farinha da taioba teve seu efeito toxicológico analisado utilizando a *Artemia salina*. Foram escolhidas as duas formulações que obtiveram os melhores resultados tecnológicos e avaliados seus efeitos no consumo utilizando dois modelos in vivo: zebrafish e camundongos. Os peixes foram submetidos a uma indução de hiperglicemia resistente e testados quanto aos efeitos do consumo da taioba frente à redução da glicemia. Os camundongos foram testados para verificação de IG e perfil glicêmico, lipídico e hepático. Os resultados observados mostram que as formulações 5% e 7,5% apresentaram os melhores resultados do ponto de vista tecnológico. O consumo da farinha da taioba e dos pães 5% e 7,5% apresentaram um poder eficiente para redução da glicemia em zebrafish. Esse comportamento também foi observado na redução da glicemia em camundongos após trinta dias de consumo. Contudo, o consumo desses produtos provocou alterações significativas nos perfis hepáticos e lipídicos dos animais, mostrando a necessidade de maiores investigações sobre os compostos presentes na folha da taioba e seus efeitos em todo o metabolismo dos animais.

**Palavras-chave:** alimento funcional ; biotecnologia ; pão ; toxicidade .

## ABSTRACT

The food industry always seeks to bring innovations to consumers and meet their needs, especially in terms of nutrition. One way to introduce new technologies to the market is by incorporating more nutritious ingredients into widely accepted products such as bread. In this context, the aim of this study was to develop bread formulations containing *Xanthosoma sagittifolium* leaf flour at different proportions, to perform their physicochemical characterization, and to evaluate the quality of the developed breads, as well as to assess their microstructures and their influence on the glycemic index (GI) in mice and their evaluation in controlling hyperglycemic conditions in zebrafish. The methodology consisted of evaluating the physicochemical characteristics of the taioba leaf flour and the formulations added with this flour (5%, 7.5%, 10%, 12.5%, and 15%) through analysis of total titratable acidity, pH, moisture, proteins, lipids, fibers, and ashes. The breads were also evaluated for their quality by measuring their specific volume, density, and expansion index. Additionally, the breads were analyzed for their structure using scanning electron microscopy (SEM) and confocal microscopy. The toxicological effect of taioba flour was assessed using *Artemia salina*. The two formulations that obtained the best technological results were chosen, and their effects on consumption were evaluated using two in vivo models: zebrafish and mice. The fish were subjected to induction of resistant hyperglycemia and tested for the effects of taioba consumption on reducing blood glucose levels. Mice were tested to verify GI and glycemic, lipid, and hepatic profiles. The results showed that the 5% and 7.5% formulations presented the best technological results. The consumption of taioba flour and breads at 5% and 7.5% showed efficient reduction in blood glucose levels in zebrafish. This behavior was also observed in the reduction of blood glucose levels in mice after thirty days of consumption. However, the consumption of these products caused significant changes in hepatic and lipid profiles of the animals, indicating the need for further investigation into the compounds present in taioba leaves and their effects on the metabolism of the animals.

**Keywords:** functional food ; biotechnology ; bread ; toxicity.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ilustração taioba .....	20
Figura 2 – <i>Xanthosoma sagittifolium</i> .....	21
Figura 3 – <i>Zebrafish</i> .....	23
Figura 4 – <i>Artemia salina</i> .....	24
Figura 5 – Plantio da <i>Xanthosoma sagittifolium</i> .....	26
Figura 6 – Etapas de preparação da folha para a secagem.....	27
Figura 7 – Micrografia Eletrônica de Varredura de Pão Controle (A); F1 (B); F2 (C); F3 (D); F4 (E) e F5 (F).....	40
Figura 8 – Perfis CLSM de Pão Controle (A); F1 (B); F2 (C); F3 (D); F4 (E) e F5 (F)...	41

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Exemplos pesquisas realizadas em diversas PANCs .....	18
Tabela 2 – Insumos utilizados na formulação dos pães.....	28
Tabela 3 – Grupos experimentais <i>zebrafish</i> .....	32
Tabela 4 – Grupos experimentais camundongos.....	33
Tabela 5 – Composição centesimal, pH e acidez total titulável (ATT) da FFT dos pães...	35
Tabela 6 – Propriedades físicas dos pães.....	38
Tabela 7 – Resultados da DL50 extrato aquoso de farinha da folha da taioba.....	42
Tabela 8 – Perfil glicêmico avaliado através da glicemia avaliados dos <i>zebrafish</i> alimentados com extratos de pães adicionados de farinha de taioba (5% e 7,5%) e farinha de folha de taioba.....	42
Tabela 9 – Resultados do índice glicêmico (IG) avaliados dos <i>zebrafish</i> (com e sem hiperglicemia) alimentados com extratos de pães adicionados de farinha de taioba (5% e 7,5%) e farinha de folha de taioba.....	44
Tabela 10 – Perfil glicêmico em jejum avaliado através da glicemia avaliados no soro dos camundongos alimentados com extratos de pães adicionados de farinha de taioba (5% e 7,5%) e farinha de folha de taioba.....	45
Tabela 11 – Perfil lipídico avaliado através do HDL, triglicerídeos e colesterol total avaliados no soro dos camundongos alimentados com extratos de pães adicionados de farinha de taioba (5% e 7,5%) e farinha de folha de taioba....	46
Tabela 12 – Perfil hepático avaliado através do TGO e TGP avaliados no soro dos camundongos alimentados com extratos de pães adicionados de farinha de taioba (5% e 7,5%) e farinha de folha de taioba.....	48

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ATT	Acidez titulável total
DL <sub>50</sub>	Dose letal mediana
HDL	Lipoproteína de alta densidade
IG	Índice glicêmico
MEV	Microscopia Eletrônica de Varredura
OMS	Organização Mundial de Saúde
PANCs	Plantas Alimentícias não Convencionais
ppm	Partes por milhão
TGO	Transaminase oxalacética
TGP	Transaminase pirúvica

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	14
2	OBJETIVOS.....	16
2.1	Objetivo geral.....	16
2.2	Objetivos específicos.....	16
3	REFERENCIAL TEORICO.....	17
3.1	Plantas alimentícias não convencionais (PANCs).....	17
3.2	Taioba ( <i>Xanthosoma sagittifolium</i> ).....	20
3.3	Índice Glicêmico.....	21
3.4	Pão .....	22
3.5	<i>Zebrafish</i> ( <i>Danio rerio</i> ).....	23
3.6	<i>Artemia salina</i> .....	25
4	METODOLOGIA.....	26
4.1	Obtenção da matéria-prima.....	26
4.2	Preparação da farinha .....	26
4.3	Análises físico-químicas na farinha da taioba.....	27
4.3.1	<i>Acidez titulável total (ATT)</i> .....	27
4.3.2	<i>ph</i> .....	27
4.3.3	<i>Umidade</i> .....	27
4.3.4	<i>Proteínas</i> .....	27
4.3.5	<i>Lipídeos</i> .....	28
4.3.6	<i>Fibras totais</i> .....	28
4.3.7	<i>Cinzas</i> .....	28
4.4	Preparação do pão.....	28
4.5	Avaliação da qualidade dos pães.....	28
4.5.1	<i>Avaliação do processo de fermentação</i> .....	29
4.5.2	<i>Volume específico</i> .....	30
4.5.3	<i>Densidade</i> .....	30
4.5.4	<i>Índice de expansão</i> .....	30
4.5.5	<i>Volume das massas produzidos durante a fermentação</i>	31
4.6	Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Microscopia confocal de varredura a laser.....	31

4.7	Toxicidade frente à <i>Artemia salina</i> .....	31
4.8	Ensaio para o consumo dos pães utilizando modelos <i>in vivo</i> .....	32
4.8.1	<i>Zebrafish (Danio rerio)</i> .....	32
4.8.2	<i>Indução da hiperglicemia</i> .....	33
4.8.3	<i>Tratamento utilizando o cloridrato de metformina e os pães formulados</i> .....	33
4.8.4	<i>Camundongos (Mus musculus)</i> .....	33
4.8.5	<i>Local</i> .....	33
4.8.6	<i>Animais</i> .....	34
4.8.7	<i>Preparo das amostras</i> .....	34
4.8.8	<i>Índice glicêmico (IG) in vivo</i> .....	34
4.8.9	<i>Determinações de parâmetros bioquímicos</i> .....	35
4.9	Análises estatísticas.....	35
5	<b>RESULTADOS</b> .....	36
5.1	Avaliações físico-químicas (umidade, proteína, cinzas, carboidratos, pH e acidez titulável total (ATT)) da farinha de folha de taioba (FFT) e dos pães. ....	36
5.2	Avaliações das propriedades tecnológicas e de qualidade dos pães.....	37
5.3	Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Microscopia confocal de varredura a laser.....	38
5.4	Avaliação da toxicidade da farinha da folha da taioba por <i>Artemia salina</i>	42
5.5	Avaliação do consumo da farinha de taioba e dos pães formulados utilizando zebrafish como modelo de indução de hiperglicemia.....	42
5.6	Avaliação do índice glicêmico (IG) .....	42
5.7	Avaliação do perfil sérico dos camundongos .....	45
5.7.1	<i>Avaliação do perfil glicêmico</i> .....	45
5.7.2	<i>Avaliação do perfil lipídico</i> .....	46
5.7.3	<i>Avaliação do perfil hepático</i> .....	47
6	<b>CONCLUSÃO</b> .....	50
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	51
	<b>ANEXO A- COMITÊ DE ÉTICA</b> .....	60

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, há uma tendência no mercado brasileiro de alimentos em que os consumidores estão optando por produtos com formulações mais nutritivas, visando à manutenção de uma vida mais saudável e à busca por benefícios terapêuticos por meio dos alimentos funcionais. Para acompanhar essa evolução, a indústria alimentícia busca constantemente trazer inovações, especialmente por meio do enriquecimento de formulações em produtos amplamente aceitos pelos consumidores, tais como os alimentos de panificação.

Os produtos de panificação são produzidos à base de diversos tipos de farinhas e estas podem ser utilizadas para enriquecer as formulações por meio de nutrientes como, por exemplo, as fibras alimentares. Estas fibras podem trazer benefícios para a saúde humana, inclusive para o funcionamento do sistema gastrointestinal e para a manutenção da microbiota intestinal (MAURO et al., 2010).

Dentre os produtos de panificação, o pão ganha destaque por ser um produto de grande acesso entre os consumidores de diferentes classes sociais e, por isso, é usado como alvo de investimentos de inovação para a diversificação de suas formulações, inserindo insumos mais nutritivos como as fibras alimentares, que podem atuar na retardação de absorção de açúcares presentes nos alimentos (CARNEIRO, 2020), o que contribui para atender a diferentes necessidades dos consumidores e permitir o controle do preço do produto. Uma das alternativas para enriquecer esses produtos são as Plantas Alimentícias não Convencionais (PANCs), que estão frequentemente presentes na culinária brasileira. Neste contexto, uma espécie que se destaca é a taioba (EVANGELISTA-BARRETO; MURICY, 2022)..

As PANCs são citadas em diversos trabalhos e recebem inúmeros destaques devido à presença em maior quantidade de diversos compostos do que em outros vegetais, como compostos antioxidantes e fenólicos, carotenoides, minerais como potássio, magnésio, manganês, vitamina C e A, lipídeos, proteínas e fibras, além de outros compostos (BIONDO; FLECK; KOLCHINSKI; SANTANNA; POLESÍ, 2018). No Brasil, diversas espécies de plantas com alto potencial nutritivo são pouco utilizadas na dieta, devido à falta de informação sobre as vantagens de utilizar estas espécies como uma forma de obtenção de nutrientes, impulsionando a agricultura e diversificando a dieta. As PANCs podem também contribuir para diminuir o efeito da desnutrição em regiões menos desenvolvidas ao redor do mundo, pois a maioria das espécies é capaz de se adaptar aos mais diferentes solos e climas (ARAÚJO et al., 2019).

A taioba é uma espécie que vem ganhando notoriedade e estudos científicos vêm contribuindo para estimular o consumo. A referida planta se caracteriza por ser uma espécie herbácea que pertence à família Araceae. Suas folhas, assim como o restante de suas partes, podem ser utilizadas na alimentação, diante de sua prévia cocção, para que os fatores antinutricionais, como os oxalatos presentes em suas folhas, sejam eliminados (SOUZA, 2020). Em sua composição, a folha possui grande quantidade de água, o que dificulta a sua comercialização in natura devido à sua vida de prateleira curta. A secagem dessa espécie para a obtenção de uma farinha se torna uma alternativa para contornar essa limitação e auxiliar no melhor aproveitamento dos nutrientes vindos da folha, inclusive para enriquecimento de outros produtos.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi desenvolver formulações de pães contendo farinha da folha da taioba (*Xanthosoma sagittifolium*) em diferentes proporções, realizar a sua caracterização físico-química e avaliação da qualidade dos pães desenvolvidos, assim como a avaliação de suas microestruturas e seu efeito no índice glicêmico (IG) em camundongos, e sua avaliação no efeito de controle de quadro hiperglicêmico em *zebrafish*, incluindo a avaliação do índice lipídico e hepático em modelos in vivo.

## 2 OBJETIVO GERAL

O objetivo principal deste trabalho foi desenvolver pães com diferentes formulações utilizando a farinha da folha da taioba (*Xanthosoma sagittifolium*). Posteriormente, caracterizar físico-quimicamente e avaliar a qualidade e microestrutura dos pães. Adicionalmente, foi realizada uma avaliação do efeito no índice glicêmico (IG) em camundongos e o efeito de controle de quadros hiperglicêmicos em *zebrafish*, incluindo a avaliação do índice lipídico e hepático em modelos *in vivo*.

### 2.1 Objetivos específicos

- Caracterização físico-química da farinha obtida da folha da taioba;
- Formular pães adicionando diferentes concentrações de farinha de taioba: 5%, 7,5%, 10%, 12,5% e 15%;
- Caracterização físico-química e avaliar a qualidade das massas de cada formulação de pães;
- Analisar a estrutura dos pães por meio de microscopia eletrônica de varredura (MEV) e confocal;
- Induzir hiperglicemia crônica em *zebrafish* e incluir os pães formulados na alimentação dos animais para avaliar o efeito do consumo dos alimentos na glicemia sérica;
- Investigar o impacto do consumo dos pães na resposta glicêmica em camundongos;
- Avaliar os efeitos nos parâmetros dos índices lipídicos e hepáticos no mesmo modelo *in vivo*.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 Plantas alimentícias não convencionais (PANCs)

O alimento é uma fonte essencial de compostos orgânicos e inorgânicos imprescindíveis para a manutenção da saúde do ser humano. O ideal é que este, além de fornecer energias, seja fonte de outros compostos como vitaminas, minerais, antioxidantes, fibras, entre outros. Uma boa opção para a obtenção desses nutrientes são os vegetais, pois devido à sua variedade de espécies, oferecem uma ampla faixa de opções de sabores e formas de consumo. Alguns vegetais já estão incluídos na dieta de diversos consumidores e são facilmente encontrados em supermercados, feiras e outros comércios de alimentos, tanto in natura quanto processados.

Contudo, existem espécies de vegetais que ainda não se encontram frequentemente na dieta de inúmeros consumidores, conhecidos como PANCs. Estas plantas podem ter diversos usos, inclusive para fins alimentícios, mas não são consumidas com grande frequência por pessoas de uma região ou até mesmo um país (POLESI et al., 2017; BORGES, 2017), já que essas plantas ainda não foram academicamente estudadas ou muitas vezes só são exploradas por parcelas pequenas regionalizadas de consumidores e ainda são desconhecidas pela maioria da população (LIBERATO et al., 2019).

O Brasil é um país conhecido por sua biodiversidade em toda a sua extensão, este fator contribui para que diversas espécies de PANCs possam ser encontradas em todo o território nacional (POLESI et al., 2017). De acordo com Liberato, Travassos e Silva (2019), existem aproximadamente três mil espécies de PANCs que estão dispostas por toda a extensão do país, sendo que 10% dessas espécies possam ter fins alimentícios.

As PANCs podem contribuir também para diminuir o efeito da desnutrição em regiões menos desenvolvidas ao redor do mundo, já que a maioria das espécies é capaz de se adaptar aos mais diferentes solos e climas (ARAÚJO et al., 2019).

Segundo a legislação brasileira, as PANCs podem ser comercializadas in natura e/ou minimamente processadas. Produtores de pequeno porte possuem suporte do governo brasileiro através dos Programas de Aquisição de Alimentos (PAA) e o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) para a produção dessas espécies e assim difundir o comércio dessas plantas, que além de ter uma importância econômica, possuem também um apelo social e nutricional (BARBOSA et al., 2021). Na tabela 1 encontram-se exemplos de pesquisas realizadas em diferentes espécies de PANCs.

Tabela 1 – Exemplos pesquisas realizadas em diversas PANCs.

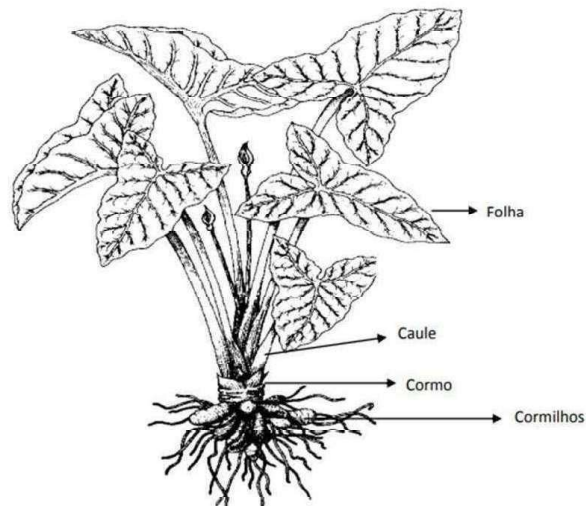
<b>Autor</b>	<b>Espécie</b>	<b>Objetivo do Estudo</b>	<b>Resultados Obtidos</b>
(TORRES <i>et al.</i> , 2022)	<i>Pereskia grandifolia</i>	Explorar a capacidade antioxidante das folhas subestimadas de <i>Pereskia grandifolia</i> e determinar os principais compostos presentes em seus extratos com bom desempenho em termos de potencial antioxidante.	Os resultados mostram o potencial desta planta alimentícia não convencional para aplicação nas indústrias cosmética, farmacêutica e alimentícia. O melhor desempenho de rendimento foi fornecido pela água e etanol 50% como solventes, a 150 °C. A análise química identificou 24 compostos das amostras, principalmente ácido cafeico, ácido elágico, <i>p</i> -anísico, ácido <i>p</i> -cumárico, kaempferol e quercetina.
(GOMES <i>et al.</i> , 2020)	<i>Acmella oleracea</i> (L.)	Produzir pó da massa de folha de <i>Acmella oleracea</i> (L.) por meio de secagem convectiva em diferentes temperaturas, caracterizar a composição química e físico-química da massa fresca e pós desidratados, e comparar a composição química entre a massa de folha de <i>Acmella oleracea</i> (L.) em pó e fresca.	Os parâmetros de análise de sólidos totais, resíduos inorgânicos, proteínas e lipídios não apresentaram diferença significativa nas condições de secagem, sendo saudável para a produção de <i>Acmella oleracea</i> (L.) em pó; enquanto os parâmetros de atividade de água e teor de umidade diminuíram.

(FARHAT <i>et al.</i> , 2022)	<i>Salicornia fruticosa</i> e <i>Portulaca oleracea</i>	Avaliar o impacto do cozimento doméstico nas propriedades antioxidantes e na composição fitoquímica de duas espécies medicinais comestíveis, a saber, <i>P. oleracea</i> e <i>S. fruticosa</i> .	Os procedimentos de cozimento doméstico impactaram significativamente os antioxidantes das espécies <i>S. fruticosa</i> e <i>P. oleracea</i> . O processamento térmico resulta na em degradação e desnaturação de antioxidantes, no entanto, a temperatura pode gerar diversas reações químicas, a saber, caramelização, reação de Maillard , degradação de Strecker e hidrólise de ésteres e glicosídeos resultando na formação de novos antioxidantes.
(PERUM AL <i>et al.</i> , 2022)	<i>Taraxacum officinale</i> (L.) e <i>Momordica charantia</i> L. polyherbal	Estudar seu efeito combinado nas propriedades anti-hiperglicêmicas dos extratos de <i>Taraxacum officinale</i> (L.) e <i>Momordica Charantia</i> L. polyherbal para atender às demandas por um tratamento alternativo para o diabetes mellitus.	No presente estudo, os extratos exibiram ativamente propriedades antidiabéticas <i>in vitro</i> em comparação com outros extratos solventes. A combinação desses extratos ativos apresentou melhores atividades antidiabéticas em comparação com os extratos individuais. Devido aos vários mecanismos de propriedades anti-hiperglicêmicas exibidos pela combinação de ervas, ela pode ser desenvolvida como uma terapia potencial para o <i>diabetes mellitus</i> .

### 3.2 Taioba (*Xanthosoma sagittifolium*)

A espécie *Xanthosoma sagittifolium*, conhecida popularmente como taioba, está incluída no grupo de PANCs e pertence à família Araceae. Segundo Colombo et al. (2018), as características desta planta consistem em ser uma hortaliça perene, folhosa e que produz rizomas, sendo capaz de armazenar os nutrientes para a planta. A sua altura pode atingir até 2 metros e as folhas se destacam devido aos seus marcantes prolongamentos do tecido vascular, como pode ser observado na figura 1.

**Figura 1-** Ilustração taioba.



Fonte: Jackix, (2013).

A taioba pode ser aproveitada na alimentação através de suas folhas e tubérculos, onde cada uma destas apresenta propriedades nutricionais diferentes. As folhas da taioba são ricas em vitaminas do tipo A e C, além de minerais como cálcio, ferro, zinco e potássio. Já os tubérculos desta espécie são ricos em amido e proteínas. Neste ponto de vista, o consumo deste tipo de planta pode auxiliar na manutenção da segurança alimentar como um aliado da obtenção de nutrientes necessários na dieta humana. Diversos países da África e China fazem o consumo desses tubérculos de diversas maneiras através da cocção deles. No Brasil, não é comum o consumo dos tubérculos da taioba, contudo existe uma procura para a comercialização das folhas desta planta em estados como Bahia, Rio de Janeiro e Minas Gerais (FARIAS, 2017).

Em relação à folha da taioba e seus aspectos nutricionais, existem poucos estudos sobre suas características e suas aplicações em alimentos. Segundo Jackix (2013), a parte folhosa desta espécie possui, além de seu conteúdo proteico, uma grande porcentagem de fibras insolúveis. Em seu trabalho, este autor observou que o consumo das folhas da taioba, submetidas ao processo de liofilização, em trinta e dois ratos que recebiam uma dieta high fat, diminuiu a quantidade de colesterol na corrente sanguínea dos animais, além de reduzir o peso e a quantidade de gordura hepática. Observa-se que existe a necessidade de novas pesquisas para compreender melhor as características nutricionais e os benefícios de inserir as folhas da taioba no consumo diário.

**Figura 2-** *Xanthosoma saggitifolium*



Fonte: Autor (2023).

### 3.3 Índice Glicêmico

O conhecimento sobre o índice glicêmico (IG) em alimentos tem ganhado destaque pela sua importância na alimentação de indivíduos que desejam manter uma alimentação mais saudável e, em especial, àqueles que desenvolveram casos de diabetes, obesidade e/ou doenças cardiovasculares e utilizam a alimentação como um auxiliar para o controle destas enfermidades junto à prática de exercícios físicos. Outra grande importância sobre o conceito de índice glicêmico é voltada para a melhora do desempenho nos esportes, já que o consumo de carboidratos pode elevar rapidamente ou não a velocidade de aumento da glicemia após a ingestão de um alimento, o que pode interferir na concentração de glicogênio nos músculos, levando à fadiga muscular e diminuindo a performance (SILVA et al., 2021).

Para o entendimento sobre o conceito do IG, é necessário entender como este processo é desencadeado no organismo. Os macrófagos e monócitos presentes no sistema

imunológico produzem proteínas conhecidas como citocinas, as quais têm como função mediar a resposta da inflamação no organismo. À medida que a inflamação aumenta, há um aumento direto no número de citocinas e proteínas pró-inflamatórias (como neutrófilos, monócitos, IL-6, TNF $\alpha$  e PCR), resultando no desenvolvimento de doenças crônicas não transmissíveis quando a inflamação se torna crônica. Como mencionado, o IG mede a velocidade do aumento da glicemia após a ingestão de um alimento, tal medida é observada pelo comportamento dos alimentos durante sua digestão e a absorção de seus nutrientes. Para exemplificação no caso da diabetes, o aumento da concentração das citocinas na corrente sanguínea está associado diretamente à resistência à insulina, consequentemente levando ao desenvolvimento da doença (SOUSA et al., 2020).

### 3.4 Pão

O pão é um alimento que compõe a dieta de diversas pessoas ao redor do mundo. Esse alimento de sabor, aroma e textura agradáveis tem como componentes primordiais a água, a farinha de trigo, o fermento e o sal. A produção deste alimento começou de forma caseira e à medida que se popularizou, começou a ser comercializado em grande escala e precisou passar por um processo de industrialização (REGINA CANESIN; BETIM CAZARIN, 2021).

Como definição, o pão é um produto obtido do cozimento de uma massa que pode ou não ter passado por uma etapa de fermentação (o fermento mais utilizado para a elaboração de pães é a *Saccharomyces cerevisiae*). A preparação dessa massa provém de uma farinha com capacidade de formar redes de glúten, cuja uma das principais funções na elaboração do pão é formar uma rede para reter gases oriundos da fermentação, proporcionando volume à massa. O seu consumo pode variar e pode compor um lanche até mesmo grandes refeições, sua popularização se deu através de suas características sensoriais e por ser um produto acessível economicamente, sendo cada vez mais crescente o seu consumo. Para a indústria de alimentos, o pão é um produto que passa constantemente por alterações, visando sempre o melhoramento de suas características sensoriais, nutricionais e tecnológicas, essas mudanças trazem consequentemente um aumento no valor do produto no mercado de alimentos (BATTOCHIO et al., 2006).

O pão é caracterizado em sua aparência como heterogêneo, dividindo-se em duas

fases distintas, o miolo e a crosta, esta última, por sua vez, tem como características uma cor mais escura do que o miolo do pão e possui maior resistência mecânica. A crosta também possui umidade menor em comparação à parte interior do pão, isso se dá principalmente devido à proximidade dessa superfície e as altas temperaturas na etapa de cocção, o que também promove a Reação de Maillard, proporcionando o sabor característico do pão. Já o miolo tem como características ser considerado uma espuma porosa que está ligada diretamente com o volume, textura e elasticidade do pão (GAO; ZHOU, 2021).

### 3.5 Zebrafish (*Danio rerio*)

O zebrafish (*Danio rerio*), conhecido também como paulistinha, pertence à família Cyprinidae e possui como características ser uma espécie de peixe de pequeno porte e de alta taxa reprodutiva, podendo atingir cerca de cinco centímetros na fase adulta. Com cerca de seis meses de idade, este atinge sua maturidade sexual e suas fêmeas liberam centenas de ovos, cujos embriões possuem um rápido desenvolvimento. Sua origem parte de rios pertencentes à Índia, Bangladesh e Nepal, e é comumente utilizado com a finalidade de ornamentação de ambientes. O habitat dessa espécie é em água doce e sua alimentação inclui insetos aquáticos e fitoplâncton (ZAGO, 2014).

**Figura 3 - Zebrafish.**



Fonte: Butantan (2015).

Esta espécie possui características que podem ser utilizadas para comparação com mamíferos em diversas pesquisas, ganhando espaço como um modelo in vivo para diversos estudos. A primeira vantagem do uso dessa espécie em relação a outras é seu fácil manuseio e menor custo de manutenção diária, comparado, por exemplo, aos camundongos. Outros atributos vantajosos incluem sua fertilização externa, alta taxa de embriões e larvas transparentes de pequeno porte e rápido desenvolvimento. Essas

características permitem manipulações genéticas e a geração de mais grupos experimentais, aumentando a confiabilidade dos resultados. As larvas transparentes possibilitam a observação do início de patologias e seu desenvolvimento, sendo úteis em análises de formações anormais relacionadas ao uso de medicamentos, compostos químicos ou vacinas. O *zebrafish* também apresenta semelhanças genéticas, anatômicas e fisiológicas com os mamíferos, possuindo cerca de 70% de similaridade genética com os humanos. Isso permitiu a redução do uso de mamíferos em pesquisas, que agora são utilizados principalmente como modelos confirmatórios para resultados observados no *zebrafish* (FUKUSHIMA et al., 2020).

### 3.6 *Artemia salina*

A *Artemia salina* é um microcrustáceo que pertence à família Artemiidae. Entre suas características, inclui um corpo formado por três segmentos: cabeça, tórax e abdômen, cujo comprimento total do animal chega a 12 mm para as fêmeas e 10 mm para os machos. Sua alimentação é composta por algas, protozoários e detritos, sendo utilizado como filtrador de algumas algas unicelulares, bactérias e protozoários presentes em meio aquoso. Seu meio habitat aquoso possui condições específicas, como alta concentração de sal, calor e luz, podendo sobreviver em períodos de seca quando estão em estágio de cistos e podendo resistir até 80°C (LACERDA, 2019).

**Figura 4 - *Artemia salina*.**



Fonte: Lacerda (2019), Dumitrascu (2011).

Esta espécie foi por muito tempo utilizada apenas como alimento para algumas espécies aquáticas, pois em sua composição existem compostos de alto valor nutritivo. No entanto, com o avanço das pesquisas relacionadas a essa espécie, observou-se sua capacidade de atuar como bioindicador de toxicidade. A justificativa para isso está na

sensibilidade da *Artemia salina* em relação à concentração de partículas no meio em que está inserida. Dentre outras vantagens para a utilização dessa espécie em ensaios de toxicidade, estão a rapidez na obtenção de resultados, os custos baixos, a fácil manipulação e o rápido desenvolvimento, uma vez que, cerca de 48 horas após a eclosão dos ovos, estes já estarão aptos para a fase de testes (COSTA et al., 2008; NETO, 2013; SIQUEIRA et al., 1998).

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 Obtenção da matéria-prima

As folhas da taioba (*Xanthosoma sagittifolium*) foram adquiridas do Horto de Plantas da Universidade Estadual do Ceará na cidade de Fortaleza/CE (número de exsicata: 61193) e transportadas até o Laboratório de Biomateriais do Departamento de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza- CE.

**Figura 5-** Plantio da *Xanthosoma sagittifolium*

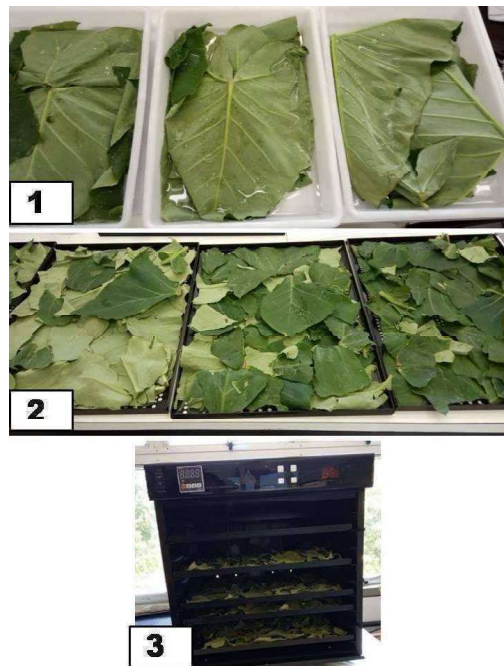


Fonte: Autor (2023).

### 4.2 Preparação da farinha

As folhas da taioba foram lavadas e sanitizadas em solução clorada de concentração 200 ppm com imersão por 15 minutos. Posteriormente elas foram picadas manualmente e secas e moídas em uma estufa de circulação forçada a 50°C até a estabilização do peso das amostras e em seguida trituradas em liquidificador doméstico, para a obtenção da farinha que posteriormente foi armazenada em recipiente para preservação das características da farinha. Esta matéria-prima passou por avaliações físico-químicas a fim de comparações com a farinha obtida posteriormente. As análises feitas foram: acidez titulável total (ATT), pH, cor, umidade, cinzas, teor de proteínas e lipídeos, valor calórico, quantificação de taninos, teor de fibras totais e antioxidantes, cujo metodologias serão descritas posteriormente.

**Figura 6-** Etapas de preparação da folha para a secagem.



1: Lavagem e sanitização das folhas, 2: corte das folhas e acomodação em bandejas, 3:secagem em estufa. Fonte: Autor (2023).

### **4.3 Análises físico-químicas na farinha da taioba e dos pães**

#### **4.3.1 Acidez titulável total (ATT)**

A análise de acidez titulável total foi obtida através da neutralização dos íons de hidrogênio com a solução de hidróxido de sódio (NaOH) com concentração de 0,1 N pelo método titulométrico de acordo com a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008).

#### **4.3.2 pH**

O pH foi avaliado através de um medidor digital de modelo (TECNAL-49) pelo método potenciométrico descrito por Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008). O aparelho foi calibrado com soluções tampões de pH 4,0 e 7,0, de acordo com a metodologia proposta.

#### **4.3.3 Umidade**

A umidade foi avaliada através da remoção de água por aquecimento em estufa onde inicialmente as amostras, previamente pesadas em balança analítica, foram colocadas em recipientes de porcelanas previamente taradas. A secagem se deu na temperatura de  $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  (AACC), 2005. Os resultados foram expressos em %.

#### **4.3.4 Proteínas**

A análise de proteínas foi realizada através da digestão das amostras em ácido

sulfúrico para a determinação da quantidade de o nitrogênio (N) total na amostra, onde a proteína bruta será obtida posteriormente utilizando-se o fator 5,70, para conversão de nitrogênio em proteína (AACC, 2010). Os resultados foram expressos em %.

#### **4.3.5 Lipídeos**

Os lipídeos foram determinados através da extração em extrator Soxhlet e com toda a alíquota extraída a quantificação de lipídeos na amostra foi btida por diferença de peso em balança analítica (AACC, 2010). Os resultados foram expressos em %.

#### **4.3.6 Fibras totais**

Para análise de fibra bruta total foi realizado um procedimento enzimático-gravimétrico, onde a amostra previamente desengordurada foi exposta a diversas enzimas que simularam as reações que ocorrem no interior do intestino humano para ser possível quantificar o conteúdo total da fração fibra. A equação 1 foi utilizada para encontrar os valores de fibras na amostra está descrita abaixo. Os resultados foram expressos em %.

$$\text{Fibra alimentar total}(\%) = (\text{RT-P-C-BT}) * 100 / m \quad (1)$$

Onde:

- RT = resíduo total da amostra;
- BT = resíduo total do branco;
- C = cinzas da amostra;
- m = massa da tomada da amostra;
- P = teor de proteína.

#### **4.3.7 Cinzas**

A análise de cinzas foi realizada através da queima total da matéria orgânica em forno mufla a 550°C, onde as amostras serão inseridas em um recipiente de porcelana previamente tarado e permanecerão na mufla até a manutenção de uma temperatura constante (AACC, 2010). Os resultados foram expressos em %.

### **4.4 Preparação do pão**

Os insumos utilizados para as formulações dos pães tipo forma foram escolhidos a partir de pesquisas feitas anteriormente por Zambelli (2015). A tabela 2 mostra a listagem dos

ingredientes escolhidos, sendo estes obtidos em laboratório, a farinha da taioba, e adquiridos em comércios locais na cidade de Fortaleza-CE.

**Tabela 2-** Insumos utilizados na formulação dos pães.

Insumos	Controle	F1	F2	F3	F4	F5
<b>Farinha de trigo</b>	100%	100%	100%	100%	100%	100%
<b>Farinha da taioba</b>	0%	5%	7,5%	10%	12,5%	15%
<b>Água</b>	58%	58%	58%	58%	58%	58%
<b>Gordura Vegetal</b>	10%	10%	10%	10%	10%	10%
<b>Açúcar</b>	5%	5%	5%	5%	5%	5%
<b>Sal</b>	2%	2%	2%	2%	2%	2%
<b>Fermento Biológico</b>	3,3%	3,3%	3,3%	3,3%	3,3%	3,3%

Fonte: Autor (2023).

Os insumos foram pesados em balança semi-analítica e homogeneizados, durante a primeira etapa do processamento, em seguida a massa será dividida em porções e colocadas em formas onde permaneceram até o seu desenvolvimento, posteriormente essas massas passarão por um processo de cocção.

## 4.5 Avaliação da qualidade dos pães

### 4.5.1 Avaliação do processo de fermentação

Para a avaliação das massas, a metodologia utilizada foi citada por Zambelli (2015), nomeado Perfil Livre de Expansão, onde as massas foram moldadas em formatos de elipses e foram avaliados quanto sua altura e comprimento no intervalo de 10 minutos. Após encontrados esses valores calculou-se primeiramente o volume da massa ao longo do tempo, expressos em  $\text{cm}^3$ , de fermentação em seguida para o calculado o fator de expansão do volume (VEF), expressos em  $\text{cm}^3$ , os resultados foram colocados na equação 2 e 3 a seguir respectivamente:

$$V (\text{cm}^3) = \pi a^2 \left( \frac{2b}{3} + b' - \frac{b'^3}{3b^2} \right) \quad (2)$$

Onde:

a = largura da elipse, expressos em cm;

b = altura da elipse (medidos do centro para a parte superior), expressos em cm;

b' = altura da elipse (medidos do centro para a parte inferior), expressos em cm.

$$VEF = \frac{V-V_0}{V_0} \quad (3)$$

Onde:

V = Volume da massa ao longo do tempo, expressos em cm<sup>3</sup>

Vo = Volume inicial da massa, expressos em cm<sup>3</sup>

#### 4.5.2 Volume específico

Foi obtido através do deslocamento do volume das sementes de painço. As sementes foram em um recipiente de material transparente e completaram todo o volume do frasco, posteriormente parte dessas sementes foram dispostas em outro frasco e o pão será colocado no primeiro recipiente. Em seguida as sementes foram recolocadas junto ao pão e o painço que exceder será medido seu volume em uma proveta. Os resultados serão expressos em mL. Esta avaliação será feita em triplicata e calculada a partir da equação 4 abaixo esta metodologia foi descrita por AACC (2000).

$$\text{Volume específico} = \frac{\text{Volume deslocado}}{\text{Peso da amostra assada}} \quad (4)$$

Onde:

- O volume deslocado foi expresso em mL;
- Peso da amostra assada foi expresso em g.

#### 4.5.3 Densidade

O cálculo da densidade foi obtido através da equação 5 abaixo:

$$\text{Densidade} = \frac{\text{Peso da amostra assada}}{\text{Volume Deslocado}} \quad (5)$$

Onde:

- *Peso da amostra*, expressos em g;
- *Volume Deslocado*, expressos em mL;
- *Densidade*, expressos em g/ mL

#### 4.5.4 Índice de expansão

Nesta etapa as massas foram moldadas em forma esférica e serão assadas, as medições de altura e diâmetro serão feitas antes e após a cocção. Esta metodologia foi citada por Zambelli (2015). O índice de expansão (IE) será obtido através da equação 6:

$$IE = \frac{\frac{(D_p + H_p)}{2}}{\frac{(D_m + H_m)}{2}} \quad (6)$$

Onde:

- D<sub>p</sub> e H<sub>p</sub> = Diâmetro e altura dos pães após a cocção, expressos em cm;
- D<sub>m</sub> e H<sub>m</sub> = Diâmetro e altura das massas moldadas expressos em cm.

#### 4.5.5 Volume das massas produzidos durante a fermentação

Para esta avaliação a massa foi colocada em porções com o peso aproximadamente de 15 gramas dentro de provetas para que seja analisado o processo de aumento do volume durante a fermentação que ocorreu em uma câmara de fermentação, com temperatura e umidade controladas. Os resultados foram avaliados na subtração entre o volume final produzido e o volume inicial das massas. Esta avaliação foi feita em triplicata e os resultados expressos em mL.

#### 4.6 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Microscopia confocal de varredura a laser

As microestruturas dos pães foram observadas usando um Microscópio Eletrônico de Varredura Quanta FEG 450 (a uma baixa energia de 10 kV). As amostras foram depositadas em fitas de carbono e revestidas com ouro, usando técnicas de deposição de vapor. A superfície foi escaneada usando ampliação entre 5.000 e 40.000×. Para a Microscopia Confocal de Varredura a Laser as amostras foram observadas em CLSM (Zeiss 510, microscopia Carl Zeiss, Oberkochen, Alemanha) e processados pelo software Zen blue edição 2.3 (microscopia Carl Zeiss, Oberkochen, Alemanha). As análises foram realizadas na Central Analítica da Universidade Federal do Ceará.

#### 4.7 Toxicidade frente à *Artemia salina*

A toxicidade dos extratos aquosos da farinha obtida da folha da taioba sobre *Artemia salina* foi determinada segundo a metodologia referida por Moraes Neto (2021). Para a preparação do meio para inoculação da *Artemia salina* foi preparada uma solução

salina de concentração de 33g/L e pH entre 8,0–9,0 e mantida em temperatura de 27°C sob iluminação constante por 24 horas. Após este período foram observados que os cistos eclodiram e 10 náuplios foram transferidos para recipientes que continham dos extratos aquosos da farinha obtida da folha da taioba. Para obter o extrato aquoso da taioba se realizou diferentes concentrações que variam de 500 a 1000 µg/mL, este mesmo autor utilizou para o seu trabalho extratos 100, 500 e 1000 µg/mL aquosos utilizando a moringa, espécie de PANC. Diante destes testes preliminares, a farinha apresentou características de se apresentar de forma mais pastosa nas concentrações impossibilitando a observação e análise com a *Artemia salina*, nesta situação foram feitas diluições até a concentração de 333,33µg/mL, onde essa foi a maior concentração de farinha no qual o meio possibilitou a análise com a *Artemia salina* sendo escolhida e feita em triplicata. Os náuplios foram incubados a 27°C sob iluminação constante e por 24 horas e posteriormente foi verificada a taxa de sobrevivência e calculada a CL<sub>50</sub> (concentração letal de 50%).

#### **4.8 Ensaio para o consumo dos pães utilizando modelos *in vivo***

Para a realização desta etapa foram escolhidas as duas formulações que obtiveram as melhores avaliações. Estes produtos foram avaliados utilizando dois modelos animais, *zebrafish* e camundongos. Para os extratos aquosos utilizados nessa etapa tem como concentração a mesma utilizada no experimento com a *Artemia salina*, 333,33 µg/mL, já que nesta concentração os resultados obtidos demonstraram ser atóxicos para *Artemia salina*. Para as fórmulas que tiveram menor desempenho de qualidade foram: F1 e F2, 5% e 7,5% da farinha da taioba. Este estudo foi submetido a avaliação da Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Estadual do Ceará (UECE). O número do processo: 10554505/2022.

##### **4.8.1 Zebrafish (*Danio rerio*)**

Os peixes da espécie peixe-zebra adulto (*Danio rerio*) tipo selvagem, machos e fêmeas, foram adquiridos de um fornecedor local na cidade de Fortaleza/Ceará. Após sua chegada os animais foram aclimatados por 14 dias e foram separados em grupos de 15 peixes em tanques de 5 L de água com anticloro (2 gotas/L), sob constante filtração da água e aeração (7,20 mg O<sub>2</sub>/L). Os peixes foram mantidos por um ciclo de fotoperíodo de 14 a 10 horas dia/noite, alimentados com flocos comerciais (Spirulina) e suplementados

com *Artemia salina* vivas. Ao final do experimento os animais foram submetidos à hipotermia em água gelada e foram eutanasiados, posteriormente foram retiradas as caudas para retirada de sangue a verificação da glicemia com o auxílio de um glicosímetro portátil (CAPIOTTI et al., 2014).

#### 4.8.2 Indução da hiperglicemia

Cada grupo foi submetido a exposição diária de solução de glicose 111 mM diluídos em água e mantidos por 8 dias em temperatura ambiente (CAPIOTTI *et al.*, 2014).

#### 4.8.3 Tratamento utilizando o cloridrato de metformina e os pães formulados

Cada grupo foi disposto conforme a tabela 3:

**Tabela 3-** Grupos experimentais

Nome do grupo experimental	Animais/Dose de tratamento
Grupo naive	Animais saudáveis que não receberam tratamento
Grupo veículo	Animais hiperglicêmicos que não receberam metformina
Grupo metformina	Animais hiperglicêmicos que receberam metformina
Grupo pão taioba (5,0%)	Animais hiperglicêmicos que receberam pão taioba (5%)
Grupo pão taioba (7,5%)	Animais hiperglicêmicos que receberam pão taioba (7,5%)
Grupo farinha taioba	Animais hiperglicêmicos que receberam farinha da taioba

Fonte: Autor (2023).

Partindo desta análise foram preparados extratos aquosos de mesma concentração (333,33 µg/mL) para cada grupo de todas as formulações e os animais foram tratados por via oral diariamente durante sete dias no mesmo horário. Após o último dia de tratamento os animais foram colocados em jejum por 4 horas, após esse período foram eutanasiados e sua cauda foi retirada com auxílio de um bisturi e a sua glicose foi verificada com o auxílio de um glicosímetro manual (Modelo: Monitor OnCall Plus II).

#### 4.8.4 Camundongos (*Mus musculus*)

##### 4.8.4.1 Local

A execução deste ensaio seguiu às recomendações do Conselho Nacional de Controle

de Experimentação Animal (CONCEA), onde os animais foram fornecidos pelo Biotério do Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento de Medicamentos (NPDM), da Universidade Federal do Ceará (UFC) e transportados adequadamente para Laboratório de Biotecnologia e Biologia Molecular (LBBM) na Universidade Estadual do Ceará onde todo o experimento foi conduzido. Os animais foram alocados no biotério em um ambiente exclusivo para roedores cuja temperatura e ciclos eram controlados para a manutenção do bem-estar dos animais.

#### 4.8.4.2 Animais

Foram utilizados animais albinos Swiss (*Mus musculus*), fêmeas, saudáveis com aproximadamente quatro semanas e com peso médio variando entre 20 a 27 gramas. Foi oferecida ração adequada e balanceada para os animais. Água e alimentação foram disponibilizadas ad libitum. Os animais ficaram em gaiolas de polipropileno cujos procedimentos de higienização como troca da maravalha e lavagem eram realizados com uma frequência de três vezes por semana

Os animais foram distribuídos em grupos contendo 10 animais. Cada grupo foi de forma que cada recebesse uma amostra diferente, conforme a tabela 4:

**Tabela 4-** Grupos experimentais

<b>Nome do grupo experimental</b>	<b>Amostra</b>
Grupo pão branco	Animais saudáveis que não receberam tratamento
Grupo P 5,0%	Animais hiperglicêmicos que receberam pão taioba (5%)
Grupo P 7,5%	Animais hiperglicêmicos que receberam pão taioba (7,5%)
Grupo farinha taioba	Animais hiperglicêmicos que receberam farinha da taioba

Fonte: Autor (2023).

#### 4.8.5 Preparo das amostras

Seguindo as mesmas concentrações (333,33 µg/mL) ofertadas para o *zebrafish* e *Artemia salina* foi feito um extrato aquoso das amostras dos pães e da farinha da folha da taioba e oferecidos cerca de 0,4 mL do extrato para os animais por dia, esta quantidade foi referenciada pela pesquisa feita por Melo *et al.* (2008) que utilizou em sua pesquisa extrato aquoso da *Mascagnia rigida* Griseb para avaliação de sua toxicidade. Além disso, durante todo o experimento os animais obtiveram acesso livremente à ração e água.

#### 4.8.6 Índice glicêmico (IG) *in vivo*

Esta metodologia foi descrita por Melo (2018). Inicialmente os animais foram

colocados em jejum e sua glicemia foi aferida através de uma gota de sangue da extremidade da cauda utilizando o glicosímetro portátil (Modelo: Monitor OnCall Plus II). Posteriormente os animais receberam doses do extrato do pão branco via oral. Após a administração foram coletadas amostras de sangue para construção da curva de glicose plasmática nos tempos 15, 30, 45 e 60 minutos, com pequenas modificações. Os mesmos procedimentos foram aplicados às demais amostras.

O índice glicêmico foi calculado com os valores médios das áreas das curvas obtidas para o pão branco (utilizado como alimento padrão) e para demais amostras, através da equação 7:

$$IG = \frac{\text{área da curva do alimento teste}}{\text{área da curva do alimento padrão}} \times 100(7)$$

#### **4.8.7 Determinações de parâmetros bioquímicos**

Os níveis de glicemia em jejum, colesterol total, ALT, AST, triglicerídeos, HDL foram obtidas utilizando kits de teste bioquímico da marca BIOCLIN pelo ELISA (Ensaio de Imuno absorção Enzimática) método no aparelho AnthosMultiread 400 da Biochrom.

#### **4.9 Análises estatísticas**

As análises estatísticas foram realizadas pelo software Sisvar 5.6 (Sisvar: Versão 5.6, Build 86) e os resultados expressos em  $\pm$  EPM (erro padrão da média). Para a verificação das diferenças mínimas significativas foi realizada a análise de variância (ANOVA) e teste de média de Tukey para verificar diferenças significativas, ao nível de 5% de significância entre as médias dos grupos.

## 5 RESULTADOS

### 5.1 Avaliações físico-químicas-da farinha de folha de taioba (FFT) e dos pães

Os primeiros resultados analisados foram os relacionados a caracterização físico-química da farinha da folha de taioba (FFT) e dos pães de formulados. A Tabela 5 apresenta a umidade, proteína, cinzas, gordura, carboidratos, pH e acidez titulável total (ATT) da farinha de folha de taioba (FFT) e dos pães.

**Tabela 5.** Composição centesimal, pH e acidez total titulável (ATT) da FFT e dos pães.

Análises (%)	FFT	Controle	F1	F2	F3	F4	F5
<b>Umidade</b>	10,97±0,0	32,28 <sup>a</sup>	31,83 <sup>b ±</sup>	30,48 <sup>c</sup>	30,06 <sup>d</sup>	28,36 <sup>e</sup>	26,81 <sup>f</sup>
	3	±0,08	0,05	±0,02	±0,03	±0,04	±0,04
<b>Proteína</b>	19,35±0,0	10,89 <sup>a</sup>	11,71 <sup>b</sup>	12,05 <sup>b</sup>	12,77 <sup>c</sup>	13,48 <sup>d</sup>	14,05 <sup>e</sup>
	8	±0,40	±0,36	±0,21	±0,14	±0,31	±0,19
<b>Cinzas</b>	15,73±0,0	1,40 <sup>a</sup>	3,04 <sup>b</sup>	3,71 <sup>c ±</sup>	4,25 <sup>d</sup>	4,59 <sup>e</sup>	5,04 <sup>f</sup>
	8	±0,04	±0,01	0,03	±0,03	±0,04	±0,05
<b>Gordura</b>	1,56±0,04	3,23 <sup>a</sup>	3,00 <sup>a</sup>	3,17 <sup>a</sup>	3,08 <sup>a</sup>	2,92 <sup>a</sup>	2,99 <sup>a</sup>
		±0,24	±0,22	±0,28	±0,29	±0,23	±0,25
<b>Carboidratos</b>	52,39±0,1	52,20 <sup>a</sup>	50,42 <sup>c ±</sup>	50,59 <sup>c</sup>	49,85 <sup>d</sup>	50,65 <sup>c</sup>	51,11 <sup>b</sup>
	2	±0,22	0,28	±0,20	±0,28	±0,20	±0,25
<b>pH</b>	6,46±0,02	6,13 <sup>a</sup>	5,99 <sup>c ±</sup>	5,94 <sup>c ±</sup>	5,92 <sup>b</sup>	5,87 <sup>d</sup>	5,82 <sup>e</sup>
		±0,01	0,05	0,02	±0,01	±0,02	±0,03
<b>ATT</b>	0,706±0,0	1,14 <sup>a</sup>	2,28 <sup>b ±</sup>	2,41 <sup>c ±</sup>	2,79 <sup>d</sup>	2,85 <sup>d</sup>	3,05 <sup>e</sup>
	3	±0,21	0,03	0,21	±0,25	±0,29	±0,18

Controle - pão sem adição de farinha de folha de taioba; F1 - pão com adição de 5% de farinha de folha de taioba ; F2 - pão com adição de 7,5% de farinha de folha de taioba ; F3 - pão com adição de 10% de farinha de folha de taioba ; F4 - pão com adição de 12,5% de farinha de folha de taioba e F5 - pão com adição de 15% de farinha de folha de taioba .

Fonte: Autor (2023).

Os primeiros resultados avaliados foram os de caracterização da farinha da folha da taioba, onde esta apresentou um teor de umidade de 10,97%, 19,13% de proteína, 15,73% de cinzas, 1,56% de gordura e 52,39% de carboidratos, sendo 31,28% de fibra total. O pH próximo à neutralidade e a ATT de 0,706%. Um estudo feito por Graf et al. (2018) e Calle et al. (2021) apresentou valores de proteínas, cinzas, carboidratos e fibras superiores aos encontrados nos cormos de *Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott nos encontrados neste trabalho, porém estes ainda expressam o potencial desta espécie para seu acréscimo em formulações de alimentos para aumentar o potencial nutricional. Essa diferença pode ser atribuída às diferentes funções de cada estrutura na planta.

As incorporações da farinha da folha da taioba nas formulações apresentadas acrescentaram aos pães desenvolvidos um aumento no valor nutritivo dos pães. Essa afirmação pode ser confirmada devido a um significativo aumento no teor de proteína, que foi de 29,01%, e de 260,0% no teor de cinzas na comparação entre a formulação controle e a formulação F5. A quantidade de cinzas presente nas amostras aumentou consideravelmente, porém esse comportamento já era esperado, já que a taioba possui em sua composição maiores concentrações de minerais. Um estudo feito pelo USDA (2022) mostra que diversas partes da taioba, incluindo suas folhas e talos, possuem uma significativa quantidade de cálcio, magnésio e potássio quando comparados a outras espécies de vegetais; as folhas possuem grandes concentrações de minerais como zinco, cobre, manganês e selênio.

Em comparação entre as formulações dos pães apresentadas, todas as formulações diferiram em relação ao controle, tendo um aumento significativo no teor de proteínas, fibras e cinzas e redução no teor de gordura, umidade e carboidratos, reafirmando que o acréscimo da folha da taioba nos pães contribuiu para a melhora nutricional dos produtos.

## **5.2 Avaliações das propriedades tecnológicas e de qualidade dos pães**

O alimento além de proporcionar a ingestão nutricional necessária para o consumidor precisa atender padrões de qualidade para atingir expectativas de suas características principalmente durante a fermentação, no caso dos pães. Em relação ao seu desempenho tecnológico as formulações foram avaliadas quanto ao seu perfil livre de expansão, volume específico, densidade, índice de expansão e volume produzido. Os

resultados encontrados foram expressos na tabela 6.

**Tabela 6 - Propriedades físicas dos pães.**

<b>Análise</b>	<b>Controle</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>F4</b>	<b>F5</b>
<b>Volume específico (cm<sup>3</sup>/g)</b>	3,24 <sup>a</sup> ±0,07	2,82 <sup>b</sup> ±0,04	2,56 <sup>c</sup> ±0,02	2,17 <sup>d</sup> ±0,08	1,92 <sup>e</sup> ±0,05	1,82 <sup>f</sup> ±0,03
<b>Densidade (g/cm<sup>3</sup>)</b>	0,32 <sup>a</sup> ±0,06	0,47 <sup>b</sup> ±0,04	0,50 <sup>c</sup> ±0,06	0,52 <sup>c</sup> ±0,04	0,55 <sup>d</sup> ±0,01	0,55 <sup>d</sup> ±0,01
<b>PLE<sub>máx</sub>(cm<sup>3</sup>)</b>	4,32 <sup>a</sup> ±0,08	4,02 <sup>b</sup> ±0,12	3,88c <sup>±</sup> 0,09	3,43 <sup>d</sup> ±0,09	3,02 <sup>e</sup> ±0,13	2,75 <sup>f</sup> ±0,09
<b>Volume produzido (mL)</b>	16,8 <sup>a</sup> ±0,10	12,6 <sup>b</sup> ±0,20	10,4 <sup>c</sup> ±0,20	9,0 <sup>d</sup> ±0,15	8,0 <sup>e</sup> ±0,20	5,0 <sup>f</sup> ±0,35

Controle - pão sem adição de farinha de folha de taioba; F1 - pão com adição de 5% de farinha de folha de taioba; F2 - pão com adição de 7,5% de farinha de folha de taioba; F3 - pão com adição de 10% de farinha de folha de taioba; F4 - pão com adição de 12,5% de farinha de folha de taioba e F5 - pão com adição de 15% de farinha de folha de taioba. Fonte: Autor (2023).

Todo insumo acrescido na massa do pão interfere na formação de glúten e consequentemente no volume dos pães durante e depois de sua fermentação. Para o resultado encontrado para volume específico, observa-se que o volume diminuiu significativamente à medida que a incorporação da farinha na formulação dos pães era maior, o que já era esperado, já que a adição da farinha da folha de taioba fez com que a rede de glúten, advinda da farinha de trigo, enfraquecesse. Desta forma, fez com que o volume fosse reduzido, já que a farinha da folha de taioba é uma farinha não formadora de glúten. Observa-se também que houve um aumento da densidade à medida que a farinha de folha de taioba era adicionada nos pães.

Zambelli et al. (2017a; 2017b), em seu trabalho, demonstraram que a incorporação de farinhas como açaí, tomate, brócolis em pó e quitosana em formulações de pães apresentou o mesmo comportamento descrito anteriormente. Um estudo feito por Rocha e Santiago (2009) observou que no desenvolvimento de pães tipo forma adicionados de casca e polpa do baru (*Dipterix Alata* vog.) avaliaram uma redução no volume dos pães

formulados com a matéria prima rica em fibra evidenciando a relação entre os componentes do farelo de trigo, da casca e polpa de baru e a desestruturação da rede de glúten fazendo com que resulte em resultados inferiores para o volume encontrado nos pães.

O volume específico é um indicador da qualidade da rede de glúten e da capacidade de manter os gases formados durante o processo de fermentação (Ferreira et al., 2020). A redução do potencial fermentativo da massa e, conseqüentemente, do volume específico dos pães pode ser explicada por algumas hipóteses.

A farinha de taioba é potencialmente nociva à rede de glúten devido ao seu alto teor de fibras e minerais. Segundo Zambelli et al. (2017c), a incorporação de fibras ou minerais permite uma má formação ou enfraquecimento da rede de glúten, permitindo que este gás carbônico escape, reduzindo o volume específico do pão. Portanto, essa incorporação pode promover o escape do dióxido de carbono produzido durante o processo de fermentação, o que pode reduzir o volume específico do pão conforme observado neste estudo, e para Dhinda et al. (2012), o complexo amido-glúten pode ter sua continuidade interrompida pela presença de materiais que não formam glúten.

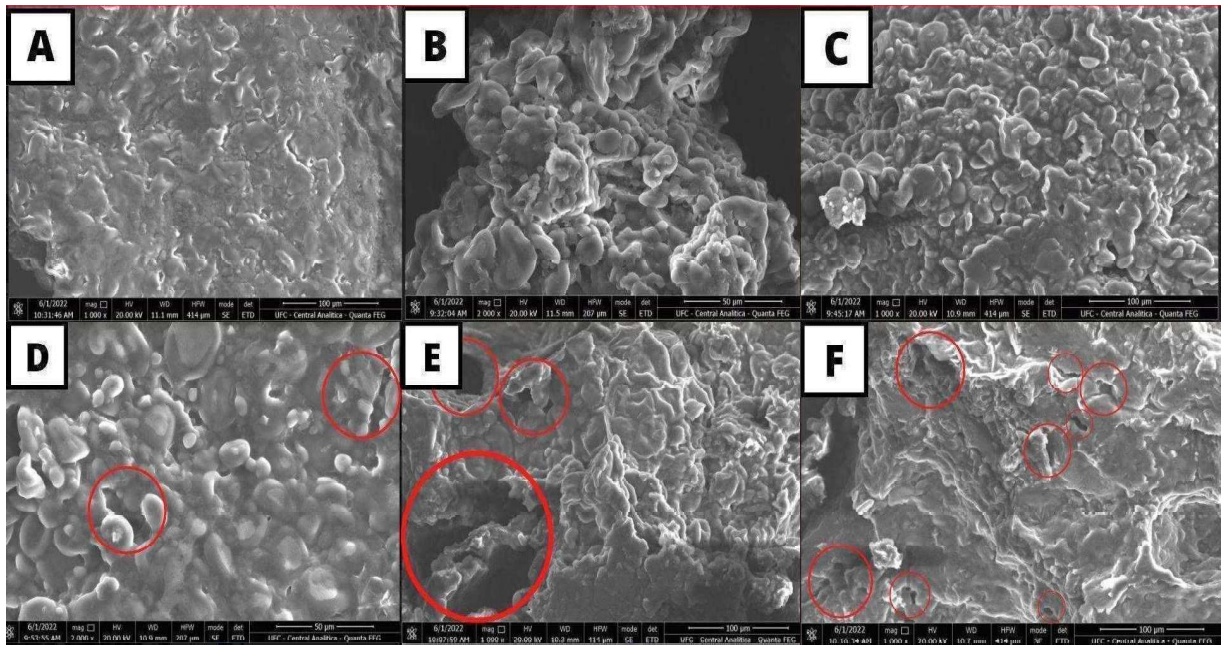
Como resultado do dano ao glúten produzido, observou-se uma redução significativa no fator máximo de expansão (VEF máx) de 4,32 cm<sup>3</sup> para 2,75 cm<sup>3</sup> (F5). Desta forma, a capacidade de suportar a pressão interna do dióxido de carbono produzido na fermentação da massa é reduzida, o que faz com que a massa sofra um fenômeno chamado abertura de porosidade, permitindo que o dióxido de carbono escape e a massa perca volume, conforme explica Meziani et al. (2012). Esse fenômeno é confirmado pela análise do volume produzido, onde houve redução significativa e correlação negativa com a incorporação da farinha de folha de taioba. O volume produzido das massas variou de 16,8 mL (controle) a 5,0 mL (F5), o que demonstra que a inclusão da farinha de taioba impactou negativamente a retenção de gás na matriz de glúten.

Esses resultados são consistentes com os encontrados por Junejo et al. (2021) e Xin et al. (2022) que relataram uma redução nas propriedades expansivas de pães adicionados com espinafre em pó e subprodutos do suco de lichia. A estrutura da rede de glúten se expressa na forma de dano físico que ocorre quando a massa é expandida e as fibras e minerais destroem a estrutura espumosa da massa, fazendo com que as paredes das células se tornem mais finas e quebrem mais facilmente.

### 5.3 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Microscopia confocal de varredura a laser

A microestrutura dos pães foi analisada para melhor entender o processo de destruição da rede de glúten. As micrografias são mostradas na figura 7.

**Figura 7-** Micrografia Eletrônica de Varredura de Pão Controle (A); F1 (B); F2 (C); F3 (D); F4 (E) e F5 (F).



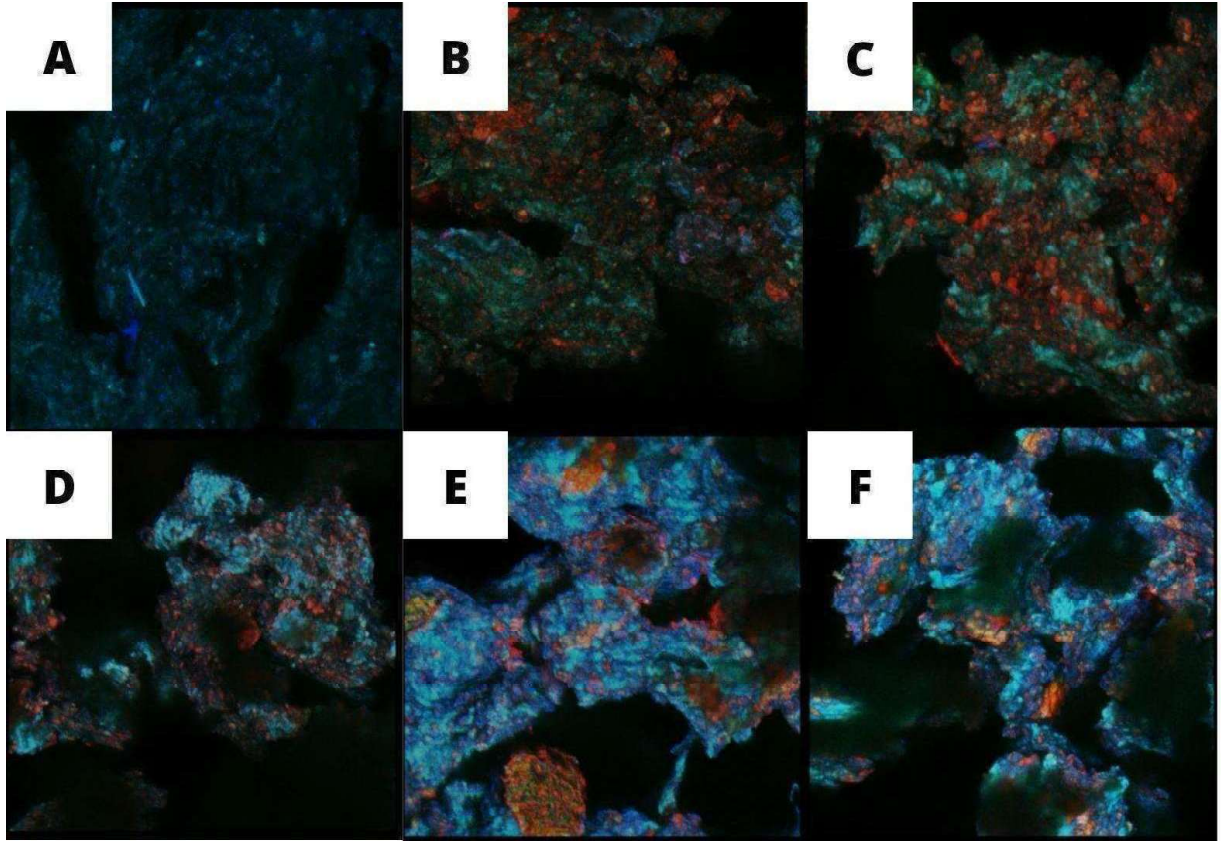
Fonte: Autor (2023).

As micrografias mostram uma homogeneidade entre o complexo glúten-amido para a formulação controle. Inicialmente, a distribuição da rede de gel era uniforme e densa, e a estrutura geral da massa é relativamente estável. A rede de glúten é completamente tecida nas moléculas de amido. Com a adição da farinha de folha de taioba, a estrutura do glúten começou a se quebrar. Além disso, algumas partículas de amido foram expostas, a reticulação da proteína do glúten foi esparsa e os poros tornaram-se maiores e rugosos, o que sugere uma descontinuidade desse complexo. Essa descontinuidade fez com que se reduzisse a retenção de gases na massa e, conseqüentemente, a redução de sua capacidade de expansão. Esses resultados se relacionam com os encontrados nas avaliações tecnológicas dessas formulações. Esse comportamento também foi encontrado por Gu et al. (2022) ao adicionar Flavourzyme, uma peptidase comercial, em formulações de pães, e Cao et al. (2022), que estudaram a influência da substituição da farinha de aveia germinada na microestrutura de pães de trigo.

A Microscopia Confocal a Laser (CLSM) foi utilizado para detectar os

componentes nutricionais da farinha da folha de taioba após o cozimento do pão. As imagens são mostradas na figura 8.

**Figura 8-** Perfis CLSM de Pão Controle (A); F1 (B); F2 (C); F3 (D); F4 (E) e F5 (F).



Fonte:Autor (2023).

A microscopia confocal é baseada na avaliação da fluorescência de compostos. Isso permite verificar, por exemplo, sua localização ou presença. O uso da fluorescência para estudar a distribuição espacial de compostos fenólicos e substâncias antioxidantes em grãos de cereais, pães e vegetais tem sido relatado na literatura. A capacidade dos compostos fenólicos de autofluorescer após iluminação por UV ou luz azul foi explorada para explorar a natureza e a distribuição desses metabólitos nas pétalas, folhas e raízes das flores (Saadi et al., 1998; Li et al., 2004; Khatib et al. al., 2021).

A intensidade da fluorescência detectada na análise CSLM aumentou em função da quantidade de farinha de folha de taioba adicionada às formulações de pão, o que corrobora os resultados do enriquecimento nutricional do pão. O aumento da luminescência pode ser atribuído à clorofila, compostos fenólicos e outras substâncias de origem vegetal presentes na taioba. As partículas de compostos fenólicos foram bem distribuídas na matriz e estão associadas a outras substâncias que fluorescem em outros

comprimentos de onda. Arriola et al., (2016) atribui a emissão de fluorescência vermelha a compostos fenólicos. A taioba é fonte de compostos fenólicos, conforme demonstrado por Benevides et al., (2022) que encontraram valores de teor de compostos fenólicos totais de 75,44 mg/100 g nas folhas de taioba, o que corrobora os resultados confocais.

#### **5.4 Avaliação da toxicidade da farinha da folha da taioba por *Artemia salina***

O bioensaio utilizando a *Artemia salina* é uma das técnicas consolidadas para avaliar toxicidade e tem destaque devido sua rapidez, acessibilidade e sensibilidade dos ensaios e o seu uso é bastante empregado para a detecção de extratos de plantas (MORAES NETO, 2021). A dose letal mediana (DL<sub>50</sub>) é aquela necessária para eliminar 50% ou mais da população teste. A Organização Mundial de Saúde (OMS) afirma que são consideradas tóxicas substâncias que apresentam valores de DL<sub>50</sub> abaixo de 1.000 ppm em *Artemia salina* (LIMA et al., 2009). Os resultados que foram avaliados para o extrato aquoso da farinha de taioba está presente na tabela 7.

**Tabela 7-** Resultados do DL<sub>50</sub> extrato aquoso de farinha da folha da taioba.

<i>Amostra</i>	<i>DL<sub>50</sub> (µg/mL)</i>
Extrato aquoso da farinha de taioba	≤ 1000

Fonte: Autor (2023).

Portanto, o extrato aquoso da folha da taioba na concentração de 333,33 µg/mL se mostra atóxico conforme exposto na tabela 7.

#### **5.5 Avaliação do consumo da farinha de taioba e dos pães formulados utilizando *zebrafish* como modelo de indução de hiperglicemia**

Para os resultados obtidos com o *zebrafish* podemos observar induz hiperglicemia persistente como apresentado no grupo pós indução na tabela 8.

**Tabela 8-** Avaliação do perfil glicêmico em zebrafish alimentados com extratos de pães contendo farinha de taioba (5% e 7,5%) e farinha de folha de taioba

<b>Grupos</b>	<b>Glicose (mg/dL)</b>
<b>Naive</b>	36,0 <sup>a*</sup> ± 5,88
<b>Pós indução</b>	124,5 <sup>e</sup> ± 1,25
<b>Metformina</b>	40,0 <sup>c</sup> ± 3,88
<b>P5%</b>	31,0 <sup>b</sup> ± 4,77
<b>P7,5%</b>	36,5 <sup>a</sup> ± 5,33
<b>Farinha</b>	36,0 <sup>a</sup> ± 2,44

\*Letras distintas na mesma coluna apresentam diferenças significativas ao nível de 5% de significância ( $p \leq 0,05$ ). Fonte: Autor (2023).

Observa-se que o grupo tratado com a metformina obteve um resultado próximo ao grupo naive e abaixo do grupo pós-indução, essa redução foi de aproximadamente 67%, evidenciando que o tratamento utilizado com a metformina foi eficiente para diminuir os níveis de glicose no sangue dos animais.

O grupo alimentado com o extrato de pão de taioba 5% obteve o melhor resultado em relação aos demais grupos, sendo a sua redução em relação aos animais hiperglicêmicos de 75%, obtendo valores médios abaixo do grupo naive. Os grupos compostos pelo extrato de pão de taioba 7,5% e o extrato da farinha da taioba não obtiveram diferenças significativas e a redução de ambos os grupos foi de aproximadamente 71% em relação aos animais hiperglicêmicos.

A farinha da folha da taioba possui em sua composição uma grande quantidade de fibra alimentar e esta pode auxiliar no metabolismo de carboidratos, gorduras e outros nutrientes, e estas podem auxiliar no tratamento e na prevenção de doenças como diabetes, hipertensão e obesidade. As fibras alimentares podem ser divididas em dois grupos: insolúveis e solúveis, cada tipo de fibra possui características e funções distintas. As fibras solúveis possuem o mecanismo de atuar na retenção de lipídeos, na redução da glicemia e no aumento da eliminação dos ácidos biliares devido à sua capacidade de formação de gel dentro do sistema intestinal. Já a fibra insolúvel atua principalmente na diminuição do tempo que o alimento percorre durante todo sistema intestinal. Além disso, as fibras insolúveis auxiliam na manutenção da flora intestinal.

Sendo assim, podemos associar que a presença das fibras (solúveis e insolúveis) presentes nos extratos que contêm a farinha da taioba em sua composição contribuiu para que este auxiliasse na redução da glicemia de todos os grupos.

Para os resultados referentes ao IG apresentados na tabela 9, observa-se que a formulação que contém 5% da farinha de taioba não apresentou diferenças significativas entre os dias 1 e 2 e da média entre os dois dias. Isso sugere que não houve impactos devidos às variações de metabolismo de cada indivíduo ao longo do tempo em relação ao consumo desses produtos quando se trata dos efeitos sobre a glicemia em jejum dos animais.

### 5.6 Avaliação do índice glicêmico (IG)

Em relação às amostras de pão adicionadas com 7,5% da farinha de taioba e da farinha obtida da folha desta espécie, outra observação importante é que todas as amostras diferiram entre si, o que mostra que a presença de farinha nos pães interfere diretamente no efeito desta no índice glicêmico dos animais.

Em relação aos pães, a formulação com menor índice foi o pão 7,5%, com cerca de 66,3. A farinha da folha da taioba obteve um resultado de aproximadamente 55,4.

**Tabela 9** – Efeitos de extratos de pães com farinha de taioba (5% e 7,5%) e farinha de folha de taioba em condições normais e de hiperglicemia no índice glicêmico em *zebrafish*

<b>Formulação</b>	<b>IG dia 1</b>	<b>IG dia 2</b>	<b>IG médio</b>
<b>Pão 5%</b>	63,14 <sup>a*</sup> ± 6,40	66,34 <sup>a</sup> ± 5,03	64,74 <sup>a</sup> ± 5,76
<b>Pão 7,5%</b>	58,44 <sup>b</sup> ± 5,59	64,098 <sup>b</sup> ± 3,94	66,269 <sup>b</sup> ± 5,34
<b>Farinha</b>	55,78 <sup>c</sup> ± 4,60	65,01 <sup>c</sup> ± 2,23	55,395 <sup>c</sup> ± 3,46

\*Letras distintas na mesma linha apresentam diferenças significativas ao nível de 5% de significância ( $p \leq 0,05$ ).  
Fonte: Autor (2023).

Segundo Svihus e Hervik (2016), o índice glicêmico é obtido através da concentração de amido presente no alimento. A ingestão deste componente pode sofrer interferência, inclusive de outros componentes no alimento, e desta forma, diminuir a digestão do amido e, por consequência, diminuir a absorção da glicose.

Na Tabela Internacional de Índice Glicêmico dos Alimentos, o índice glicêmico

médio para pão branco, produzido exclusivamente com farinha de trigo e com a presença de glúten, que é produzido em diversos países, é de  $71 \pm 3$ . Quando se compara este valor com os valores encontrados nos pães deste trabalho, observa-se que a presença da farinha de taioba influencia na redução da taxa de índice glicêmico neste produto de panificação (FOSTER-POWELL; HOLT; BRAND-MILLER, 2012).

A justificativa que se relaciona a este efeito é o fato de que as fibras alimentares presentes nas formulações fazem com que o amido não seja danificado pela ação enzimática no processo de digestão e, por consequência, este não será absorvido durante o metabolismo, e, respectivamente, a taxa de glicose presente no organismo também será reduzida (SCHUCHARDT et al., 2016).

## **5.7 Avaliação do perfil sérico dos camundongos**

### **5.7.1 Avaliação do perfil glicêmico**

Para a obtenção dos resultados o consumo dos pães e da farinha foi controlado afim que fosse conhecido a quantidade de cada produto consumido por cada animal de cada grupo. Para isso, foi-se feito um extrato aquoso com cada uma das amostras de concentração conhecida,  $333,33 \mu\text{g/mL}$ .

O oferecimento de extratos em vez do produto em sua condição original se justifica pelo motivo de que foram introduzidos de forma oral nos camundongos para a certificação de que foi consumida de fato a quantidade ofertada de maneira igual para cada membro dos grupos experimentais. A quantidade de extrato ofertada para cada animal foi de 0,4 mL, essa quantidade faz referência a outros trabalhos que também envolveram extratos de diferentes plantas como Melo et al. (2008) que em seu estudo investigou a toxicidade de frações químicas de desses extratos aquosos de *Mascagnia rigida* Griseb em camundongos Swiss albino. Antes e após dos experimentos foram avaliados parâmetros séricos de cada grupo a fim de observar os efeitos do consumo das amostras. A tabela 10 expõe os resultados obtidos para glicemia em jejum dos diferentes grupos experimentais.

**Tabela 10-** Perfil glicêmico em jejum avaliado através da glicemia avaliados no soro dos camundongos alimentados com extratos depães adicionados de farinha de taioba (5% e 7,5%) e farinha de folha de taioba.

Perfil glicêmico						
Parâmetros	Dia 0			Dia 30		
	Grupos			Grupos		
	P 5%	P7,5%	Farinha	P 5%	P7,5%	Farinha
Glicemia (mg/dL)	123,00 <sup>e*</sup> ± 6,73	79,00 <sup>b</sup> ± 10,83	100,00 <sup>c</sup> ± 3,66	72,48 <sup>a</sup> ± 11,51	101,24 <sup>c</sup> ±17,5 5	94,57 <sup>d</sup> ± 7,23

Os dados do dia 0 compõem a média de cada grupo antes do início da experimentação e os resultados do dia 30 compõem a média de cada grupo depois de 30 dias de experimentação. Letras distintas na mesma linha apresentam diferenças significativas ao nível de 5% de significância ( $p \leq 0,05$ ). Fonte: Autor (2023).

Nesta tabela acima é possível observar que os valores de glicemia em jejum dos camundongos foram maiores em todos os grupos do dia 0, diferindo estatisticamente (valor de p) entre si. No dia 0 o grupo que apresentou maior médio foi o grupo P5% com aproximadamente 123 mg/dL, este mesmo grupo ao final do experimento apresentou uma diminuição no teor de glicose para aproximadamente 72,48 mg/dL com uma redução de aproximadamente 41% em relação ao início do experimento.

Para o grupo de P 7,5% os valores encontrados entre o dia 0 e dia 30 diferiram entre si estatisticamente e a média durante o primeiro resultado obtido apresentou um comportamento diferente ao grupo anterior. Na tabela o dia 0 apresentou aproximadamente 79 mg/dL enquanto o resultado seguinte 101 mg/dL.

O grupo que consumiu o extrato da farinha de taioba apresentou um comportamento semelhante ao grupo P5% já que ao final do experimento podemos observar uma redução de 6 % entre esse intervalo de tempo, sendo encontrados valores próximos para ambos os dias de aproximadamente 100 e 95 para os dias 0 e 30, respectivamente.

### 5.7.2 Avaliação do perfil lipídico

Os animais também foram avaliados quando ao seu perfil lipídico a partir do soro extraído do sangue dos animais. Para verificação deste quadro foram analisados os parâmetros de HDL, triglicerídeos e colesterol total e os resultados estão descritos na tabela 11.

**Tabela 11-** Perfil lipídico avaliado através do HDL, triglicerídeos e colesterol total avaliados no soro dos camundongos alimentados com extratos depães adicionados de farinha de taioba (5% e 7,5%) e farinha de folha de taioba.

Perfil lipídico						
Parâmetros	Dia 0			Dia 30		
	Grupos			Grupos		
	P 5%	P7,5%	Farinha	P 5%	P7,5%	Farinha
<b>HDL</b>	122,77 <sup>a</sup> ± 11,22	256,04 <sup>b</sup> ± 61,08	89,11 <sup>c</sup> ± 7,38	69,34 <sup>d</sup> ± 8,01	73,29 <sup>e</sup> ± 3,42125	68,51 <sup>d</sup> ± 11,80
<b>Triglicerídeos</b>	111,56 <sup>a</sup> ± 28,31	164,47 <sup>b</sup> ± 32,58	175,85 <sup>c</sup> ± 49,81	116,94 <sup>a</sup> ± 28,38	91,96 <sup>d</sup> ±18,89	100,84 <sup>c</sup> ± 5,52
<b>Colesterol total</b>	107,36 <sup>a</sup> ± 8,53	96,73 <sup>b</sup> ± 9,73	109,54 <sup>a</sup> ± 3,80	130,24 <sup>c</sup> ±18,8 0	137,08 <sup>d</sup> ± 7,82	174,06 <sup>c</sup> ± 12,80

Os dados do dia 0 compõem a média de cada grupo antes do início da experimentação e os resultados do dia 30 compõem a média de cada grupo depois de 30 dias de experimentação. Letras distintas na mesma linha apresentam diferenças significativas ao nível de 5% de significância ( $p \leq 0,05$ ). Fonte: Autor (2023).

Para os valores encontrados para o HDL, observa-se que no dia 0 todos os grupos apresentaram valores superiores aos encontrados no dia 30. Para os valores médios encontrados para o grupo P5%, houve uma redução de aproximadamente 44% quando comparado entre o início e o final do experimento. Para os valores da concentração de HDL encontrados nos animais do grupo de P7,5%, os valores médios do dia 0 deste grupo foram os maiores encontrados durante a análise, com aproximadamente 256,04 mg/dL, e no último dia observou-se uma redução para 73,29 mg/dL, totalizando uma diminuição de 71% da concentração de HDL no metabolismo dos animais.

Os animais do grupo que consumiu o extrato da farinha da folha da taioba foram o grupo que apresentou menor percentual de redução da concentração de HDL, cerca de 23%. Pode-se observar que a presença da farinha da taioba na alimentação dos animais pode auxiliar na redução da taxa de HDL no sangue dos camundongos.

Em relação aos triglicerídeos, os valores encontrados revelam que para o grupo P5%, neste parâmetro, não houve diferença significativa entre as taxas encontradas no início e no final do experimento, havendo apenas uma pequena elevação de aproximadamente 4,6% entre os valores médios encontrados. Para o grupo P7,5%, a taxa média encontrada no dia 0 foi superior à avaliada no dia 30; observa-se que houve uma

redução de aproximadamente 46% entre esses períodos. O extrato da farinha da taioba também apresentou um comportamento semelhante ao grupo P7,5%, onde a redução foi de cerca de 43%.

Em relação à concentração de colesterol total, todos os grupos apresentaram valores superiores entre o dia 0 e 30. O grupo de maior aumento foi aquele que consumiu o extrato da farinha, obtendo um aumento de aproximadamente 37%, seguido do grupo P7,5%, que teve um aumento de cerca de 30%, e por último o grupo P5%, que obteve um resultado de 17% de aumento. Observa-se, portanto, que o consumo da farinha nessas condições gerou um aumento na concentração de colesterol no sangue desses animais.

Entre esses valores encontrados, observa-se que houve mudanças significativas no perfil lipídico dos animais. A regulação da concentração plasmática do colesterol requer diversos mecanismos que envolvem diversos tipos de lipoproteínas, que se diferem conforme sua finalidade e composição. A lipoproteína de alta densidade (HDL) é um destes componentes. O HDL atua como um agente de remoção do colesterol plasmático, retirando o excesso e transportando-o para o fígado. Sua redução, portanto, pode gerar um aumento na concentração do colesterol presente no conteúdo plasmático (CASQUERO, 2001). Os resultados encontrados para esses dois parâmetros nos camundongos apresentaram uma redução do HDL e um aumento do colesterol total.

### 5.7.3 Avaliação do perfil hepático

Os animais também foram avaliados quando ao seu perfil hepático a partir do soro extraído do sangue dos animais. Para verificação deste quadro foram analisados os parâmetros de TGO e TGP e os resultados estão descritos na tabela 12.

**Tabela 12-** Perfil hepático avaliado através do TGO e TGP avaliados no soro dos camundongos alimentados com extratos depães adicionados de farinha de taioba (5% e 7,5%) e farinha de folha de taioba.

Perfil hepático						
Parâmetros	Dia 0			Dia 30		
	Grupos			Grupos		
	P 5%	P7,5%	Farinha	P 5%	P7,5%	Farinha
TGO	22,61 <sup>c*</sup> ± 6,81	19,59 <sup>c</sup> ± 9,09	27,29 <sup>d</sup> ± 2,73	13,35 <sup>a</sup> ±4,64	10,35 <sup>a</sup> ±4,29	5,05 <sup>b</sup> ± 2,17

<b>TGP</b>	14,52 <sup>c</sup> ± 4,10	17,25 <sup>d</sup> ± 2,96	11,00 <sup>a</sup> ± 3,33	12,74 <sup>a</sup> ± 2,21	15,65 <sup>b</sup> ± 1,01	15,24 <sup>b</sup> ± 2,73
------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------

Os dados do dia 0 compõem a média de cada grupo antes do início da experimentação e os resultados do dia 30 compõem a média de cada grupo depois de 30 dias de experimentação. Letras distintas na mesma linha apresentam diferenças significativas ao nível de 5% de significância ( $p \leq 0,05$ ). Fonte: Autor (2023).

Para os valores encontrados para o TGO, observa-se que no dia 0 todos os grupos apresentaram valores superiores aos encontrados no dia 30. Para os valores médios encontrados para o grupo P5%, houve uma redução de aproximadamente 40% quando comparado entre o início e o final do experimento. Para os valores da concentração de TGO nos animais do grupo de P7,5%, os valores médios reduziram em cerca de 47% no final do experimento.

O grupo que consumiu a farinha obteve a maior taxa de redução, totalizando uma diminuição de aproximadamente 80%. Os grupos P5% e P7,5% não tiveram diferenças significativas no dia 0 e no dia 30. Em relação ao TGP, os valores encontrados revelam que para o grupo houve uma redução do dia 0 ao dia 30. O terceiro grupo que consumiu a farinha obteve a maior redução na taxa de TGP, com cerca de 28%. Em seguida, o grupo P5% obteve uma redução de 10%, e o grupo P7,5% obteve uma redução de 8%.

O grupo da farinha e P7,5% não obtiveram diferenças estatísticas no dia 30. A transaminase oxalacética (TGO) e a transaminase pirúvica (TGP) estão presentes nas células do fígado, e seu aumento pode evidenciar danos relacionados ao tecido hepático. Este órgão é a principal fonte de biossíntese do colesterol nos animais, e alterações e danos hepáticos podem levar a alterações nas concentrações séricas do colesterol (GODOY; ANTUNES; BRAZ; ASSIS; OLIVEIRA; SILVEIRA; SOUZA, 2017).

## 6 CONCLUSÃO

As formulações dos pães avaliadas mostraram potencial tecnológico para uso na indústria de alimentos. As formulações nas quais foram adicionadas, respectivamente, 5% e 7,5% da farinha de taioba em sua composição foram as que melhor apresentaram desempenho tecnológico e qualidade, comprovado pelos melhores resultados nos parâmetros de volume, densidade e perfil de expansão.

O extrato aquoso da farinha de taioba demonstrou ser atóxico para a *Artemia salina*. O consumo da farinha de taioba e dos pães 5% e 7,5% apresentaram um poder eficiente para redução da glicemia em zebrafish após indução de hiperglicemia persistente. Esse comportamento também foi observado na redução da glicemia em camundongos após trinta dias de consumo. Contudo, o consumo desses produtos provocou alterações significativas nos perfis hepáticos e lipídicos dos animais, mostrando a necessidade de maiores investigações sobre os compostos presentes na folha da taioba e seus efeitos em todo o metabolismo dos animais. Portanto, apesar dos benefícios relacionados à redução da glicemia, é importante considerar os possíveis efeitos adversos nos perfis hepáticos e lipídicos decorrentes do consumo desses produtos. Esses resultados destacam a importância de estudos adicionais para avaliar mais detalhadamente os impactos metabólicos e de saúde associados ao consumo da farinha de taioba e seus produtos derivados.

## REFERÊNCIAS

- AACC. *Approved methods*. 10th ed. Saint Paul: AACC, 2000.
- AACC. *Approved methods*. 10th ed. Saint Paul: AACC, 2005.
- ACERDA, Bruno Francisco Cardoso de. **Modelos computacionais para avaliação preditiva de ecotoxicidade em *Artemia salina***. 2019. 45 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Centro Universitário de Anápolis – Unievangélica, Anápolis, 2019.
- ACHEAMPONG, P.; OSEI-ADU, J.; AMENGO, E.; SAGOE, R. Cocoyam value chain and benchmark study in Ghana. **PPAAO/WAAPP**, 2019. 69 p.
- AL-OHALI, Y. I. Sistema de classificação de tâmaras baseado em visão computacional: projeto e implementação. **Journal of King Saud University – Computer and Information Sciences**, v. 23, p. 29–36, 2011.
- AL-RAHBI, S.; MANICKAVASAGAN, A.; AL-YAHYAI, R.; KHRIJI, L.; ALAHAKOON, P. Detecção de rachaduras superficiais em tâmaras usando técnica de imagem colorida. **Food Science and Technology Research**, v. 19, p. 795–804, 2013.
- AOAC. *Official Methods of Analysis*. 17th ed. Gaithersburg, MD: Association of Official Analytical Chemists, 2000.
- ARAÚJO, Sarah de Souza et al. Bromatology, food chemistry and antioxidant activity of *Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, [S.l.], v. 31, n. 3, p. 188–195, 2019. Faculty of Food and Agriculture, United Arab Emirates University. Disponível em: <https://www.ejfa.me/index.php/journal/article/view/1924>. Acesso em: 28 jun. 2021. DOI: <https://doi.org/10.9755/ejfa.2019.v31.i3.1924>.
- ARAÚJO, S. S. A.; ARAÚJO, P. S.; GIUNCO, A. J.; SILVA, S. M. S.; ARGANDOÑA, E. J. S. Bromatologia, química de alimentos e atividade antioxidante de *Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, v. 31, p. 188–195, 2019.
- ARRIOLA, N. D. A.; MEDEIROS, P. M.; PRUDENCIO, E. S.; MULLER, C. M. O.; AMBONI, R. D. M. C. Encapsulação de extrato aquoso de folha de *Stevia rebaudiana* Bertoni com alginato de sódio e seu impacto no conteúdo fenólico. **Food Science and Technology**, v. 13, p. 32–40, 2016.
- BARBOSA, Déborah Monteiro et al. Does the label ‘unconventional food plant’ influence food acceptance by potential consumers? A first approach. **Heliyon**, [S.l.], v. 7, n. 4, p. 1–7, abr. 2021.
- BARBOSA, Janaina Rodrigues et al. Avaliação da composição e dos parâmetros tecnológicos de farinhas produzidas a partir de subprodutos agroindustriais. **Revista Tecnológica**, Maringá, p. 21–28, 2011. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Paula-Debia/publication/277170919\\_Avaliacao\\_da\\_composicao\\_e\\_dos\\_parametros\\_tecnologicos\\_de\\_farinhas\\_produzidas\\_a\\_partir\\_de\\_subprodutos\\_agroindustriais/links/56a62f1408ae6c437c1ae14c/Avaliacao-da-composicao-e-dos](https://www.researchgate.net/profile/Paula-Debia/publication/277170919_Avaliacao_da_composicao_e_dos_parametros_tecnologicos_de_farinhas_produzidas_a_partir_de_subprodutos_agroindustriais/links/56a62f1408ae6c437c1ae14c/Avaliacao-da-composicao-e-dos)

parametros-tecnologicos-de-farinhas-produzidas-a-partir-de-subprodutos-agroindustriais.pdf. Acesso em: 28 jun. 2021.

BATTOCHIO, Juliana Rosa et al. Perfil sensorial de pão de forma integral. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 2, p. 428–433, jun. 2006.

BENEVIDES, C. M. J. et al. Multivariate analysis for the quantitative characterization of bioactive compounds of “Taioba” (*Xanthosoma sagittifolium*) from Brazil. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 16, p. 1901–1910, 2022.

BEZAN, Priscila Nogueira. **Efeitos da suplementação de frutooligossacarídeos em parâmetros metabólicos em camundongos C57BL alimentados com dieta hiperlipídica**. 2019. 55 f. Dissertação (Mestrado em Medicina) – Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2019.

BIONDO, Elaine et al. Diversidade e potencial de utilização de plantas alimentícias não convencionais no Vale do Taquari, RS. **Revista Eletrônica Científica da Uergs**, [S.l.], v. 4, n. 1, p. 61–90, 13 abr. 2018. Disponível em: <http://revista.uergs.edu.br/index.php/revuergs/article/view/1005/287>. Acesso em: 12 ago. 2021. DOI: <https://doi.org/10.21674/2448-0479.41.61-90>.

BLAKE, L. H. et al. Efeito de misturas de farinha cerosa na reologia da massa e na qualidade do pão. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 50, p. 926–933, 2015.

BOAKYE, A. A. et al. Utilizando o inhame (*Xanthosoma sagittifolium*) para segurança alimentar e nutricional: uma revisão. **Food Science & Nutrition**, v. 6, p. 703–713, 2018.

BORGES, Carla Karoline Gomes Dutra. **Plantas alimentícias não convencionais (PANC): a divulgação científica das espécies na cidade de Manaus**. 2017. 143 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ensino de Ciências na Amazônia) – Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, 2017. Disponível em: <http://177.66.14.82/handle/riuea/2425>. Acesso em: 24 ago. 2021.

BRIGHENTI, Alexandre Magno et al. **Plantas tóxicas em pastagens: (Senecio brasiliensis e S. madagascariensis) – Família: Asteraceae**. 83. ed. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2017. 11 p.

BUMGARNER, N. R.; SCHEERENS, J. C.; KLEINHENZ, M. D. Rendimento nutricional: um índice proposto para melhoria de alimentos frescos ilustrado com dados de vegetais folhosos. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 67, p. 215–222, 2012.

BUTANTAN, Acervo Instituto. Plataforma Zebrafish é inaugurada no Instituto Butantan. 2015. Biotério com capacidade para criar até 3 mil peixes adultos para uso em pesquisas foi montado no âmbito do CeTICS-FAPESP. Disponível em: <https://agencia.fapesp.br/plataforma-zebrafish-e-inaugurada-no-instituto-butantan/22071/>. Acesso em: 27 jun. 2023.

CALLE, J.; BENAVENT-GILL, Y.; ROSELL, C. M. Utilização da farinha de rizomas-do-

mato de *Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott e *Colocasia esculenta* (L.) Schott para o desenvolvimento de pastas alimentares: caracterização físico-química, funcional e nutricional. **Food Chemistry**, v. 344, p. 128–134, 2021.

CAO, H. et al. Influência da substituição da farinha de aveia germinada na textura e na digestibilidade do amido *in vitro* do pão de trigo. **Food Chemistry: X**, v. 15, p. 428–435, 2022.

CASQUERO, Andrea Camargo. **Alterações do perfil de lipoproteínas plasmáticas induzidas pela testosterona são moduladas pela expressão de proteína de transferência de colesterol éster: estudos em camundongos transgênicos e controles**. 2001. 60 f. Dissertação (Doutorado em Biologia) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

CAXITO, M. L. C. et al. Atividade antileucêmica *in vitro* do extrato da folha de *Xanthosoma sagittifolium* (Taioba). **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, p. 1–10, 2015.

COLOMBO, J. N. et al. Desempenho da taioba cultivada sob diferentes materiais de cobertura. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias – Brazilian Journal of Agricultural Sciences**, [S.l.], v. 13, n. 4, p. 1–8, 2018. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/a562/9677b52897f30bc1911ea42ab6f0c357a843.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2021. DOI: <https://doi.org/10.5039/agraria.v13i4a5580>.

COSTA, C. R. et al. A toxicidade em ambientes aquáticos: discussão e métodos de avaliação. **Química Nova**, v. 31, n. 7, p. 1820–1830, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422008000700038>.

DE OLIVEIRA, G. L.; ANDRADE, L. H. C.; DE OLIVEIRA, A. F. M. *Xanthosoma sagittifolium* e *Laportea estuanos*: espécies usadas para evitar osteoporose no Brasil na medicina tradicional. **Pharmaceutical Biology**, v. 50, p. 930–932, 2012.

DE SOUZA, J. S. S. **Caracterização nutricional, fitoquímica e biológica da taioba (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Shott)**. 2018. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

DEINA, Carolina et al. Desenvolvimento de novos produtos: análise das estratégias utilizadas por uma indústria do setor alimentício localizada no Oeste do Paraná. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 5, n. 12, p. 30361–30375, nov. 2019.

DHINDA, F.; PRAKASH, J.; DASAPPA, I. Efeito dos ingredientes nas características reológicas, nutricionais e de qualidade do pão com alto teor de proteínas, fibras e baixo teor de carboidratos. **Food and Bioprocess Technology**, v. 5, p. 2998–3006, 2012.

DUMITRASCU, M. **Artemia salina**. **Balneo Research Journal**, v. 2, n. 4, p. 119–122, 2011. DOI: <https://doi.org/10.12680/balneo.2011.1022>.

FARHAT, Mouna Ben et al. *Salicornia fruticosa* Terra *Portulaca oleracea* L.: antioxidantes

afetados por processos de cozimento doméstico. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, [S.l.], v. 27, n. 1, mar. 2022.

FARIAS, Flávia de Aquino Cutrim. **Caracterização estrutural e físico-química do amido de taioba (*Xanthosoma sagittifolium*) e potencial aplicação na produção de etanol**. 2017. 117 f. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual Paulista, Campus São José do Rio Preto, São José do Rio Preto, 2017. Acesso em: 28 jun. 2021.

FERREIRA, C. M.; DE LIMA, S. B.; ZAMBELLI, R. A.; AFONSO, M. R. A. Efeito da farinha mista de subprodutos vegetais em pães. **Revista Brasileira de Desenvolvimento**, v. 6, p. 8710–8724, 2020.

FIGUEIREDO, S. M. de et al. Fibras alimentares: combinações de alimentos para atingir meta de consumo de fibra solúvel/dia. **e-Scientia**, v. 2, n. 1, 2009.

FOSTER-POWELL, K.; HOLT, S. H. A.; BRAND-MILLER, J. C. International table of glycemic index and glycemic load values: 2002. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 76, p. 5–56, 2002.

FUKUSHIMA, Hirla et al. Potenciais usos do modelo animal *Zebrafish Danio rerio* em pesquisas na Medicina Veterinária. **Revista de Educação Continuada em Medicina Veterinária e Zootecnia do CRMV-SP**, [S.l.], v. 18, n. 1, 2020. DOI: <https://doi.org/10.36440/recmvz.v18i1.38049>.

GALVÃO, A. M. M. T.; ZAMBELLI, R. A.; ARAÚJO, A. W. O.; BASTOS, M. S. R. Cobertura comestível à base de amido de milho modificado e tomate em pó: efeito na qualidade da massa de pão. **Food Science and Technology**, v. 89, p. 518–524, 2018.

GAO, Jing; ZHOU, Weibiao. Processamento oral de pão: implicações de projetar produtos de panificação mais saudáveis. **Trends in Food Science and Technology**, [S.l.], v. 112, p. 720–734, abr. 2021.

GODOY, Kelly Cristina da Silva et al. Comportamento dos marcadores bioquímicos de injúria hepática nos cães com leishmaniose visceral. **Pubvet**, [S.l.], v. 11, n. 7, p. 670–675, jul. 2017. DOI: <https://doi.org/10.22256/pubvet.v11n7.670-675>.

GOMES, A. A. B.; FERREIRA, M. E.; PIMENTEL, T. C. Pão com farinha de banana verde com casca em substituição parcial à farinha de trigo: características físicas, químicas, microbiológicas e aceitação. **International Food Research Journal**, v. 23, p. 2214–2222, 2016.

GOMES, Ana Karolyne Alves; MORAES, Rafael de Oliveira; SILVA, Maria Cláudia da. **O consumo das fibras no tratamento da obesidade**. 2020. 18 f. Trabalho de Conclusão de

Curso (Graduação em Nutrição) – Centro Universitário de Brasília – Uniceub, Brasília, 2020.

GOMES, F. P. et al. Comparação de jambu em pó e fresco (*Acmella oleracea*). **Heliyon**, [S. l.], v. 6, n. 11, nov. 2020.

GU, M. et al. Efeitos de uma peptidase comercial em reologia, microestrutura, propriedades do glúten da massa de trigo e qualidade do pão. **LWT – Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 160, p. 113-119, 2022.

HEBERLE, T.; ÁVILA, B. P.; NASCIMENTO, L. A.; GULARTE, M. A. Percepção do consumidor de pães elaborados com farinha de arroz germinado e suas propriedades nutricionais e tecnológicas. **Pesquisa Alimentar Aplicada**, v. 2, p. 142-148, 2022.

HOYOS-LEYVA, J. D. et al. Caracterização da farinha e amido de cultivares aróides cultivadas no México. **Starch/Stärke**, v. 69, p. 160-170, 2017.

IAL – INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. Coord. ODAIR ZENEBON, N. S. PASCUET, P. TIGLEA. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p.

JACKIX, E. A. Propriedades funcionais de vegetais e efeitos da folha de taioba (*Xanthosoma sagittifolium*) na saúde. **Revista Brasileira de Nutrição Funcional**, n. 64, p. 31-38, 2015.

JACKIX, E. A.; MONTEIRO, E. B.; RAPOSO, H. F.; AMAYA-FARFÁN, J. Propriedades redutoras do colesterol e de ligação aos ácidos biliares da folha de taioba (*Xanthosoma sagittifolium*) em ratos alimentados com uma dieta rica em gordura. **Food Research International**, v. 51, p. 886-891, 2013.

JACKIX, Elisa de Almeida. **Taioba (*Xanthosoma sagittifolium*): composição química e avaliação das propriedades funcionais in vivo = Taioba (*Xanthosoma sagittifolium*): chemical composition and evaluation of its functional properties in vivo**. 2013. 90 f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas, SP. Acesso em: 28 jun. 2021.

JUNEJO, S. A. et al. Efeitos do pó de espinafre nas propriedades físico-químicas e antioxidantes do pão de trigo duro. **LWT – Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 150, p. 58-66, 2021.

KHATIB, M. et al. Perfil fenólico de uma violeta de Parma revelado por imagens químicas e de fluorescência. **AoB Plants**, v. 13, p. 41-50, 2021.

KINUPP, V. F.; LORENZI, H. **Plantas alimentícias não convencionais (PANC) no Brasil: guia de identificação, aspectos nutricionais e receitas ilustradas**. Nova Odessa, SP:

Instituto Plantarum, 2014.

LI, W.; DOBRASZCYK, B. J.; WILDE, P. J. Propriedades de superfície e localização de proteínas e lipídios do glúten reveladas por microscopia confocal de varredura a laser em massa de pão. **Journal of Cereal Science**, v. 39, p. 403-411, 2004.

LIBERATO, P. S.; TRAVASSOS, D. V.; SILVA, G. M. B. da. PANCs – plantas alimentícias não convencionais e seus benefícios nutricionais. **Environmental Smoke**, [S. l.], v. 2, n. 2, p. 102-111, jul. 2019. DOI: 10.32435/envsmoke.201922102-111. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.32435/envsmoke.201922102-111>. Acesso em: 24 ago. 2021.

MARTÍNEZ, M. M.; ROMÁN, L.; GÓMEZ, M. Implicações da depleção da hidratação na digestibilidade in vitro do amido do miolo e da crosta do pão branco. **Food Chemistry**, v. 239, p. 295-303, 2018.

MAURO, A. K. et al. Caracterização física, química e sensorial de cookies confeccionados com farinha de talo de couve (FTC) e farinha de talo de espinafre (FTE) ricas em fibra alimentar. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 3, p. 719-728, set. 2010. DOI: 10.1590/S0101-20612010000300024. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-20612010000300024&script=sci\\_arttext&tlng=pt](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-20612010000300024&script=sci_arttext&tlng=pt). Acesso em: 28 jun. 2021.

MELO, M. M. et al. **Intoxicação experimental com extratos de *Mascagnia rigida* (Malpighiaceae) em camundongos**. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v. 60, n. 3, p. 631-640, jun. 2008. DOI: 10.1590/S0102-09352008000300017.

MEYER, B. N. et al. Artemia: um bioensaio geral conveniente para constituintes vegetais ativos. **Planta Medica**, v. 45, p. 31-34, 1982.

MONDAL, A.; DATTA, A. K. Panificação – uma revisão. *Journal of Food Engineering*, v. 86, p. 465-474, 2008.

MONTEIRO, F. **Diferentes proporções de fibra insolúvel e solúvel de grãos de aveia sobre a resposta biológica de ratos**. 2009. 54 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

MORAES NETO, S. L. de. **Desenvolvimento e caracterização de pães tipo forma adicionados de farinha de folhas de *Moringa oleifera* Lam**. 2021. 71 f. Dissertação (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021.

NAVARRO, D. **Estudo químico, biológico e farmacológico das espécies de *Allamanda blanchettii* e *Allamanda schottii* e emissão de alertas bioativas de potencial terapêutico**. 2005. 37 f. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal de Santa Catarina,

Florianópolis, 2005.

NETO, V. O. B. **Análise in vitro do grau de toxicidade do extrato etanólico de *Azadirachta indica* A. Juss em *Artemia salina* e em larvas infectantes de *Haemonchus contortus***, 2013. Disponível em: [link não informado]. Acesso em: 01 jun. 2018.

OLIVEIRA, D. R. de; ANDRADE, A. P. C. de. Elaboration of yacon bread. **Research, Society and Development**, [S.l.], v. 9, n. 8, p. e230985481, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i8.5481. Disponível em: <https://www.rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/5481>. Acesso em: 24 jan. 2022.

ORRES, T. M. S. et al. Compostos fenólicos recuperados de folhas de ora-pro-nóbis por extração assistida por micro-ondas. **Biocatálise e Biotecnologia Agrícola**, [S.l.], v. 39, jan. 2022.

PCKKIA-DOSS, P. O.; CHEVALLIER, S.; PARE, A.; LE-BAIL, A. Efeito da suplementação de farelo de trigo na aeração da massa e no volume final do pão. **Revista de Engenharia de Alimentos**, 2019, p. 28-35.

PEREIRA, S. C. T. **Estudo fitoquímico e bioensaio toxicológico frente às larvas de *Artemia salina* Leach do extrato das folhas de *Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott (Taioba)**. 2019. 36 f. TCC (Graduação) – Curso de Química, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Anápolis, 2019.

PERESSINI, D.; SENSIDONI, A. Effect of soluble dietary fibre addition on rheological and breadmaking properties of wheat doughs. **Journal of Cereal Science**, [S.l.], v. 49, p. 190-201, jun. 2009.

PERUMAL, N. et al. Atividade antidiabética sinérgica de combinação de *Taraxacum officinale* (L.) Weber ex FHWigg e *Momordica charantia* L. polyherbal. **Biomedicina e Farmacoterapia**, [S.l.], v. 145, jan. 2022.

PINTO, N. A. V. D.; CARVALHO, V. D.; CORRÊA, A. D.; RIOS, A. O. Avaliação de fatores antinutricionais das folhas de taioba (*Xanthosoma sagittifolium* Schott). **Ciência e Agroecologia**, 2001, v. 25, p. 601-604.

PINTO, N. A. V. D. et al. Variabilidade da composição centesimal, vitamina C, ferro e cálcio de partes da folha de taioba (*Xanthosoma sagittifolium* Schott). **Revista Brasileira de Agrociência**, Lavras, v. 3, n. 7, p. 205-208, set. 2001.

POLESI, R. G. et al. Agrobiodiversidade e segurança alimentar no Vale do Taquari, RS: plantas alimentícias não convencionais e frutas nativas. **Revista Científica Rural**, Bagé, v. 19, n. 2, p. 118-135, ago. 2017. Acesso em: 24 ago. 2021.

RAMANATHA, R. V.; MATTHEWS, P. J.; EYAGUIRRE, P. B.; HUNDER, D. A diversidade global do taro: etnobotânica e conservação. **Biodiversidade Internacional**, 2010, p. 48-55.

- REGINA-CANESIN, M.; BETIM-CAZARIN, C. B. Qualidade nutricional e bioacessibilidade de nutrientes em pães de fermentação natural. **Opinião Atual em Ciência de Alimentos**, [S.l.], v. 40, p. 81-86, fev. 2021.
- RUFINO, M. S. M. et al. Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS+. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2007. 4 p. (Embrapa Agroindústria Tropical, Comunicado Técnico, 128).
- SAADI, A.; LEMPEREUR, I.; SHARONOV, S.; AUTRAN, J. C.; MANFAIT, M. Distribuição espacial de materiais fenólicos em grãos de trigo duro conforme sondados por imagens espectrais de fluorescência confocal. **Jornal da Ciência do Cereal**, 1998, v. 28, p. 107-114.
- SAFA-DEDEH, S.; AGYR-SACKEY, E. K. Composição química e o efeito do processamento no teor de oxalato de cocoyam *Xanthosoma sagittifolium* e *Colocasia esculenta* cornels. **Food Chemistry**, 2004, v. 85, p. 479-487.
- SCHMOURLO, G.; MENDONÇA-FILHO, R. R.; ALVIANO, C. S.; COSTA, S. S. Triagem de agentes antifúngicos utilizando precipitação com etanol e bioautografia de plantas medicinais e alimentícias. **Journal of Ethnopharmacology**, 2005, v. 96, p. 563-568.
- SCHUCHARDT, J. P.; WONIK, J.; BINDRICH, U.; HEINEMANN, H. K.; SCHNEIDER, I.; MOLLER, K. Glycemic index and microstructure analysis of a newly developed fiber enriched cookie. **Food and Function**, 2016, v. 7, p. 464-474.
- SILVA, A. D. B. B. et al. Avaliação do consumo alimentar de praticantes de musculação segundo índice glicêmico dos alimentos: uma revisão bibliográfica. **Brazilian Journal of Health Review**, Curitiba, v. 4, n. 4, p. 18116-18132, ago. 2021.
- SILVA, N. da et al. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água**. 4. ed. São Paulo: Varela, 2010. xxiii, 624 p.
- SIQUEIRA, J. M. et al. Estudo fitoquímico de *Unonopsis lindmanii* (Annonaceae), biomonitorado pelo ensaio de toxicidade sobre a *Artemia salina* Leach. **Química Nova**, 1998, v. 21, n. 5, p. 557-559.
- SOUSA, D. J. M. et al. Influência do índice glicêmico dos alimentos sobre a concentração de marcadores pró-inflamatórios. **Arch Health Invest**, 2020, v. 1, n. 9, p. 106-109.
- STREISINGER, G. **Um guia para o uso em laboratório de Zebrafish Danio (Brachydanio) Rerio**. 5. ed. Oregon, 2007.
- SVIHUS, A.; HERVIK, A. K. Digestion and metabolic fates of starch, and its relation to major nutrition-related health problems: a review. **Starch/Stärke**, 2016, v. 68, p. 302-313.
- USDA. Central de dados de alimentos. Disponível em: <https://fdc.nal.usda.gov>. Acesso em: 01 nov. 2022.
- WANG, X. Y.; GUO, X. N.; ZHU, K. X. Polimerização do glúten de trigo e as alterações do

macropolímero de glutenina (GMP) durante a produção de pão chinês cozido no vapor. *Química de Alimentos*, 2016, v. 201, p. 275-283.

XIN, T.; TANG, S.; SU, T.; HUANG, Z.; HUANG, F.; HANG, R.; DONG, L.; DENG, M.; SHEN, Y.; SU, D. Impacto de substituição da farinha de trigo por subprodutos do suco de lichia nas características de qualidade e microestrutura do pão. *LWT – Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 2022, v. 165, p. 696-704.

ZAGO, D. C. Adição do óleo essencial de *Aloysia triphylla* em dieta para zebrafish. 2014. 42 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

ZAMBELLI, R. A.; GALVÃO, A. M. T.; PINTO, L. I. F.; SANTOS, G. B. M.; SILVA, A. C.; MELO, C. A. L.; MENDONÇA, L. G. Efeito de pós vegetais na qualidade de pães elaborados com massa congelada. *Jornal Internacional de Nutrição e Ciências Alimentares*, 2017, v. 6, p. 1-8.

ZAMBELLI, R. A.; MENDONÇA, L. G.; CARNEIRO, S. V.; RODRIGUES, B. G. Efeito do açaí em pó e incorporação de quitosana na qualidade do pão. *Revista Internacional de Engenharia de Alimentos*, 2017, v. 3, p. 89-95.

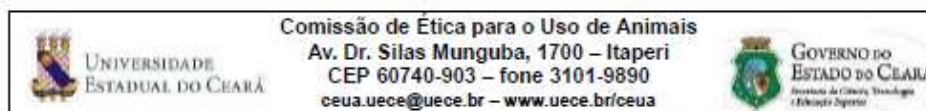
ZAMBELLI, R. A.; PINTO, L. I. F.; SANTOS JUNIOR, E. C.; VIANA, A. C. L.; GOIÂNIA, M. L.; MENDONÇA, L. G.; RODRIGUES, B. G. Efeito do gergelim preto (*Sesamum indicum*) e da farinha de linhaça (*Linum usitatissimum*) na qualidade do pão usando resposta de superfície. *Diário de Gerenciamento de Engenharia e Processamento*, 2019, v. 10, p. 32-40.

ZAMBELLI, R. A.; PONTES, B. C. V.; PONTES, E. R.; SILVA, M. L.; JUNIOR, E. C. S.; PINTO, L. I. F.; MELO, C. A. L.; FARIAS, M. M.; DA COSTA, C. S.; DA SILVA, A. C. Brócolis e cenoura: caracterização e aplicação de resíduos sólidos industriais na matriz alimentar do pão. *Jornal Internacional de Nutrição e Ciências Alimentares*, 2017, v. 6, p. 9-15.

MEZIANI, S.; JASNIEWSKI, J.; RIBOTTA, P. D.; ARAB-TEHRANY, E.; GHOUL, J. M. M.; DESOBRY, S. Influence of yeast and frozen storage on rheological, structural and microbial quality of frozen sweet dough. *Journal of Food Engineering*, 2012, n. 109, p. 538-544.

ZIRC. **Artemia Decapsulation**, 2019. Disponível em:  
[http://www.zebrafish.org/documents/protocols/pdf/Fish\\_Feeding/Live\\_Food/Artemia/Artemia\\_Decapsulation.pdf](http://www.zebrafish.org/documents/protocols/pdf/Fish_Feeding/Live_Food/Artemia/Artemia_Decapsulation.pdf).

## ANEXO A – COMITÊ DE ÉTICA



## CERTIFICADO

Certificamos que o Projeto intitulado “Desenvolvimento e caracterização de pães adicionados de farinha da folha de taioba (*Xanthosoma sagittifolium*)”, registrado sob o número 10554505/2022, tendo como pesquisador principal **Maria Izabel Florindo Guedes**, está de acordo com os Princípios Éticos de Experimentação Animal adotados pela **Comissão de Ética para o Uso de Animais da Universidade Estadual do Ceará (CEUA – UECE)**. Este certificado expira-se em 31 de Dezembro de 2024.

## CERTIFICATE

We hereby certify that the Project entitled “Development and characterization of breads added with taioba leaf flour (*Xanthosoma sagittifolium*)” registered with the protocol 10554505/2022, under the supervision of **Maria Izabel Florindo Guedes**, is in agreement with Ethical Principles in Animal Experimentation, adopted by the **Ethics Committee in Animal Experimentation of Ceará State University (CEUA – UECE)**. This certificate will expire on December 31<sup>st</sup>, 2024.

## RESUMO

<b>Vigência do projeto</b>	Início	11/11/2022	Fim	31/12/2024
<b>Espécie/Linhagem</b>	<i>Mus musculus</i> – Swiss (50 animais feminino) Peso variado, idade 4-5 semanas <i>Danio rerio</i> – peixe paulistinha ou <i>zebrafish</i> (500 animais fem. / mas.) – idade: variada, peso: cerca de 0,5 a 1 grama			
<b>Número de animais</b>		Peso	variado	Idade
<b>Sexo</b>	X	Feminino	X	Masculino
<b>Origem</b>	Biotério do Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento de Medicamentos (NPDM), da Universidade Federal do Ceará (UFC) / Revendedor de peixe certificado			
<b>Metodologia</b>	X	Adequada		Não adequada
<b>Cronograma</b>	X	Adequado		Ausente/ Não adequado
<b>Ofício de encaminhamento</b>	X	Presente		Ausente/ Não adequado
<b>Orçamento</b>	X	Adequado		Ausente/ Não adequado
<b>Financiamento</b>	Orgão de fomento		CNPq	
	Edital ou N. processo		-	

Fortaleza, 10 de Novembro de 2022.

Vania Marilande Ceccatto  
Presidente CEUA-UECE