



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA  
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS



AMANDA FONSECA BRANDÃO

**DESENVOLVIMENTO DE TINTA PROTEICA A PARTIR DE ALGINATO DE  
SÓDIO E COADJUVANTES PARA IMPRESSÃO 3D DE ALIMENTOS**

Patos de Minas - MG

2023

AMANDA FONSECA BRANDÃO

**DESENVOLVIMENTO DE TINTA PROTEICA A PARTIR DE ALGINATO DE  
SÓDIO E COADJUVANTES PARA IMPRESSÃO 3D DE ALIMENTOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Química da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Alimentos.

Orientador (a): Dr<sup>a</sup>. Vivian Consuelo  
Reolon Schmidt

Coorientador: Dr. Andrés Vercik

Patos de Minas - MG

2023



## UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Faculdade de Engenharia Química

Av. João Naves de Ávila, 2121, Bloco 1K - Bairro Santa Mônica, Uberlândia-MG, CEP 38400-902  
Telefone: (34) 3239-4285 - secdireq@feq.ufu.br - www.feq.ufu.br



### HOMOLOGAÇÃO Nº 105

AMANDA FONSECA BRANDÃO

**Desenvolvimento de tinta proteica a partir de alginato de sódio e coadjuvantes para impressão 3D de alimentos**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado nesta data para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) - *campus* Patos de Minas (MG) pela banca examinadora constituída por:

**Prof.ª Dr.ª Vivian Consuelo Reolon Schmidt**  
Orientadora - FAMED/UFU

**Prof. Dr. Andrés Vercik**  
Coorientador - USP

**Prof.ª Dr.ª Eliana Cristina da Silva Rigo**  
USP

**Prof.ª Dr.ª Marieli de Lima**  
FEQUI/UFU

Patos de Minas, 15 de dezembro de 2023.



Documento assinado eletronicamente por **Vivian Consuelo Reolon Schmidt, Professor(a) do Magistério Superior**, em 15/12/2023, às 14:22, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Andrés Vercik, Usuário Externo**, em 15/12/2023, às 17:46, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Eliana Cristina da Silva Rigo, Usuário Externo**, em 18/12/2023, às 14:19, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Marieli de Lima, Professor(a) do Magistério Superior**, em 18/12/2023, às 15:35, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://www.sei.ufu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **4975598** e o código CRC **D1518873**.

AMANDA FONSECA BRANDÃO

**DESENVOLVIMENTO DE TINTA PROTEICA A PARTIR DE ALGINATO DE SÓDIO E COADJUVANTES PARA IMPRESSÃO 3D DE ALIMENTOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Química da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Alimentos.

Orientador (a): Dr<sup>a</sup>. Vivian Consuelo Reolon Schmidt

Coorientador: Dr. Andrés Vercik

Patos de Minas, 15 de Dezembro de 2023.

Banca Examinadora:

---

Dr<sup>a</sup>. Vivian Consuelo Reolon Schmidt – Orientadora (UFU)

---

Dr. Andrés Vercik – Coorientador (USP)

---

Dr<sup>a</sup>. Eliana Cristina da Silva Rigo – Examinadora (USP)

---

Dr<sup>a</sup>. Marieli de Lima – Examinadora (UFU)

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU  
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

B817 2024	<p>Brandão, Amanda Fonseca, 1995- Desenvolvimento de tinta proteica a partir de alginato de sódio e coadjuvantes para impressão 3D de alimentos [recurso eletrônico] / Amanda Fonseca Brandão. - 2024.</p> <p>Orientadora: Vivian Schmidt. Coorientador: Andrés Vercik. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Uberlândia, Graduação em Engenharia de Alimentos. Modo de acesso: Internet. Inclui bibliografia.</p> <p>1. Alimentos - Indústria. I. Schmidt, Vivian, 1980-, (Orient.). II. Vercik, Andrés, 1968-, (Coorient.). III. Universidade Federal de Uberlândia. Graduação em Engenharia de Alimentos. IV. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDU: 664</p>
--------------	--

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:

Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091  
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais e minha irmã que sempre me incentivaram e apoiaram em todas as áreas e decisões da minha vida. Ao meu irmão, por estar ao meu lado e por me fazer ter confiança e sempre me ajudar na parte acadêmica.

A todos os professores que contribuíram com a minha formação acadêmica e profissional durante a minha vida estudantil.

A minha orientadora Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Vivian Schmidt, pela sua dedicação e paciência durante o projeto, seus conhecimentos fizeram grande diferença no resultado final deste e dos outros trabalhos durante esses anos.

Ao Prof. Dr Andrés Vercik pela a oportunidade e ter aceitado ser meu coorientador e a Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>a</sup> Eliana Rigo, que me recepcionaram tão bem na USP de Pirassununga na FZEA em seus laboratórios e terem me ajudado, ensinado e contribuído neste projeto.

E finalmente aos meus amigos que fiz durante a faculdade e aqueles que me apoiaram de longe nesta minha trajetória.

## RESUMO

O mercado de produtos *plant-based* vem crescendo e com isso a procura análoga à carne vem sendo estudada nos últimos anos, tem-se a atenção de procurar opções e formas para a substituição deste alimento, sobretudo para pessoas que necessitam de uma dieta específica e/ou restritiva com problemas atrelados à saúde ou quem busca opções para alimentos de origem animal. Opções como alimentos sendo de origem vegetal com alto teor de proteínas e outros nutrientes, ou leguminosas, os próprios *plant-based* e atualmente a impressão 3D, esta passa a ser uma realidade nos setores alimentícios podendo ser usada para melhorar o apelo nutricional e sensorial. Entre os materiais para esta finalidade, encontram-se o alginato de sódio e gelatina, que são compostos baratos e biocompatíveis para a reticulação rápida e muito utilizados na engenharia de tecidos. Além disso, a espirulina, derivada de algas marinhas, rica em proteínas, vitaminas e antioxidantes e farinha de grão de bico, abundante em proteínas, potássio e magnésio, são formadores da tinta da geração do alimento a ser impresso. O objetivo deste trabalho visa o desenvolvimento de um hidrogel a partir alginato de sódio e componentes como a gelatina, cloreto de sódio, espirulina e farinha de grão de bico, seguido de sua caracterização reológica e físico-química. Para analisar sua eficiência, foram realizadas análises físico-químicas como pH, umidade, proteínas. O teste de pH realizado por leitura direta no hidrogel e na tinta, sendo estes 6,5 e 6,6. Amostras foram levadas ao dessecador por 72 horas, pesadas em balança analítica, e adicionou-se água para saber o tempo que elas levariam para voltar a suas propriedades originais, cujo tempo foi de 40 minutos. A análise de umidade resultou em  $81,26 \pm 0,025\%$ . Logo, conclui-se que nas análises realizadas para o desenvolvimento da tinta, utilizando o alginato de sódio com o cloreto de sódio adicionado na gelatina apresentou ser um diferencial na estruturação do hidrogel. Adição de espirulina e farinha de grão de bico mostraram que a matriz da tinta comporta macronutrientes, além de agregar um valor nutricional ao produto.

**Palavras-chave:** Alginato de sódio, impressão 3D, hidrogel, tinta, espirulina, farinha de grão de bico.



## ABSTRACT

The market for *plant-based* products has been growing and with this the demand similar to meat has been studied in recent years, attention has been paid to looking for options and ways to replace this food, especially for people who need a specific diet and /or restrictive with health problems or those looking for options for foods of animal origin. Options such as foods being of plant origin with a high content of proteins and other nutrients, or legumes, *plant-based* foods themselves and currently 3D printing, this is becoming a reality in the food sectors and can be used to improve nutritional and sensorial appeal. Among the materials for this purpose are sodium alginate and gelatin, which are cheap and biocompatible compounds for rapid cross-linking and widely used in tissue engineering. Furthermore, spirulina, derived from seaweed, rich in proteins, vitamins and antioxidants, and chickpea flour, abundant in proteins, potassium and magnesium, form the ink used to generate the food to be printed. The objective of this work is to develop a hydrogel from sodium alginate and components such as gelatin, sodium chloride, spirulina and chickpea flour, followed by its rheological and physicochemical characterization. To analyze its efficiency, physical-chemical analyzes were carried out such as pH, humidity, proteins. The pH test is carried out by direct reading on the hydrogel and ink, these being 6.5 and 6.6. Samples were taken to the desiccator for 72 hours, weighed on an analytical balance, and water was added to find out how long it would take them to return to their original properties, which took 40 minutes. Moisture analysis resulted in  $81.26 \pm 0.025\%$ . Therefore, it is concluded that in the analyzes carried out for the development of the paint, using sodium alginate with sodium chloride added to the gelatin proved to be a difference in the structuring of the hydrogel. The addition of spirulina and chickpea flour showed that the paint matrix contains macronutrients, in addition to adding nutritional value to the product.

**Keywords:** sodium alginate, 3D printing, hydrogel, ink, spirulina, chickpea flour.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Bioimpressão de um alimento simulando um pedaço de carne, com gordura, sangue e músculo.....	16
Figura 2 - Estrutura molecular do alginato de sódio.....	17
Figura 3 - Solução de hidrogel sob agitação.....	19
Figura 4 - Tinta com corante vermelho.....	20
Figura 5 - Reticulação do hidrogel.....	21
Figura 6 - Medidor de pH (Phmetro).....	22
Figura 7 - Tinta em placas Pertri no dessecador.....	22
Figura 8 - Amostras no digestor de proteínas.....	24
Figura 9 - Processo de destilação.....	24
Figura 10 - Titulação das amostras.....	25
Figura 11 – Produto impresso.....	27
Gráfico 1 - Perda de umidade das amostras no intervalo de 15 minutos.....	29
Gráfico 2 - Perda de umidade das amostras no intervalo de 30 minutos.....	30

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Média e desvio padrão das análises de umidade.....	23
Tabela 2 - Composição centesimal da espirulina, grão de bico e gelatina.....	25
Tabela 3 - Composição centesimal de carne bovina cozida.....	26
Tabela 4 - pH das soluções.....	27
Tabela 5 - Perda de umidade no dessecador.....	28
Tabela 6 - Perda de umidade ao decorrer de 1 hora e meia.....	28
Tabela 7 - Perda de umidade ao decorrer de 2 horas.....	29
Tabela 8 - Quantidade de proteínas presentes nas amostras.....	31

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	11
1.1 OBJETIVO GERAL	13
1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO	13
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	13
2.1 CAMPO DE APLICAÇÃO DA BIOIMPRESSÃO	13
2.2 BIOIMPRESSÃO APLICADA EM ALIMENTOS	15
2.3 CONTRIBUIÇÃO DOS INGREDIENTES PARA O HIDROGEL	18
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b>	18
3.1 PREPARO DO HIDROGEL	18
3.1.1 Materiais	18
3.1.2 Procedimento experimental	18
3.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS	21
3.2.1 Análise de Ph	21
3.2.2 Análise de umidade	22
3.2.3 Análise de proteínas	23
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	26
4.1 PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS	26
4.1.1 Análise de Ph	27
4.1.2 Análise de umidade	27
4.1.3 Análise de proteínas	30
<b>5 CONCLUSÃO</b>	31
<b>6 REFERÊNCIAS</b>	31

## 1 INTRODUÇÃO

No Brasil, o consumo de alimentos de origem animal faz parte de uma dieta balanceada na maioria das famílias, onde de acordo com uma pesquisa da Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA), em 2021, a população brasileira consumiu cerca de 96% de ovos, 94% de carne de frango, 80% de carne suína, 79% de carne bovina e 65% de peixe. Segundo a revista do CREA – RJ (2022) e a APEC (Associação de Pesquisadores em Economia Catarinense) (2022), após a pandemia da COVID-19 houve um aumento nos preços no mercado alimentício, devido à perturbação das cadeias de produção e, sobretudo, à crise climática e ambiental, que prejudicou a produção de alimentos devido à secas, inundações, erosão e acidificação do solo, da água, entre outros fatores. De acordo com o IPC (Índice de Preços ao Consumidor), o poder de compra dos brasileiros caiu 21% nos últimos três anos, segundo pesquisa do Dieese (Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos) uma comparação dos valores dos principais itens da cesta básica entre fevereiro de 2019 e fevereiro de 2022 mostrou que as seguintes commodities apresentaram as maiores altas acumuladas, sendo eles o óleo (153,45%), café (88,26%), açúcar (78,72%) e a carne bovina (74,98%), o que afetou os consumidores nas compras de alimentos básicos, e com isso a procura de alternativas para manter a qualidade da alimentação.

Sendo uma delas, o desenvolvimento de alimentos de origem vegetal, atualmente conhecidas como *plant-based*, aparecem como uma proposta de diminuir o consumo da carne e aumentar as opções de produtos no mercado para vegetarianos, veganos e até mesmo para aqueles que dispõem de alguma doença crônica. (GEPEA, 2023). Os alimentos *plant-based*, utilizam uma tecnologia para transformar os vegetais em produtos que se assemelham tanto sensorialmente como nutricionalmente aos alimentos de origem animal. À medida que a gama de produtos cresce e expande, o consumidor espera uma queda de preços, que é atualmente o obstáculo mais importante a ultrapassar. Acredita-se que com o surgimento de novos ingredientes na cadeia produtiva e a introdução de novas tecnologias, os produtos de base vegetal competirão com produtos similares à base de proteínas animais nos próximos anos (EMBRAPA, 2021).

Segundo a Embrapa e a Empresa Brasil de Comunicação (ECB), mais de 80% da população procura uma alimentação mais saudável, consumindo produtos mais frescos e ricos nutricionalmente, tal qual oito a cada dez pessoas afirmam que se esforçam para

alimentar-se melhor e que 71% apontam que preferem estes produtos, mesmo que tenham que pagar mais caro por eles. Dito isso, se por um lado, há a busca por alimentos mais saudáveis e aspectos exclusivos, por outro lado, o crescimento da obesidade e da desnutrição caracteriza uma crise nutricional, com isso a alimentação esta vinculado diretamente a diversos tipos de doenças, como obesidade, hipertensão, diabetes e doenças crônicas não transmissíveis (DCNTs).

O crescente desenvolvimento de doenças cardiovasculares (DCV) nos últimos 10 anos originou uma busca para sua evolução e prevenção destas, a mudança de hábitos alimentares e a prática de atividade física são modificações do estilo de vida que podem melhorar de forma significativa estas pessoas que têm ou sofrem das DCNTs. A *American Heart Association* destaca a ingestão de alimentos como vegetais, frutas e grãos integrais, salientando a importância das fibras alimentares, antioxidantes e outras substâncias na prevenção e controle das DNCTs, a nutrição adequada pode alterar a ocorrência e a gravidade destes, já que há populações com diferentes dietas restritivas (RIQUE et al., 2002).

Assim, no que diz respeito à saúde e nutrição, estão surgindo novas tecnologias para produção e formulação de alimentos nutritivos e novas variações mais saudáveis, considerando as atenções ambientais e mudanças climáticas. Uma dessas tecnologias é a impressão 3D, que tem o potencial de produzir alimentos personalizados em escala domiciliar (LEE, 2021).

A impressão em três dimensões surgiu em meados de 1980 por Chuck Hull, utilizando a estereolitografia (SLA, do inglês: *stereolithography*). Este método consistia na fabricação de um objeto a partir de uma resina líquida que solidificava sob o efeito de uma luz ultravioleta (LOPES, 2016). Mas há alguns tipos de impressoras 3D, que sua escolha irá depender do propósito do experimento, podendo ser de extrusão, impressão de laser, estereolitografia ou bioimpressão baseada em um jato de tinta. Com o avanço dos experimentos em bioimpressão, foram se desenvolvendo técnicas e extensas aplicações para este equipamento, devido às modificações nas impressoras e as necessidades para uso específico das áreas da engenharia e bioengenharia (LOPES, 2016).

No setor alimentício em nível laboratorial a impressão 3D consiste na extrusão e injeção deste material, onde se imprime camada em cima de camada até formar o alimento desejado. Para isso o sucesso deste método depende da escolha de um material compatível para o desenvolvimento da tinta (TENG, 2021).

A tecnologia de três dimensões na impressão de alimentos pode processar e produzir diferentes produtos, podendo controlar o tipo e a quantidade de ingredientes, além das características nutricionais e sensoriais dos alimentos, permitindo uma produção personalizada, juntamente com o desenvolvimento de biotintas adequadas para o processo de impressão (LEE, 2021).

### **1.1 Objetivo geral**

Consiste no desenvolvimento de um hidrogel que será a matriz do produto, a partir dos componentes alginato de sódio e gelatina, que são biocompatíveis com capacidade de impressão e comestíveis. E para agregar valor nutricional e sensorial ao produto, próximo a carne, adicionou-se a espirulina (derivada de algas marinhas) e farinha de grão de bico (abundante em proteínas), formando a tinta na geração do alimento a ser impresso.

### **1.2 Objetivo específico**

- Desenvolver uma matriz de hidrogel com alginato de sódio e gelatina possível a ser utilizado com tinta;
- Estudar núcleos possíveis de ser adicionada a matriz desenvolvida;
- Caracterização do produto obtido conforme a printabilidade do material.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Campo de aplicação da bioimpressão**

No início dos anos 80, começaram as técnicas e desenvolvimento das impressoras 3D, utilizando modelos e protótipos conhecidos também como prototipagem rápida (RP, do inglês: *Rapid Prototyping*). Este equipamento consiste no modelo tridimensional a partir de um software que vai construindo sucessivas camadas de um material. Contudo não se pode dizer que este método inovador é uma manufatura aditiva, pois se refere à produção de novos protótipos mais complexos a um nível industrial com diversas áreas de processos, podendo ainda, utilizar diferentes materiais na composição do produto impresso desenhados em software CAD. A semelhança entre a impressão 3D e tecnologia aditiva é na forma da injeção (LOPES, 2016). Com o tempo, a tecnologia da impressão 3D foi difundindo para vários setores desde a

medicina à construção civil, e também abrange em várias aplicações de outros campos da engenharia (SILVA et al., 2019).

As impressões 3D aplicadas na construção civil, são utilizadas na formação de paredes, por exemplo, onde o concreto é o material extrusado e usado na estruturação de casas e prédios. Na utilização pela indústria automobilística tem a possibilidade de construção de peças específicas (SILVA et al., 2019). No setor das áreas médicas, encontram-se novas abordagens terapêuticas na impressão de tecidos vivos, como válvulas, mini órgãos, cartilagem, próteses, implantes e transplantes para animais e humanos (MATOZINHOS et al., 2017).

A impressão 3D está presente também no campo da moda, nos vestuários e acessórios, e no aperfeiçoamento de calçados esportivos para atletas, visando o aumento na performance (LOPES, 2016). Segundo Lopes (2016) as possibilidades na utilização desta tecnologia estão só aumentando com o desenvolvimento tecnológico e na redução de custos logísticos, assim como na agilidade e personalização dos produtos.

A engenharia de tecidos é um campo emergente que faz parte da ciência dos materiais juntamente com a biologia celular. O material escolhido pode ser um fluido ou pó, para facilitar a preparação da solução para a biotinta, mantendo a integridade e estabilidade da impressão. Segundo Oliveira et al. (2017) o biomaterial que está sendo muito estudado na área médica, são as células-tronco, que possuem grande potencial de auto renovação, podendo ser estimuladas para formar vários tipos de células funcionais.

Outro exemplo obtida pela impressão 3D, é um pedaço de pele impresso tridimensionalmente a partir de diferentes tipos de células humanas cultivadas *in vitro* ou células epidérmicas incorporadas em uma única etapa. Neste caso a biotinta é composta por células vivas em suspensão líquida e preparadas em cartuchos, sendo expelidas por fluxo contínuo. Esta substância pode conter diferentes tipos de células humanas: fibroblastos, queratinócitos e melanócitos que compõem a epiderme (BOLGIANI e HERMIDA, 2020).

Esta técnica busca a formação de alguns tipos celulares na construção de órgãos e tecidos complexos como rins, pulmão, coração, fígado, estruturas ósseas e cartilaginosas. Assim como no desenvolvimento de técnicas que poderão ser utilizadas na área de implantes, preparação pré-operatória, podendo ser específica para cada paciente com o menor risco de rejeição (OLIVEIRA et al., 2017).

Ao procurar materiais pseudoplásticos e que sejam semelhantes aos tecidos nativos, favorecendo o crescimento e a proliferação celular, os hidrogéis têm sido extremamente



explorados. Os hidrogéis podem ser definidos como materiais poliméricos que apresentam cadeias tridimensionais, reticulados por ligações covalentes ou mantidos por interações físicas intra e intermoleculares, sendo altamente hidrofílicos, apresentam alta capacidade de absorverem grandes quantidades de água ou fluidos biológicos, enrijecendo e mantendo suas cadeias (Santo et al., 2022).

Dentre os hidrogéis utilizados para a bioimpressão, o alginato é um dos biomateriais amplamente explorados, em vários campos da engenharia tecidual, devido a sua capacidade de formação de matriz, pode ser facilmente fabricado como estrutura tridimensional ao usar um sistema de reticulação com íons bivalentes, como os íons de cálcio, o que facilita o processo de bioimpressão. Ainda, como vantagem a aplicações biomédicas, hidrogéis de alginato possibilitam boa adesão celular. O alginato de cálcio, por exemplo, já utilizado na medicina, como curativo de feridas. Isto porque o cálcio do alginato faz uma troca iônica com o sódio do sangue e do exsudato, formando o gel que mantém a umidade, a granulação e protege o ferimento (MORAES et al., 2020).

Além disso, no campo da bioimpressão, o alginato tem sido aplicado em conjunto com outros materiais que apresentam dificuldade em formar géis de alta viscosidade, agregando propriedades desejáveis para a impressão 3D, como a estruturação da matriz após o processo. (Santo et al., 2022)

## **2.2 Bioimpressão aplicada em alimentos**

Com os avanços da bioimpressão 3D, técnicas são estudadas para se imprimir alimentos, possibilitando a fabricação destes com formas, sabor, cor, textura e nutrição personalizada. Com isso, os produtos alimentícios poderão ser fabricados e projetados para atender necessidades específicas do consumidor de acordo com o biomaterial utilizado (YANG et al, 2017).

As primeiras tentativas da impressão de alimentos 3D em extrusão eram focadas em biotintas alimentares personalizáveis, visto que estas eram adotadas como “ready-to-eat” e alimentos já preparados para consumo. Existem biotintas disponíveis como chocolate, purês de vegetais, massa de biscoito e pasta de carne no mercado. Há uma variedade de biotintas imprimíveis, desenvolvidas com gel de proteína, de amido e emulsões (MA e ZHANG, 2022).

Figura 1 – Bioimpressão de um alimento simulando um pedaço de carne, com gordura, sangue e músculo.



Fonte: The Guardian, 2021.

Uma impressora tradicional recebe arquivos digitalizados e move o bico de injeção de tinta pelo os eixos x e y antes de aspergir a tinta no papel, enquanto o dispositivo de impressão 3D tem a adição do eixo z para criar o modelo tridimensional, que poderá conter duas ou mais agulhas (Figura 1), que fazem camada por camada na criação do alimento. Há estudos recentes de alimentos impressos em 4D, sendo uma extensão dos alimentos 3D. Isto é possível pela adição do eixo espaço-tempo, de acordo com as coordenadas cartesianas. Ingredientes funcionais, por exemplo, reguladores dielétricos, como sais e xaropes, corantes, sabores e compostos bioativos (MA e ZHANG, 2022).

A formação do produto é baseada por um design tridimensional (CAD) ou por um scanner 3D, aplicado à proporção entre a composição dos alimentos e os dados nutricionais na construção do alimento. É possível cada agulha injetar diferentes biomateriais para sua composição, contribuindo para a diversificação de sabores, texturas e cores, além de contribuir com maior veracidade sensorialmente ao produto final (TENG et al., 2021).

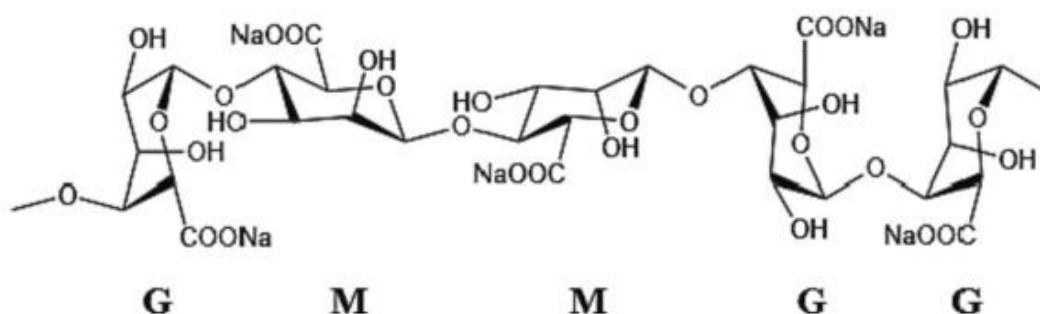
Para produção do alimento a ser impresso, a escolha da biotinta irá depender do que se pretende imprimir. Elas devem ser estabilizadas durante e após a impressão, para a construção das camadas pretendidas (GUNGOR-OZKERIM et al., 2018).

De acordo com Teng (2021), os biomateriais alimentícios que compõem a biotinta, podem ser principalmente de proteína isolada de soja, géis de amido ou hidrogéis (como gelatina, alginatos, pectina, goma xantana, carragena, goma konjac, entre outros).

A viscosidade da tinta escolhida é de extrema importância para estruturação funcional do produto final, sendo que o biomaterial ideal a ser impresso deve ter viscosidade suficiente para permitir uma extrusão controlada e uma rápida secagem após a impressão, por meio das propriedades de gelificação ou viscoelasticidade. O alginato tem destaque, pois possui duas principais propriedades, a primeira é, habilidade como espessante quando dissolvido em água, gerando um aumento na sua viscosidade, e a segunda, como é sua capacidade de reter água auxiliando na formação de gel (Santo et al., 2022).

É necessário ter cuidado com os alginatos, que devem ser armazenados em lugares frescos, de 10 a 20°C, quando for de baixo peso molecular. Na indústria alimentícia ele é muito utilizado como espessante em sorvetes, xaropes, molhos, como emulsificante em alimentos como maionese e molho para saladas. Os géis deste biomaterial podem ser usados em produtos como carne, nuggets, assados, tortas, etc (AVENDAÑO-ROMERO et al., 2013). Assim, é um material que tem incontáveis níveis de aplicação, sendo uma ótima opção para a bioimpressão 3D.

Figura 2 – Estrutura molecular do alginato de sódio.



Fonte: WEI et al., 2023.

Nos últimos anos houve um aumento de interesse pelo alginato no preparo destas biotintas. Seus benefícios incluem efeito prebiótico, redução dos níveis de açúcar e colesterol no sangue pelo baixo peso molecular e pela sua obtenção, pois é extraído das paredes celulares de algas marinhas. Muito utilizado na indústria alimentícia como emulsificante, para aumentar a viscosidade e prolongar a vida de prateleira de muitos

produtos. Ele é derivado do ácido algínico, é biocompatível e um biopolímero que juntamente com os íons de sódio tem a formação de gel (AVENDAÑO-ROMERO et al., 2013).

Além do alginato de sódio, a espirulina (*Arthrospira platensis*) também é derivada de uma alga, porém verde-azulada e é um microrganismo muito promissor e pode ser adicionada à impressão 3D, de acordo com Rogatto et al. (2004) por conter alto teor protéico, sendo 65 a 70% de seu peso seco e abundante em vitaminas e minerais como potássio, magnésio e cálcio, é biocompatível com o biopolímero alginato de sódio, assim como o grão de bico (*Cicer arietinum* L.) que é fonte de fibras, carboidratos, proteínas, minerais e vitaminas, assim como compostos fitoquímicos, carotenóides, fenólicos e isoflavonas (FERNANDES et al., 2021).

Mais de mil artigos e documentos relacionados com alimentos impressos foram publicados nos últimos anos. A maioria deles é especializada em produtos alimentícios feitos na hora. Recentemente, alguns pesquisadores começaram a investigar questões fundamentais, como encontrar ingredientes alternativos em produtos saborosos por razões de saúde e ambientais (SUN et al., 2015).

### **2.3 Contribuição dos ingredientes para o hidrogel**

A partir, da escolha da matriz da tinta, sendo alginato de sódio e gelatina, foi possível selecionar os componentes espirulina e farinha de grão de bico que agregaram nutricionalmente o produto final com proteínas, carboidratos, vitaminas e minerais, ajudando na printabilidade e estabilidade do produto a ser impresso.

## **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **3.1 Preparo do hidrogel**

#### **3.1.1 Materiais**

Foram utilizados alginato de sódio (3% w/v) (Dinâmica, Brasil), gelatina (260 bloom – 40 mesh) (10% w/v), espirulina a granel (5% w/v), farinha de grão de bico a granel (6% w/v), cloreto de cálcio (2% w/v) (Dinâmica, Brasil) e solução tampão elaborado a partir de fosfato de sódio (Synth, Brasil) PA 10 mM ph 7,4, corante vermelho em pó de eritrosina (2% w/v) (INS 127) 3,40% (Mix).

#### **3.1.2 Procedimento experimental**

Para a elaboração do hidrogel, primeiramente foi preparada a solução tampão, separando reagente A e reagente B. Para o reagente A (fosfato de sódio monobásico 100mM, PM 120,0) dissolveu-se 1,2g de  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  em 80ml de água ultra pura, e transferiu para um balão volumétrico de 100ml e completou-se o volume com água ultra pura. Para o reagente B (Fosfato de sódio bibásico 100 Mm, PM 142,0) dissolveu-se 2,84g de  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  em 180ml de água ultra pura e o transferiu em balão volumétrico de 200ml e completou-se com água ultra pura também. Logo, para preparar 200 mL de Tampão Fosfato de Sódio 100 mM pH 7,4, misturou 32 mL da solução A com 168 mL da solução B e verificou o pH com PHmêtro que estava 7,4. Para usar a solução diluiu-se 10 mL do Tampão Fosfato de sódio 100 mM pH 7,4 com 90 mL de água ultra pura deionizada.

Com isso, para o desenvolvimento do hidrogel, pesou-se 3g de alginato de sódio e 10g de gelatina e colocou na solução tampão a 100 ml que estava sob agitação mecânica à 760 RTM por 10 minutos.

Ligou-se a manta de aquecimento à uma temperatura de 105°C para a solução não geleificar, adicionando 5g de espirulina, 6g de farinha de grão de bico e 15ml de água ultra pura deionizada, formando a tinta, mantendo-se a temperatura do produto à 60°C, agitando à 998 TRM por 10 minutos observado na figura 3.

Figura 3 – Solução da tinta sob agitação.



Fonte: Autora.

Adicionou-se 2g de corante vermelho em pó para assemelhar a cor da carne vermelha por 10 minutos, ainda sob agitação e a temperatura estabilizar em 39°C. Logo, a tinta preparada se deu pela mistura do hidrogel preparado com os componentes grãos de bico e espirulina (figura 4).

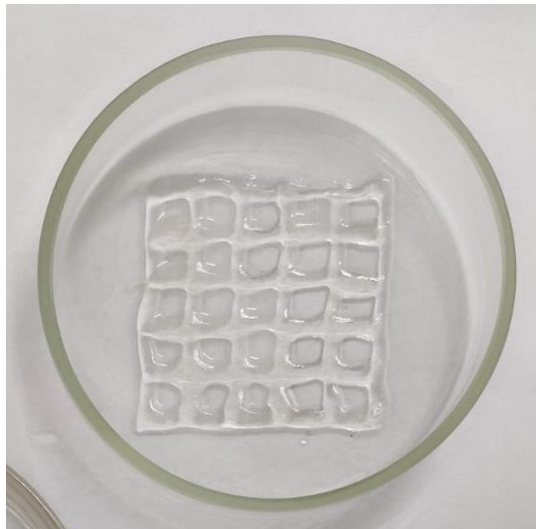
Figura 4 - Tinta com corante vermelho.



Fonte: Autora.

Após o tempo percorrido, foi realizada a solução para reticulação do hidrogel, com 2g de cloreto de cálcio e 98 ml de água ultra pura deionizada. Com uma pipeta de Pasteur, pegou-se a tinta que estava a uma temperatura de 39°C e a depositou em uma placa de Petri, formando um quadriculado simulando a extrusão da impressora 3D. Logo em seguida, a solução de cloreto de cálcio foi adicionada o suficiente para cobrir todo o material para o mesmo ser reticulado. Na figura 5 pode-se analisar a extrusão apenas do hidrogel.

Figura 5 – Reticulação do hidrogel.



Fonte: Autora.

### **3.2 Análises físico-químicas**

Foram feitas análises de proteína, pH e umidade, com dessecador e estufa com ventilação forçada. O estudo da umidade em alimentos de acordo como Instituto Adolf Lutz (2008) é para determinar a quantidade de água presente em um determinado produto ou substância.

#### **3.2.1 Análise de pH**

O teste de pH foi realizado por leitura direta em Phmetro convencional no hidrogel.

Figura 6 – Medidor de pH (Phmetro).



Fonte: Autora.

### 3.2.2 Análise de Umidade

Duas amostras de tintas foram impressas manualmente com pipeta de Pasteur em formato quadriculado e previamente reticuladas no cloreto de sódio (2% w/v) em placas de Petri, e foram levadas para um dessecador que estava a uma temperatura ambiente a 24°C para analisar se é possível voltar à conformação original do produto em um ambiente com baixo teor de umidade.

Figura 7 – Tinta em placas Pertri no dessecador.



Fonte: Autora.



Elas foram deixadas no dessecador por 72 horas e após esse tempo foram retiradas e pesadas novamente. Adicionou-se água destilada até cobri-las completamente para saber o tempo que elas levariam para voltar a suas propriedades originais.

Os cadinhos de metal foram pesados, que no total eram seis, aquecidos a 105°C por 10 minutos e levados ao dessecador para resfriar. Em seguida pesou-se 2 g de amostras em cada cadinho e foram levados a estufa, mantendo-se a temperatura e retirados de tempos em tempos determinados e pesados até atingirem um peso constante ou terem variação de menor ou igual a 2 mg. Após encontrar os pesos de cada cadinho com amostra, usa-se a seguinte equação para comparar os dados de cada tempo determinado (ADOLFO LUTZ, 2008).

$$\text{Umidade (\%)} = \frac{\text{massa da amostra úmida} - \text{massa da amostra seca}}{\text{massa da amostra úmida}} \cdot 100 \quad (1)$$

Logo, para a realização da análise, em estufa com ventilação de ar forçada com medição de dois tempos diferentes, um de 15 em 15 minutos e outro de 30 em 30 minutos. Os testes foram realizados em triplicata para cada repetição executada, totalizando 1 hora e meia e 2 horas respectivamente.

Tabela 1 – Média e desvio padrão das análises de umidade.

	<b>Média</b>	<b>Desvio Padrão</b>
<b>15 minutos</b>	81,26%	0,050
<b>30 minutos</b>	81,32%	0,038

Fonte: Autora.

### **3.2.3 Análise de proteínas**

Foi realizada pelo método Kjeldahl de acordo com Adolf Lutz (2008), que consiste na digestão das amostras, que foram feitas em triplicata, com 0,1 g de amostra, 1 g da mistura digestora e 5 ml de ácido sulfúrico, levados ao digestor de proteínas (figura 8) iniciando com 80°C e ir aumentando de 20 em 20 minutos até atingir 320°C, totalizando 2 horas e meia para o meio orgânico ser completamente anulado. Em seguida, seguiu-se

para o processo de destilação, apresentando na figura 9, que consiste na dispersão de 25 ml de solução de ácido bórico dentro o Erlenmeyer de recepção, 10 ml da solução de hidróxido de sódio até ocorrer uma mudança na coloração da amostra. Por fim, é realizada a titulação, com ácido clorídrico até o ponto de viragem da amostra (figura 10).

Figura 8 – Amostras no digestor de proteínas.



Fonte: Autora.

Figura 9 – Processo de destilação.



Fonte: Autora.

Figura 10 – Titulação das amostras.



Fonte: Autora.

Por fim, é possível encontrar a quantidade de proteínas utilizando o cálculo a seguir.

$$\text{Proteínas (\%)} = \frac{0,14 \cdot \text{valor corrigido do ácido (ml)} \cdot \text{fator de correção}}{\text{peso da amostra (g)}} \cdot 100 \quad (2)$$

De acordo com a *United States Department of Agriculture (USDA)*, em 100 gramas de espirulina, farinha de grão de bico e gelatina tem-se as seguintes informações sob suas composições centesimais.

Tabela 2 – Composição centesimal da espirulina, grão de bico e gelatina.

	Espirulina (g)	Farinha de grão de bico (g)	Gelatina (g)
<b>Proteínas</b>	57,5	22,4	8,9
<b>Carboidratos</b>	23,9	57,8	89,2
<b>Lipídios</b>	7,72	6,69	-
<b>Fibras</b>	3,6	10,8	-
<b>Cinzas</b>	6,23	2,82	0,6
<b>Ferro</b>	0,0285	0,00486	0,0003

<b>Magnésio</b>	0,195	0,166	0,002
<b>Fósforo</b>	0,118	0,318	0,002
<b>Potássio</b>	1,36	0,846	0,007

Fonte: USDA, 2023.

E com isso, pode-se fazer a comparação do produto impresso com a carne bovina cozida, sendo o acém para 100 gramas, de acordo com a tabela TACO apresentado na tabela 3.

Tabela 3 – Composição centesimal de carne bovina cozida.

	<b>Carne (g)</b>
<b>Proteínas</b>	27,3
<b>Carboidratos</b>	0
<b>Lipídios</b>	10,9
<b>Fibras</b>	-
<b>Cinzas</b>	0,8
<b>Ferro</b>	0,0024
<b>Magnésio</b>	0,014
<b>Fósforo</b>	0,164
<b>Potássio</b>	0,254

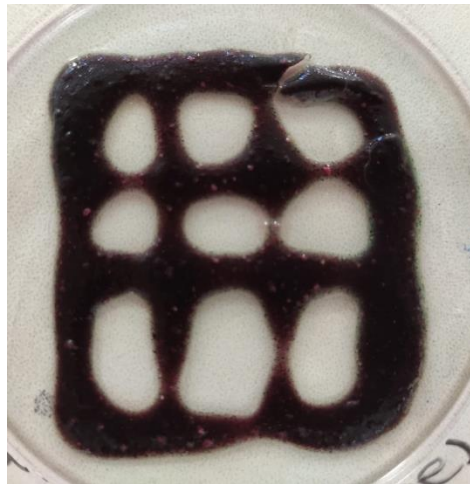
Fonte: TACO, 2011.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Propriedades físico-químicas

Com a tinta reticulada descartou-se o cloreto e pode-se obter o produto pronto, apresentado pela figura 11.

Figura 11 – Produto impresso.



Fonte: Autora.

#### 4.1.1 Análise de Ph

Dando início as análises realizadas, na tabela 4 avalia-se os resultados de pH a uma temperatura de 40°C do hidrogel e tinta. Pode se observar que não houve mudanças entre as soluções, tal qual mesmo agregando valor ao produto não ocorreu alteração na acidez. De acordo com Roça (2001) o pH da carne logo após o abate é em torno de 6,9 a 7,2 e quando se estabiliza após o *rigor mortis* (24 horas aproximadamente) pode chegar a 5,8 até 5,5. Porém de acordo com Morais (2019), o pH do hidrogel de alginato de cálcio está entre 4,0 e 7,4, ou seja, tanto a tinta quanto o hidrogel manipulado estão de acordo com a literatura.

Tabela 4 – pH das soluções.

Hidrogel	Tinta
6,5	6,6

Fonte: autora.

#### 4.1.2 Análise de umidade

Para o teste de umidade em dessecador, chegou-se aos seguintes resultados apresentados na tabela 4 para a perda de umidade do produto. E juntamente com um cronômetro chegou-se a um tempo de 40 minutos para a tinta recuperar a umidade e suas propriedades iniciais.

Tabela 5 – Perda de umidade no dessecador.

<b>Placa 1</b>	<b>Placa 2</b>
0,0103%	0,0138%

Fonte: Autora.

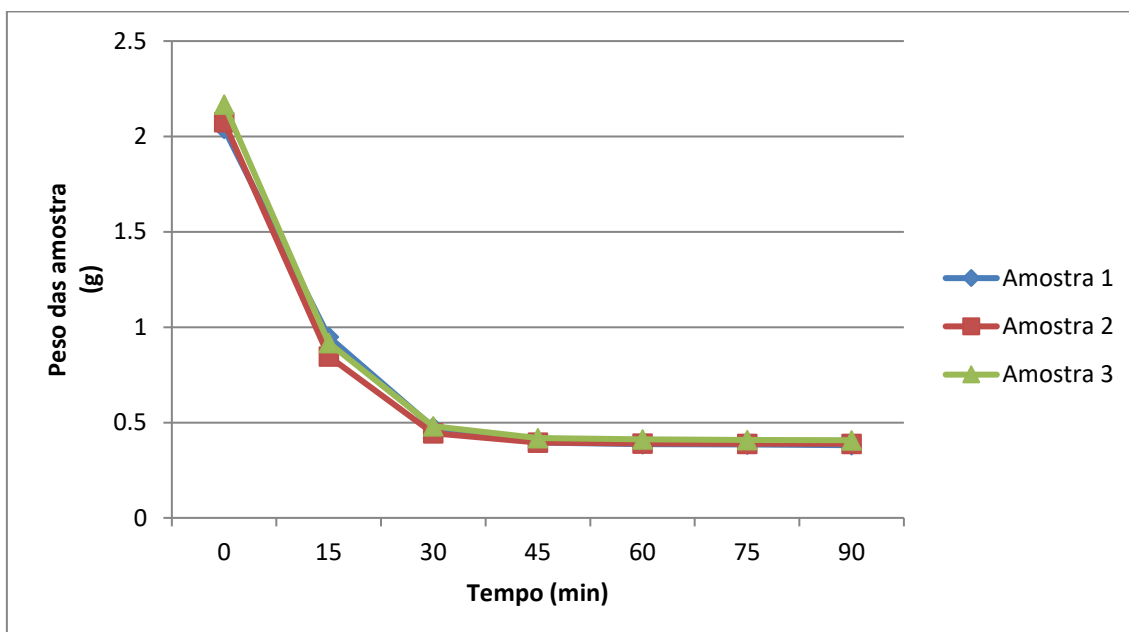
Já para a análise em estufa com ventilação forçada de acordo com a equação 1, pode-se chegar aos resultados apresentados a baixo, logo foi possível encontrar a porcentagem de umidade retirada do produto em triplicata em tempos distintos.

Tabela 6 – Perda de umidade ao decorrer de 1 hora e meia.

	<b>Umidade (%)</b>
<b>Amostra 1</b>	81,31
<b>Amostra 2</b>	81,26
<b>Amostra 3</b>	81,21
<b>Média</b>	81,26 ± 0,05

Fonte: Autora.

Gráfico 1 – Perda de umidade das amostras no intervalo de 15 minutos.



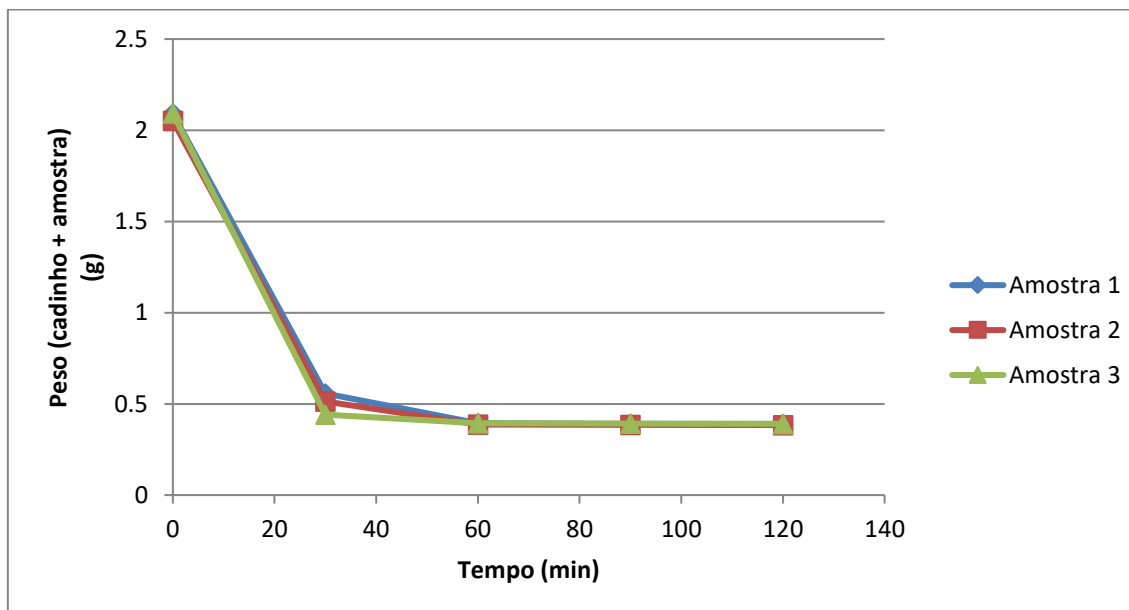
Fonte: Autora.

Tabela 7 – Perda de umidade ao decorrer de 2 horas.

	Umidade (%)
<b>Amostra 1</b>	81,36
<b>Amostra 2</b>	81,28
<b>Amostra 3</b>	81,32
<b>Média</b>	81,32 ± 0,04

Fonte: Autora.

Gráfico 2 – Perda de umidade das amostras no intervalo de 30 minutos.



Fonte: Autora.

As diferenças nas porcentagens de umidade nos tempos de 1 hora e meia e de 2 horas não foram muito distintas, mas observa-se que a queda de umidade no primeiro instante no gráfico 2 foi bem mais abrupta e linear e logo manteve-se constante, comparado com o gráfico 1 que foi caindo exponencialmente de acordo com o tempo. Comparando os valores obtidos nas análises com a umidade da carne, sendo ela de 65% a 80% segundo Ordonéz (2005), é possível perceber que a umidade da tinta está de acordo com o esperado.

#### 4.1.3 Análise de proteína

Por fim, na análise de proteína que é possível determinar seu índice em alimentos pelo método Kjeldahl e foram encontrados os seguintes resultados apresentados de acordo com a equação 2 na tabela 8.



Tabela 8 – Quantidade de proteínas presentes nas amostras.

<b>Proteína (%)</b>	
<b>Amostra 1</b>	16,08
<b>Amostra 2</b>	13,80
<b>Amostra 3</b>	15,90
<b>Média</b>	15,26 ± 1,2

Fonte: Autora.

Logo, a partir dos resultados apresentados foi possível uma média de 15,26% de proteínas na tinta, comparando com a quantidade de proteína presente na carne bovina utilizando o mesmo método para análise que está entre 21 e 30% de acordo com a literatura (CECCHI, 2003). Com isso, observa-se que a tinta está de acordo com o planejado, sendo que o alimento desenvolvido tem o propósito de ter semelhanças com os aspectos sensoriais da carne de origem animal.

## **5 CONCLUSÃO**

Nas análises realizadas para o desenvolvimento da tinta, o alginato de sódio apresentou ser um diferencial na estruturação do hidrogel. A adição de espirulina e farinha de grão de bico para a tinta agregaram valor ao produto trazendo maior valor substancial para o alimento.

Para futuras avaliações será de grande importância o teste em impressora 3D, assim como análises físico-químicas e sensoriais e melhorar as propriedades nutricionais para aprimorar o produto.

## **6 REFERÊNCIAS**

3D printed steak, anyone? I taste test this ‘gamechanging’ meat mimic. Disponível em: <https://www.theguardian.com/food/2021/nov/16/3d-printed-steak-taste-test-meat-mimic>. Acesso em: 28 de Julho de 2022.

Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA), 2022. Disponível em: <https://abpa-br.org/>. Acesso em: 09 de Julho de 2022.

AVENDAÑO-ROMERO, G. C., LÓPEZ-MALO, A., PALOU, E. Propriedades del alginato y aplicaciones em alimentos. **Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos**, v. 7-1, p. 87-96, México, 2013.

BORGES, A. P. Processamento e caracterização de hidrogeis de alginato-gelatina com adição de PVA, glicerol e óxido de grafeno visando aplicação em impressão 3D. 2023. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2023.

CECCHI, H. M. Fundamentos teóricos e práticos em análises de alimentos. 2. Ed. Campinas, SP: Unicamp, 2003. <https://doi.org/10.7476/9788526814721>

CRUZ, F. **Agência Brasil**. Maio de 2018. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/saude/noticia/2018-05/pesquisa-mostra-que-80-dos-brasileiros-buscam-alimentacao-saudavel>. Acesso em: 27 de Junho de 2023.

Descubra como a impressora 3D está sendo utilizada na medicina. Disponível em: <https://telemedicinamorsch.com.br/blog/impressora-3d-na-medicina>. Acesso em: 28 de Julho de 2022.

FERNANDES, T. C. R., CAMARGOS, L. F., CAMILO, P. A., JESUS, F. G., SIQUEIRA, A. P. S. Caracterização tecnológica da farinha de grão-de-bico variedade BRS cristalino. **Brazilian Journal of Food Technology**. Urutaí - GO – Brasil. Fevereiro de 2022. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.08221>

GALDEANO, M., FELBERG, I., LIMA, J., MELLINGER, C. Artigo: Evolução dos alimentos *plant-based* no Brasil. **EMBRAPA** - RJ. Disponível em:

<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/67002613/artigo-evolucao-dos-alimentos-plant-based-no-brasil>. Acesso em: 11 de Janeiro de 2024.

GAZZOLA, R., FRONZAGLIA, T., CAMPOS, S. K. Ampliação do consumo saudável. In: **Plataforma Visão de futuro do Agro - EMBRAPA**. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/visao-defuturo/transformacoes-rapidas-no-consumo-ena-agregacao-de-valor/sinal-e-tendencia/amplicacao-do-consumo-saudavel> > Acesso em: 28 de Novembro de 2023.

GUNGOR-OZKERIM, P. S., INCI, I., ZHANG, Y. S., KHADEMHOSEINI, A., DOKMECI, M. R. Bioinks for 3D bioprinting: a overview. **Biomaterials Science**. Royal Society of Chemistry. 2018. <https://doi.org/10.1039/C7BM00765E>

LEE, J. A 3D Food Printing Process for the New Normal Era: A Review. *Processes*, v. 9, n. 9, p. 1495, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/pr9091495>.

LOPES, G. T. F. Exploração das possibilidades da impressão 3D na construção. Dissertação de mestrado, **Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto**, Portugal, 2016.

MA, Y., ZHANG, L. Formulated food inks for extrusion-based 3D printing of personalized foods: a mini review. **Food Chemistry and Biochemistry**. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2021.12.012>

MATOZINHOS, I. P., MADUREIRA, A. A. C., SILVA, G. F., MADEIRA, G. C. C., OLIVEIRA, I. F., CORRÊA, C. R. Impressão 3D: inovações no campo da medicina. **Revista Interdisciplinar Ciências Médicas**, Belo Horizonte – MG, 2017.

MORAES, V. M. S., SANTOS, A. S., SANTOS, D. G. P. M. L., GIMINO, N. M. R., SANTOS, R. N. B., BOTELHO, R. S., SILVA, M. M., SILVA, S. L. A. C., PINHEIRO, S. C. C., BEZERRA, V. A. Enfermagem e auto cuidado em lesões crônicas

do portador de anemia falciforme. **Hematology, Transfusion and Cell Therapy**. V. 42, S. 2, p. 7. Novembro, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.htct.2020.10.012>

OLIVEIRA, N. A., ROBALLO, K. C. S., NETO, A. F. S. L., SANDINI, T. M., SANTOS, A. C., MARTINS, D. S., AMBROSIO, C. E. Bioimpressão e produção de mini-órgãos com células tronco. **Pesquisa Veterinária Brasileira**. Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Pirassununga-SP, 2017. <https://doi.org/10.1590/s0100-736x2017000900020>

OLIVEIRA, T. N. Entenda o aumento dos preços dos alimentos e o impacto no poder de compra dos brasileiros. **Revista Ângulos do CREA – RJ**. Publicado em 26 de Julho de 2022. Disponível em: <https://angulos.crea-rj.org.br/inflacaoalimentos/>. Acesso em: 28 de Novembro de 2023.

OLIVEIRA, W. R. S. de, & Cechin, A. Efeitos da pandemia da Covid-19 nos preços dos alimentos no Brasil. **Revista Catarinense De Economia**, 5(2), 141-155, 2022. <https://doi.org/10.54805/RCE.2527-1180.v5.n2.109>.

ORDÓÑEZ, JA. **Tecnologia de Alimentos de Origem Animal**. v.2. São Paulo: Artmed, 2005. 279p

Preço de alguns alimentos chega a dobrar após início da pandemia; veja comparativo. G1, 2021. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/vale-do-paraiba-regiao/noticia/2021/10/24/preco-de-alguns-alimentos-chega-a-dobrar-apos-inicio-da-pandemia-veja-comparativo.ghtml>. Acesso em: 09 de Julho de 2022.

RIQUE, A. B. R., SOARES, E. A., MEIRELLES, C. M. Nutrição e exercício na prevenção e controle das doenças cardiovasculares. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**. v. 8 (6). Rio de Janeiro – RJ. Brasil. Dezembro, 2022. <https://doi.org/10.1590/S1517-86922002000600006>.

ROÇA, R. O. Modificações *post-mortem*. **Tese**. Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindústria. UNESP - Campus de Botucatu. BOTUCATU – SP. Brasil. 2001.

SANTO, K. F. et al. Estudo da reologia de hidrogéis compósitos de PEG-Laponita-alginato visando impressão 3D baseada em extrusão. Rio de Janeiro – RJ. V. 27, n. 2, 2022. <https://doi.org/10.1590/S1517-707620220002.1374>.

SILVA, A. M.; FERREIRA, A. S.; SILVA, I. O.; MAIA, S. O.; FARIA, R. N. P. Impressão 3d na construção civil. **Unievangélica Centro Universitário**. Atividade Integrativa/VI Jornada Interdisciplinar de Engenharia Civil, 2019.

Tabela brasileira de composição de alimentos / NEPA – UNICAMP.- 4. ed. rev. e ampl.. -- Campinas: NEPA- UNICAMP, 2011.

TAN C., TOH WY., WONG G., LI L. Extrusion-based 3D food printing - Materials and machines. **Internacional Journal Bioprinting**. v. 4(2):143. doi: 10.18063/IJB.v4i2.143. PMID: 33102919; PMCID: PMC7582008. China, junho de 2018. <https://doi.org/10.18063/ijb.v4i2.143>.

TENG, X., ZHANG, M., MUJUMBAR, A. S. 4D printing: Recent advances and proposals in the food sector. **Trends in Food Science and Technology**, v. 110, p. 349-363, China, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.076>.

*United States Department of Agriculture (USDA)*. Disponível em: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/>. Acesso em 03 de Julho de 2023.

YANG, F., ZHANG, M. & BHANDARI, B. Recent development in 3D food printing. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 57, p. 3145–3153, 2017. <https://doi.org/10.1080/10408398.2015.1094732>.