



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CAMPUS I – CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
DEPARTAMENTO DE FARMÁCIA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM FARMÁCIA**

**OTÁVIO MANOEL DE CASTRO CUNHA**

**DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE HIDROGÉIS DE QUITOSANA  
INCORPORADOS COM EXTRATO DE *Acmella oleracea* (L.) R.K. Jansen (JAMBU)**

**CAMPINA GRANDE  
2021**

OTÁVIO MANOEL DE CASTRO CUNHA

**DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE HIDROGÉIS DE QUITOSANA  
INCORPORADOS COM EXTRATO DE *Acmella oleracea* (L.) R.K. Jansen (JAMBU)**

Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo)  
apresentado ao Departamento do Curso de  
Farmácia da Universidade Estadual da Paraíba,  
como requisito parcial à obtenção do título de  
Bacharel em Farmácia.

**Área de Concentração:** Farmacotécnica

**Orientador:** Prof. Dr. Paulo César Dantas da Silva.

**CAMPINA GRANDE  
2021**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

C972d Cunha, Otávio Manoel de Castro.  
Desenvolvimento e caracterização de hidrogéis de quitosana incorporados com extrato de *Acmella oleracea* (L.) R.K. Jansen (jambu) [manuscrito] / Otavio Manoel de Castro Cunha. - 2021.  
21 p. : il. colorido.  
  
Digitado.  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Farmácia) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, 2021.  
"Orientação : Prof. Dr. Paulo César Dantas da Silva, Coordenação do Curso de Farmácia - CCBS."  
1. Biopolímeros. 2. Cicatrização. 3. Viscosidade. 4. Extrato vegetal. I. Título  
  
21. ed. CDD 547.782

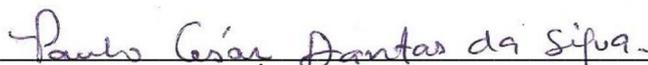
OTÁVIO MANOEL DE CASTRO CUNHA

DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE HIDROGÉIS DE QUITOSANA INCORPORADOS COM EXTRATO DE *Acmella oleracea* (L.) R.K. Jansen (JAMBU)

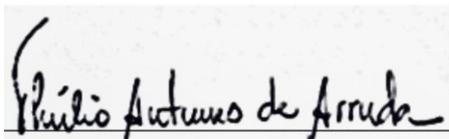
Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo) apresentado ao Departamento do Curso de Farmácia da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Farmácia.

Aprovado em: 29/09/2021.

**BANCA EXAMINADORA**



Prof. Dr. Paulo César Dantas da Silva (Orientador)  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dr. Thulio Antunes de Arruda  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dr. Bolívar Poçiano Goulart de Lima Damasceno  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

A minha Mãe, pela dedicação, companheirismo  
e amor, DEDICO.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Hidrogéis desenvolvidos (HGJQ-1, HGJQ-2, HGJQ-3 e HGJQ-4).....	15
Figura 2 –	Determinação da viscosidade em função da concentração do biopolímero das amostras HGJQ-1, HGJQ-2, HGJQ-3 e HGJQ-4.....	16
Figura 3 –	Determinação da espalhabilidade em função do peso da amostra HGJQ-1.....	17
Figura 4 –	Determinação da espalhabilidade em função do peso da amostra HGJQ-2.....	17
Figura 5 –	Determinação da espalhabilidade em função do peso da amostra HGJQ-3.....	17
Figura 6 –	Determinação da espalhabilidade em função do peso da amostra HGJQ-4.....	18

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Características organolépticas e físico-químicas dos hidrogéis.....	15
------------	---	----

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
INPM	Instituto Nacional de Pesos e Medidas
CERTBIO	Laboratório de Certificação e Desenvolvimento de Biomateriais do Nordeste
LTDA	Sociedade Limitada
RPM	Rotações Por Minuto

## LISTA DE SÍMBOLOS

°C	Graus Celsius
®	Marca Registrada
$\pi$	Pi
%	Porcentagem

## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	11
2	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	12
2.1	<b>MATERIAL</b> .....	12
2.2	<b>MÉTODOS</b> .....	12
2.2.1	<i>Preparação de Extrato Hidroalcoólico de Jambu</i> .....	13
2.2.2	<i>Preparação dos Hidrogéis e Incorporação do Extrato</i> .....	13
2.2.3	<i>Determinação do pH</i> .....	13
2.2.4	<i>Centrifugação</i> .....	13
2.2.5	<i>Determinação da Viscosidade</i> .....	13
2.2.6	<i>Determinação da Densidade</i> .....	13
2.2.7	<i>Estresse Térmico</i> .....	13
2.2.8	<i>Espalhabilidade</i> .....	14
3	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	14
4	<b>CONCLUSÃO</b> .....	18
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	19

**DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE HIDROGÉIS DE QUITOSANA INCORPORADOS COM EXTRATO DE *Acmella oleracea* (L.) R.K. Jansen (JAMBU)**

**DEVELOPMENT AND CHARACTERIZATION OF CHITOSAN HYDROGELS INCORPORATED WITH *Acmella oleracea* (L.) R.K. Jansen (JAMBU) EXTRACT**

Otávio Manoel de Castro Cunha<sup>1\*</sup>

**RESUMO**

O tratamento de feridas, em especial as cutâneas, é uma das preocupações mais antigas encontradas em relatos médicos. A cicatrização de feridas pode levar a problemas clínicos mais complexos, portanto, é necessário encontrar uma alternativa eficiente para melhorar o processo de cicatrização. Nesse sentido, os biomateriais surgem como alvo de estudos e pesquisas, devido ao seu grande potencial para veiculação de fármacos e no desenvolvimento de formas farmacêuticas, em especial as semisólidas. Com base nestas formas, os hidrogéis, que são sistemas semisólidos, de dispersões moleculares em veículos aquosos, de consistência gelatinosa, devido adição de polímeros, como a quitosana, são considerados biomateriais altamente favoráveis para o tratamento das feridas cutâneas. A quitosana é um dos biopolímeros mais investigados na atualidade para aplicação na cicatrização de feridas devido à sua biocompatibilidade. O jambu, *Acmella oleracea* (L.) R.K. Jansen é uma espécie de hortaliça encontrada na região amazônica, pertencente à família *Asteraceae*. Estudos atribuem ao espilantol (principal marcador químico do jambu) as principais atividades farmacológicas da planta, que exerce um amplo espectro de atividades biológicas. Este trabalho teve como objetivo o desenvolvimento e caracterização de hidrogéis de quitosana em diferentes concentrações do biopolímero associados ao extrato de jambu. O material desenvolvido foi caracterizado físico-quimicamente pela determinação do pH, viscosidade, densidade, espalhabilidade, centrifugação e estresse térmico. Os hidrogéis de quitosana e jambu nas diferentes concentrações da quitosana apresentaram resultados satisfatórios, com aspectos homogêneos, viscosos, odor característico e de cor levemente amarelada. As formulações apresentaram capacidade ácida, onde as amostras HGJQ-2, HGJQ-3 e HGJQ-4 apresentaram valores dentro dos parâmetros estabelecidos. Nos testes de centrifugação, as amostras não apresentaram separação de fases considerado um indicador da compatibilidade dos componentes da formulação. Foi observada uma elevação da viscosidade de acordo com o aumento da concentração da quitosana. Visualmente, o estresse térmico demonstrou um aumento da viscosidade em função da temperatura, se mostrando mais evidente nas amostras HGJQ-1 e HGJQ-2. As amostras apresentaram relação entre a viscosidade e a espalhabilidade, onde as amostras mais viscosas mostraram uma menor espalhabilidade. Sendo assim, os hidrogéis desenvolvidos em associação ao extrato de jambu apresentam propriedades físico-químicas satisfatórias, se mostrando excelentes candidatos para avaliação em estudos *in vivo* da atividade biológica e possíveis aplicações biomédicas.

**Palavras-chave:** Biopolímeros. Cicatrização. Viscosidade. Extrato vegetal.

**ABSTRACT**

The treatment of wounds, especially cutaneous ones, is one of the oldest concerns found in medical reports. Wound healing can lead to more complex clinical problems, therefore, it is

---

<sup>1\*</sup>Graduando em Farmácia pela Universidade Estadual da Paraíba (otavio.cunha@aluno.uepb.edu.br)

necessary to find an efficient alternative to improve the healing process. In this sense, biomaterials appear as a target for studies and research, due to their great potential for the delivery of drugs and the development of pharmaceutical forms, especially semisolid ones. Based on these forms, hydrogels, which are semisolid systems of molecular dispersions in aqueous vehicles, with gelatinous consistency, due to the addition of polymers such as chitosan, are considered highly favorable biomaterials for the treatment of skin wounds. Chitosan is currently one of the most investigated biopolymers for use in wound healing due to its biocompatibility. The jambu, *Acmella oleracea* (L.) R.K. Jansen is a vegetable species found in the Amazon region, belonging to the Asteraceae family. Studies attribute to epilantol (the main chemical marker of jambu) the main pharmacological activities of the plant, which exerts a wide spectrum of biological activities. This work aimed to develop and characterize chitosan hydrogels at different concentrations of the biopolymer associated with jambu extract. The developed material was physicochemically characterized by determining pH, viscosity, density, spreadability, centrifugation and thermal stress. Chitosan and jambu hydrogels at different concentrations of the biopolymer showed satisfactory results, with homogeneous, viscous aspects, characteristic odor and slightly yellowish color. The formulations showed acid capacity, where the samples HGJQ-2, HGJQ-3 and HGJQ-4 presented values within the established parameters. In the centrifugation tests, the samples did not show phase separation considered an indicator of the compatibility of the formulation components. An increase in viscosity was observed as the concentration of chitosan increased. Visually, thermal stress showed an increase in viscosity as a function of temperature, being more evident in samples HGJQ-1 and HGJQ-2. The samples showed a relationship between viscosity and spreadability, where the more viscous samples showed less spreadability. Therefore, hydrogels developed in association with jambu extract have satisfactory physicochemical properties, showing themselves to be excellent candidates for evaluation in *in vivo* studies of biological activity and possible biomedical applications.

**Keywords:** Biopolymers. Healing. Viscosity. Plant extract.

## 1 INTRODUÇÃO

O tratamento de feridas, em especial as cutâneas, é uma das preocupações mais antigas encontradas em relatos médicos. Esta preocupação, vem veiculada ao potencial em que as feridas podem acometer o ser humano independente de sexo, idade ou etnia (BRASIL, 2013).

A cicatrização de feridas pode levar a problemas clínicos mais complexos, portanto, é necessário encontrar uma alternativa eficiente para melhorar o processo de cicatrização. Os problemas mais frequentes estão relacionados à funcionalidade física, aspectos psicossociais e ao tratamento, além do comprometimento financeiro tanto no âmbito individual quanto dos sistemas de saúde e da sociedade (LENTSCK et al., 2018).

Nesse sentido, os biomateriais surgem como alvo de estudos e pesquisas, devido ao seu grande potencial em veiculação de fármacos e no desenvolvimento de formas farmacêuticas, em especial as semisólidas. Com base nestas formas, os hidrogéis, que são sistemas semisólidos, de dispersões moleculares em veículos aquosos, de consistência gelatinosa, devido adição de polímeros, como a quitosana, são considerados biomateriais altamente favoráveis para o tratamento das feridas cutâneas (MONTEIRO et al., 2020). Estes, ainda possuem muitas outras aplicações e desempenham um papel muito importante com relação ao uso, pois podem ser utilizados em várias fases do processo de cicatrização devido a seu alto grau de umidade que caracteriza sua ação de elevada capacidade de absorção do exsudato em excesso na ferida, permitindo a manutenção da umidade no ambiente, favorecendo o crescimento celular e evitando a desidratação das terminações nervosas (JAYAKUMAR et al., 2011; FREITAS, 2018).

Estão incluídos como biopolímeros, os polissacarídeos, como amido, celulose, os polímeros de carboidratos produzidos por bactérias e fungos e biopolímeros à base de proteína animal, como a quitina, quitosana, lã, seda, gelatina e colágeno (SINGH, 2011).

A quitosana é um biopolímero rico em grupos amina, obtido da remoção parcial dos grupos acetamida, presentes na quitina, encontrada principalmente na composição estrutural de exoesqueleto de lagostas, caranguejos, camarões e insetos (NEVES, 2013) e da biomassa micelial de fungos (PINTO, 2014). Considerada como “polímero para o futuro” (AHMAD et al., 2017), a veiculação de fármacos a partir da quitosana, é uma alternativa bastante satisfatória para a diminuição de possíveis efeitos colaterais e aumento da segurança (SANTIAGO, 2016).

A quitosana é um dos biopolímeros mais investigados na atualidade para aplicação na cicatrização de feridas devido à sua biocompatibilidade. Além disso, a quitosana e seus derivados têm atraído atenção da comunidade científica devido a sua atividade de acelerar a cicatrização de feridas e principalmente na sua capacidade de modulação em diferentes formas físicas, como nanopartículas, microesferas, membranas, esponjas, géis, soluções, filmes, espumas, membranas (BERTOLINO, 2018). Todas essas propriedades tornam os materiais à base de quitosana particularmente versáteis e promissores.

Visando a potencialização da ação das propriedades farmacológicas da quitosana, as plantas medicinais surgem como uma alternativa promissora para incorporação em associação a esse biopolímero, sabendo que este apresenta baixa toxicidade, sendo altamente biocompatível, além de ser biodegradável, bioativo e contribuir significativamente para a regeneração de tecidos (COSTA, 2018).

O jambu, *Acmella oleracea* (L.) R.K. Jansen, é uma espécie de hortaliça encontrada na região amazônica, pertencente à família *Asteraceae*, também conhecida, como: agrião-do-norte, agrião-do-brasil, jambuaçu, erva-maluça, planta da dor de dente e jamburana, usada popularmente na culinária do nortista. É uma planta típica da região norte do Brasil, mas também se encontra amplamente distribuída nos trópicos e subtropicais, especialmente na África, Índia, Venezuela, Malásia e Indonésia (SANTOS, 2010; SILVA, 2013). Estudos comprovam que o espilantol (principal marcador químico do jambu) exerce um amplo espectro

de atividades biológicas, onde as principais atividades farmacológicas da planta são atribuídas ao espilantol.

Um estudo preliminar *in vivo* sobre as atividades anti-inflamatórias e analgésicas foi realizado por Chakraborty et al. (2004), em um modelo experimental de inflamação aguda. Os resultados demonstraram que o extrato aquoso de *S. acmella* (100 mg / kg, 200 mg / kg e 400 mg / kg) suprimiu significativamente o edema de pata em camundongos.

Estudos de Wu et al. (2008) demonstraram os efeitos antiinflamatórios do espilantol em modelo de macrófago murino ativado por lipopolissacarídeo, RAW264.7. Os resultados sugeriram que o espilantol pode inibir a produção de mediadores pró-inflamatórios em níveis de transcrição e tradução.

Huang (2019) estudou os efeitos do espilantol em sintomas relacionados à inflamação de dermatite atópica em 2,4-dinitroclorobenzeno (DNCB) - lesões cutâneas induzidas em camundongos com 5 mg / kg e 10 mg / kg de espilantol. O autor descobriu que os níveis séricos de imunoglobulina E e imunoglobulina G2a foram reduzidos, enquanto a expressão de iNOS e COX-2 foram suprimidas. O tratamento tópico com espilantol também causou uma redução na espessura da epiderme e acúmulo de colágeno.

Além disso, o potencial antioxidante da planta em diferentes extratos (água e metanol) e em diferentes partes (caules, folhas, flores) foi estudado pela DPPH. Os autores sugeriram que as propriedades antioxidantes podem ser devido à presença de compostos bioativos altamente valiosos, como compostos fenólicos, cumarinas e triterpenóides (THAKUR; SAGAR; PRAKASH, 2019).

Portanto, com base no uso medicinal vasto do jambu pela população, além da fundamentação científica que comprova suas propriedades terapêuticas, especialmente com relação às lesões cutâneas este trabalho teve como objetivo o desenvolvimento e caracterização de hidrogéis de quitosana em diferentes concentrações do biopolímero associados ao extrato de jambu como uma formulação candidata no auxílio aos tratamentos de feridas, principalmente por seu baixo custo, eficácia e segurança.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. MATERIAL

- Ácido Acético (CHEMCO® - Indústria e comércio LTDA);
- Álcool Absoluto 99,5% (99,3 INPM) (PROLINK®);
- Carvão Ativo em pó (MV Química®);
- Jambu desidratado (*Acmella oleracea* (L.) R.K. Jansen) da Universo Saudável®;
- Quitosana comercial: (Sigma Aldrich®) de baixa massa molar;
- Papel filtro qualitativo: fabricado pela empresa Unifil® de procedência alemã, possui um diâmetro de 11 cm.

O experimento foi realizado no CERTBIO/UEPB (Laboratório de Certificação e Desenvolvimento de Biomateriais do Nordeste) Campus I, Campina Grande - PB.

### Obtenção da Droga Vegetal

O jambu desidratado (*Acmella oleracea* (L.) R.K. Jansen) foi adquirido através do fornecedor Universo Saudável LTDA. Localizado no município de Ananindeua - PA.

### 2.2. MÉTODOS

### ***2.2.1. Preparação de Extrato Hidroalcoólico de Jambu***

O extrato de jambu foi obtido por maceração dinâmica, empregando-se a proporção planta:líquido extrator (1:5) (m/v), utilizando como líquido extrator uma solução hidroalcoólica na proporção (1:4) (v/v), em temperatura ambiente por 7 dias. Em seguida a solução foi filtrada com papel filtro e carvão ativado à vácuo. Metodologia modificada Yamane (2016).

### ***2.2.2. Preparação dos Hidrogéis e Incorporação do Extrato***

Os hidrogéis foram obtidos através da dissolução do biopolímero em uma solução de ácido acético (1% v/v), nas concentrações de 1%, 2%, 2,5% e 3% (m/v), amostras HGJQ-1, HGJQ-2, HGJQ-3 e HGJQ-4, respectivamente, em agitação magnética por um período de 24 horas. A incorporação do extrato foi feita adicionando 10% do extrato hidroalcoólico de jambu em cada amostra. Após a completa incorporação, foi adicionado em cada formulação, 5 gotas de AMP-ULTRA PC 2000.

### ***2.2.3. Determinação do pH***

Para a medida do pH foi utilizado o pHmetro digital (Medidor de pH – HI 2221 pH/ORP - HANNA INSTRUMENTS), contendo eletrodo de vidro e sensor de temperatura. O mesmo foi devidamente calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0, à temperatura de 26°C. Preparou-se as amostras diluindo-se 1g de cada formulação em 10mL de água destilada, obtendo-se uma solução à concentração de 10%. Em seguida essas soluções foram levadas ao pHmetro, de forma que se obteve o pH de cada amostra. Todo o processo foi realizado em triplicata, de forma que o eletrodo fosse devidamente introduzido no interior das amostras.

### ***2.2.4. Centrifugação***

Foi adicionado e pesado aproximadamente 1g da formulação em tubos eppendorf de 1,5 mL, foram levados à centrifuga Hettich, modelo Mikro 220R para realização do teste. Na centrifugação, as amostras foram submetidas a ciclos de 1000, 2500 e 3500 RPM, durante 15 minutos em temperatura ambiente de 26°C.

### ***2.2.5. Determinação da Viscosidade***

A determinação da viscosidade foi realizada com uso do viscosímetro de bancada Visco Basic Plus da marca Fungilab®, spindle R4, 0,6 RPM, com os resultados expressos em cP. Utilizou-se 120 g de cada amostra em um béquer de 100 mL, o procedimento foi realizado à temperatura ambiente de 26°C durante 10 minutos para cada amostra. Metodologia adaptada de Lima (2014).

### ***2.2.6. Determinação da Densidade***

Para a determinação da densidade, foi pesado em uma seringa de 5 mL de volume, primeiramente com água destilada e logo em seguida, com os hidrogéis de quitosana/jambu, nas diferentes concentrações, em temperatura ambiente (26°C). Com os resultados da massa da água e do produto, foi possível calcular a densidade absoluta e relativa.

### ***2.2.7. Estresse Térmico***

Para a realização do procedimento, utilizou-se a estufa Quimis®, modelo Q316M2. Pesou-se 5g de ambas as formulações (HGJQ-1, HGJQ-2, HGJQ-3 e HGJQ-4) em tubos de ensaio, vedados com plástico filme, foram então colocados em um becker de 500mL com água previamente aquecida, onde foram posteriormente submetidos a aquecimento nas temperaturas de 35°, 40°, 45°, 50°, 55° e 60° C, com um tempo determinado de uma hora para cada faixa de temperatura. Metodologia modificada de Cordeiro (2013).

### 2.2.8. Espalhabilidade

Para determinar a espalhabilidade das amostras, colocou-se um molde circular de aço (diâmetro de 2 cm e espessura de 0,3 cm), com orifício central, sobre uma placa suporte de vidro (30 cm x 30 cm). Posicionou-se sob essa placa uma folha de papel milimetrado. As amostras foram introduzidas no orifício do molde de aço e nivelada com espátula, uma de cada vez, posteriormente o molde foi removido. Sobre a amostra foi colocada uma placa de vidro (15cm x 15cm) de peso pré-determinado.

Depois de um minuto, foi feita a medição do diâmetro em posição horizontal, com auxílio de uma régua, com posterior cálculo do diâmetro médio. Este procedimento foi repetido acrescentando-se novas placas, em intervalos de um minuto, registrando-se a cada determinação a superfície abrangida pela amostra e o peso da placa adicionada até o número máximo de 10 placas (BORGHETTI & KNORST, 2006; SIQUEIRA, 2016).

A espalhabilidade das amostras foi determinada em função do peso adicionado, de acordo com a equação abaixo (BORGHETTI & KNORST, 2006).

$$Ei = D^2 \times \pi / 4 \quad (1)$$

Onde:  $Ei$ : Espalhabilidade da amostra para um determinado peso em milímetro quadrado ( $\text{mm}^2$ );  $D$ : Diâmetro médio em milímetro (mm).

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O extrato hidroalcoólico de *Acmella oleracea* (L.) R.K. Jansen, apresentou coloração verde intensa e após a filtração com carvão ativo apresentou coloração levemente esverdeada. O carvão ativo é amplamente utilizado em processos industriais por sua habilidade de absorver muitas substâncias, como componentes orgânicos, metais pesados e substâncias coloridas, por ser biocompatível e atóxico (DEVESA, 2011). Na fitoquímica, o carvão ativo é utilizado para retirada das clorofilas e outros compostos coloridos que possam interferir em ensaios colorimétricos e no isolamento de bioativos (OU et al, 2007; NAIK et al, 2012).

Estudo realizado por Freitas (2014), demonstrou que a remoção de compostos coloridos no extrato etanólico bruto de jambu, na sua grande maioria as clorofilas, aumentou o teor de espilantol em relação ao extrato bruto original, mesmo com a diminuição da massa do extrato, pois na somatória dos constituintes totais houve eliminação de grande parte dos pigmentos e aumento da porcentagem de espilantol.

Os hidrogéis foram analisados nas concentrações 1%, 2%, 2,5% e 3% (HGJQ-1, HGJQ-2, HGJQ-3 e HGJQ-4) respectivamente, já incorporados aos 10% do extrato de jambu, onde esta associação apresentou uma boa incorporação, se apresentando homogêneos, viscosos, turvos, com odor característico e sem grumos. Possuindo também aspecto brilhoso com coloração levemente amarelada (conforme apresentado na figura 1), decorrente da cor do extrato. Tais características encontram-se descritas na tabela 1. Resultados semelhantes foram descritos por Lima (2017), no desenvolvimento de hidrogéis de quitosana.

**Figura 1.** Hidrogéis de quitosana.

**Fonte:** Dados da Pesquisa (2021); Da esquerda para a direita: (HGJQ-1, HGJQ-2, HGJQ-3 e HGJQ-4).

**Tabela 1.** Características organolépticas e físico-químicas dos hidrogéis.

	<b>Cor</b>	<b>Odor</b>	<b>Densidade relativa g/cm<sup>3</sup></b>	<b>Densidade absoluta g/cm<sup>3</sup></b>	<b>pH</b>	<b>Viscosidade (cP)</b>
<b>HGJQ-1</b>	Levemente amarelado	Característico	1,00	1,16	4,40	580
<b>HGJQ-2</b>	Levemente amarelado	Característico	1,01	1,18	4,79	1081
<b>HGJQ-3</b>	Levemente amarelado	Característico	1,01	1,18	4,90	3150
<b>HGJQ-4</b>	Levemente amarelado	Característico	1,01	1,18	5,02	3218

**Fonte:** Dados da pesquisa (2021).

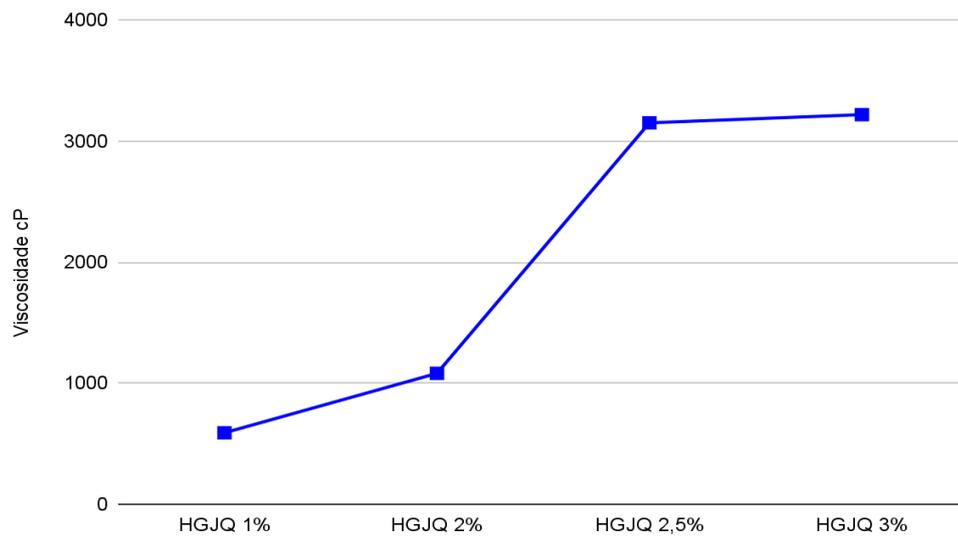
Os resultados encontrados utilizando o pHmetro nas amostras HGJQ-2, HGJQ-3 e HGJQ-4 (Tabela 1) estão em conformidade com o pH cutâneo, onde a pele apresenta pH levemente ácido que varia entre 4,6 e 5,8, contribuindo para que ocorra proteção bactericida e fungicida em sua superfície. Além disso, os valores de pH cutâneo variam de acordo com a área utilizada e com diversos fatores externos. Isso significa que os valores de pH cutâneo são considerados ácidos, sendo assim chamados de “proteção ácida da camada”, sendo muito importantes para a saúde do paciente (MELO; CAMPOS, 2016).

O teste de centrifugação tem como objetivo avaliar em curto espaço de tempo, possíveis instabilidades físicas e químicas que podem atingir as formulações. Este teste produz estresse na amostra, simulando um aumento na força da gravidade, fazendo com que haja uma maior mobilidade das partículas e antecipando possíveis instabilidades que poderão ser observadas através de precipitação ou separação de fases. Em todas as amostras, mesmo após serem submetidas a ciclos de 1000, 2500 e 3500 rpm (rotações por minuto), não se observou alterações no aspecto, nem separação de fases ou quaisquer alterações visuais. Estudos desenvolvidos por SOARES (2019), sugerem que a quitosana atua como estabilizante em sistemas submetidos ao estresse causado pela força de centrifugação.

As análises viscosimétricas foram realizadas em todas as amostras a fim de observar-se o comportamento dos hidrogéis desde a sua preparação até o momento em que adquire estabilidade estrutural.

A procura por sistemas viscosos do tipo gel dá-se pelo fato de que são mais fáceis de desenvolver do que sistemas emulsionados, os quais ainda são bastante usuais nas bases cosméticas e cosmeceúticas (DRESSLER, 2008). A partir das viscosidades medidas de cada amostra, foi construído gráfico (Figura 2) comparando a viscosidade em função da concentração do biopolímero.

**Figura 2.** Determinação da viscosidade em função da concentração do biopolímero das amostras (HGJQ-1, HGJQ-2, HGJQ-3 e HGJQ-4).



**Fonte:** Dados da pesquisa (2021).

Através do gráfico (Figura 2) é possível entender o comportamento dos sistemas nas diferentes concentrações, onde foi possível observar variações da viscosidade de acordo com o aumento da concentração da quitosana. Sendo as amostras HGJQ-1 e HGJQ-2, foram as que apresentaram as menores viscosidades. Estudos de SOARES (2019) demonstram essa variação de viscosidade de acordo com a concentração do biopolímero, onde, sistemas com menores concentrações de quitosana, apresentam uma diminuição da viscosidade.

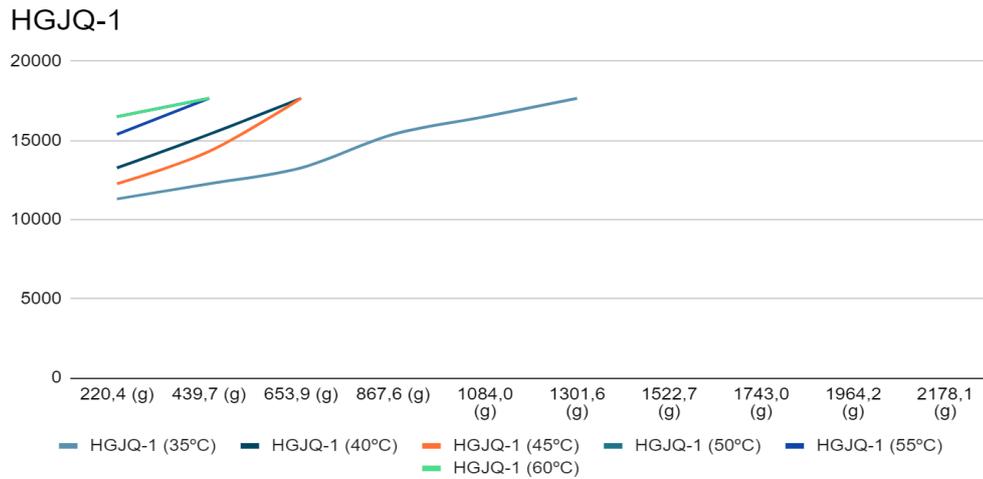
Já as amostras HGJQ-3 e HGJQ-4 apresentaram semelhanças entre os perfis, o que pode indicar uma estabilização dos sistemas nessas concentrações.

Com os valores obtidos nos testes de densidade (Tabela 1) foi observado que todas as amostras apresentaram valores acima de 0,95 a 1,05 g/cm<sup>3</sup>, valores estipulados seguindo a linha de especificação de qualidade preconizada pelo Guia de Controle de Qualidade de Produtos Cosméticos da ANVISA (BRASIL, 2008).

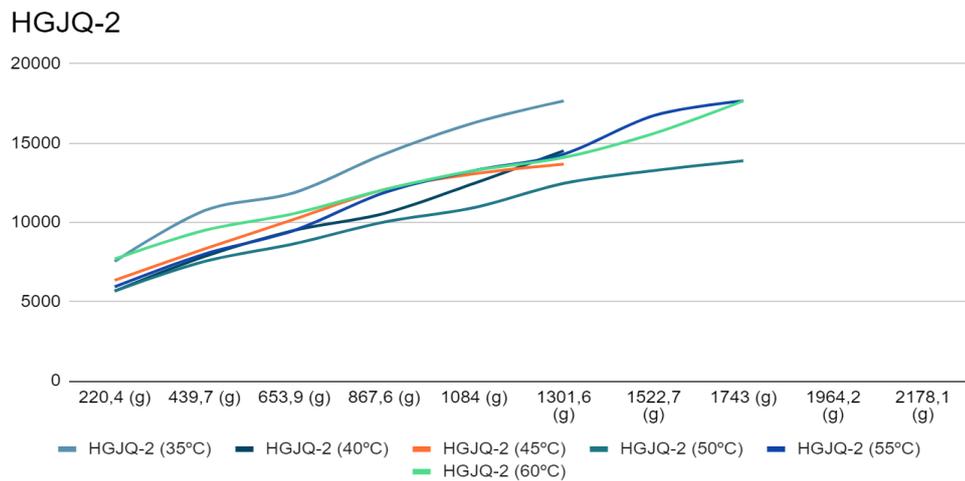
O estresse térmico, assim como o teste da centrifugação, é um teste realizado em condições extremas que podem fornecer indicações de instabilidade do produto, mostrando a necessidade ou não de modificações na sua composição das formulações (BRASIL, 2010).

As amostras submetidas ao estresse térmico em diferentes temperaturas (35°C, 40°C, 45°C, 50°C, 55°C e 60°C) não apresentaram separação de fase, entretanto sua viscosidade foi visivelmente alterada com o crescente aumento de temperatura, principalmente nas amostras HGJQ-1 e HGJQ-2.

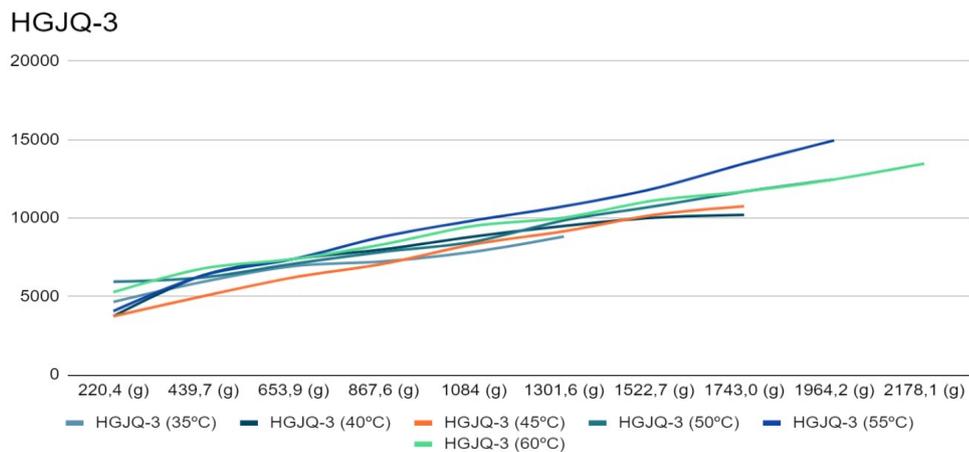
Após o estresse térmico, as amostras foram analisadas com relação a sua espalhabilidade, a fim de verificar qualquer modificação e instabilidade. Para cada amostra foi elaborado um gráfico da espalhabilidade em relação ao peso adicionado a cada uma das amostras durante o experimento (Figura 3, 4, 5 e 6). De uma forma geral a espalhabilidade de um sistema tende a ser maior quanto menor for a viscosidade da amostra analisada.

**Figura 3.** Determinação da espalhabilidade em função do peso da amostra HGJQ-1.

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

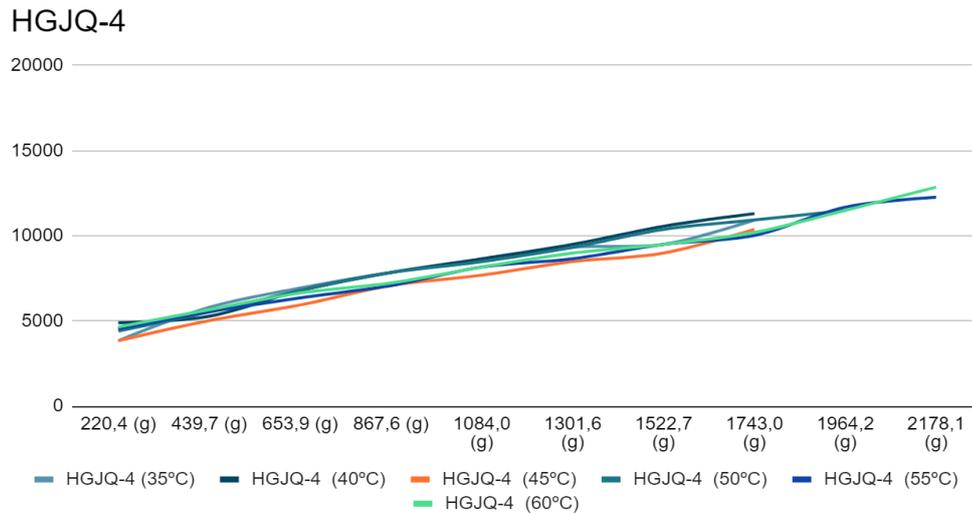
**Figura 4.** Determinação da espalhabilidade em função do peso da amostra HGJQ-2.

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

**Figura 5.** Determinação da espalhabilidade em função do peso da amostra HGJQ-3.

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

**Figura 6.** Determinação da espalhabilidade em função do peso da amostra HGJQ-4.



**Fonte:** Dados da pesquisa (2021).

Foi possível relacionar os resultados de espalhabilidade (Figura 3, 4, 5 e 6) com os resultados obtidos através da viscosimetria (Figura 1). A correlação destes resultados indica que há uma relação não linear, característica de fluidos não-newtonianos, entre a viscosidade e a espalhabilidade nesses sistemas, em que a espalhabilidade aumenta à medida que a viscosidade diminui (DRESSLER, 2008). Diante disso, foi possível constatar na amostra HGJQ-1, a amostra com menor viscosidade (Figura 2), o aumento desordenado da espalhabilidade conforme ocorre a elevação do peso e temperatura. Resultado inverso observado com a amostra HGJQ-4, que apresentou maior viscosidade (Figura 2) e menor variação da espalhabilidade em função do peso e temperatura (Figura 6), o que pode indicar uma maior estabilidade comparando com as demais amostras.

#### 4 CONCLUSÃO

Os hidrogéis de quitosana e jambu nas diferentes concentrações da quitosana apresentaram resultados satisfatórios, com aspectos homogêneos, viscosos, sem presença de grumos, odor característico e de cor levemente amarelada. O pH demonstrou capacidade ácida, onde as amostras HGJQ-2, HGJQ-3 e HGJQ-4 apresentaram valores dentro dos parâmetros estabelecidos de compatibilidade com o pH da pele. Nos testes de centrifugação, as amostras não apresentaram separação de fases, precipitados ou qualquer alteração que indicasse possível instabilidade, podendo ser considerado um indicador da compatibilidade dos componentes da formulação. Foi observado uma elevação da viscosidade de acordo com o aumento da concentração da quitosana. Visualmente, o estresse térmico demonstrou um aumento da viscosidade em função da temperatura, se mostrando mais evidente nas amostras HGJQ-1 e HGJQ-2. As amostras apresentaram relação entre a viscosidade e a espalhabilidade, onde as amostras menos viscosas mostraram uma maior espalhabilidade. Sendo assim, os hidrogéis desenvolvidos em associação ao extrato de jambu apresentaram propriedades físico-químicas satisfatórias. Desse modo, o objetivo do desenvolvimento desses sistemas é a busca por um curativo ideal, capaz de permitir a regeneração tecidual segura, eficaz, de baixo custo e com menor desconforto e comprometimento para a saúde, consequentemente aumentando a qualidade de vida de pacientes acometidos por lesões cutâneas, em que apresentou resultados promissores para trabalhos futuros *in vivo* e possíveis aplicações biomédicas.

## REFERÊNCIAS

- AHMAD, M. *et al.* Centered Bionanocomposites for Medical Specialty and Curative Applications: A Review. *International Journal of Pharmaceutics*, 2017.
- BERTOLINO, J. F. **Biomaterial de quitosana, gelatina e óleo de pequi: obtenção, caracterização, avaliação da biocompatibilidade e da atividade antimicrobiana.** 2018. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2018.
- BORGHETTI, G. S.; KNORST, M. T. **Desenvolvimento e avaliação da estabilidade física de loções O/A contendo filtros solares.** *Revista Brasileira De Ciências Farmacêuticas*, v. 42, n. 4, p. 532-537, 2006.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Farmacopeia Brasileira.** Volume 2. 5.ed. Brasília: Anvisa, 2010.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Guia de Controle de Qualidade de Produtos Cosméticos.** 2. ed. Brasília: 121 p. ANVISA, 2008.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Protocolo para prevenção de úlcera por pressão.** Brasília: MS/Anvisa/Fiocruz; 2013.
- CHAKRABORTY, A. *et al.* Preliminary studies on antiinflammatory and analgesic activities of *Spilanthes acmella* in experimental animal models. *Indian Journal of Pharmacology*. 36(3):148-150. 2004.
- CORDEIRO, M. S. F. *et al.* **Desenvolvimento tecnológico e avaliação de estabilidade de gel dermatológico a partir do óleo essencial de gengibre (Zingiber officinale Roscoe).** *Rev Bras Farm*, v. 94, p. 148-153, 2013.
- COSTA, G. **Biopolímero quitosana: propriedades, características e aplicações na cicatrização de feridas.** 2018. Monografia (Graduação em Engenharia Química) –Centro Universitário de Formiga. UNIFOR. Minas Gerais, 2018.
- DEVESA, R. R. *et al.* Optimisation of entrapped activated carbon conditions to remove coloured compounds from winery wastewaters. *Bioresource Technology*. 102:6437– 6442, 2011
- DRESSLER, A. C. **Propriedades reológicas de compósitos sol-gel de quitosana/glicerol/nanoelementos.** 2008. Dissertação (Mestrado em Química) –Química industrial, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.
- FREITAS, A. **Avaliação da cicatrização de feridas por hidrogel contendo extrato seco padronizado de *Hyptis pectinata* (L.) em ratos.** 2018. Tese (Doutorado em Saúde) –Universidade Federal de Sergipe. Aracajú, 2018.
- FREITAS, V. S. **Desenvolvimento e avaliação da eficiência de um bioadesivo contendo extrato de *Spilanthes acmella* L. Murray para administração oral como anestésico tópico.** 2014. Dissertação (Mestrado em Odontologia) –Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2014.
- HUANG, W. C. Topical Spilantol inhibits MAPK signaling and improves allergic reactions Inflammation in DNCB-induced atopic dermatitis in mice. *Int. J. Mol. Sci.*, 20, 2490, 2019
- JAYAKUMAR, R. *et al.* Biomaterials based on chitin and chitosan in wound dressing applications. *Biotechnology Advances*, v. 29, n. 3, p. 322– 337, 2011.
- LENTSCK, M. *et al.* **Quality of life related to clinical aspects in people with chronic wound.** *Rev Esc Enferm USP*. 52:e03384. 2018.
- LIMA, L. F. **Gel de biopolímero para tratamento da pediculose.** 2017. Dissertação (Mestrado em Ciência, Tecnologia e Inovação) - Universidade Estadual do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.
- LIMA, W. S. **Obtenção e estudo da estabilidade preliminar de formulações de gloss labial contendo açai (*Euterpe oleracea*).** 2014. Monografia (Graduação em farmácia) –Centro Universitário Luterano de Palmas, Tocantins, 2014.

MELO, M. O.; CAMPOS, P. M. G. M. Função de Barreira da Pele e pH cutâneos. **Cosmetics & Toiletries**, v. 28, 2016

MONTEIRO, M. *et al.* Desenvolvimento e avaliação de hidrogéis de carboximetilcelulose para o tratamento de feridas. **Infarma Ciências Farmacêuticas**. 10.14450/2318-9312, v32, e1, pp41-55. 2020.

NAIK, A. D. *et al.* Process for purification of monoclonal antibody expressed in transgenic Lemna plant extract using dextran-coated charcoal and hexamer peptide affinity resin. **Journal of Chromatography A**. 2012; 1260: 61-6.

NEVES, A. C. Otimização de processos de obtenção de quitosana a partir de resíduos da carcinicultura para aplicações ambientais. **Rev. Brasileira de Energias Renováveis**, v. 2, p. 34-47, 2013.

NOMURA, R. C. O. *et al.* Antinociceptive effects of ethanolic extract from the flowers of *Acmella oleracea* (L.) R.K. Jansen in mice. **Journal of Ethnopharmacology**. 150:583–589. 2013.

OU, S. *et al.* Separation and purification of ferulic acid in alkaline-hydrolysate from sugarcane bagasse by activated charcoal adsorption/anion macroporous resin exchange chromatography. **Journal of Food Engineering**. 78: 1298-1304. 2007.

PINTO, A. S. **Otimização de processos de obtenção de quitina e quitosana do exoesqueleto do camarão amazônico (*Macrobrachium amazonicum*, HELLER, 1863)**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia dos Alimentos) – Instituto Tecnológico, Universidade Federal do Pará, Belém, 2014.

SANTIAGO, F. H. B. **A quitosana e suas aplicações: uma análise exploratória de dados bibliográficos**. Monografia (Graduação em Química do Petróleo) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2016.

SANTOS, D. S. **Desenvolvimento de Método por CLAE-DAD para Determinação de Espilantol em *Spilanthès acmella* (L.) Murray**. 2010. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2010.

SILVA, M. O. **Atividade farmacológica e toxicológica das flores de *Acmella oleracea* (L.) R.K. Jansen**. 2013. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais da Amazônia) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, 2013.

SINGH, A. V. **Biopolymers in drug delivery: a review**. *Pharmacologyonline*, pp. 666 - 674. 2011.

SIQUEIRA, J. C. **Avaliação da estabilidade de uma emulsão cosmética Cold Cream contendo diferentes tipos de ceras**. 2016. Monografia (Graduação em Química Industrial) – Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, 2016.

SOARES, L. S. Insights on physicochemical aspects of chitosan dispersion in aqueous solutions of acetic, glycolic, propionic or lactic acid. **International Journal of Biological Macromolecules**. 128, 140–148. 2019

THAKUR, S.; SAGAR, A.; PRAKASH, V. Studies on Antibacterial and Antioxidant Activity of Different Extracts of *Spilanthès acmella* L. *Plant Arch*. 19, 1711–1717. 2019.

WU, L. *et al.* Anti-inflammatory effect of Spilantol from *Spilanthès acmella* on murine macrophages by down-regulating LPS-induced inflammatory mediators. **J. Agric. Food Chem.**, 56, pp. 2341 - 2349. 2008.

YAMANE, L. T. **Avaliação de formulações tópicas contendo extrato etanólico de *acmella oleracea* (L.) r.k. jansen (jambu), associado à óleo essencial de *achyrocline satureioides lam* (macela)**. 2016. Dissertação (Mestrado em Clínica Médica) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2016.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço aos meus pais e irmão: Orivaldo, Suzana e Mateus, principalmente a minha mãe, meu amor maior, agradeço por tamanha dedicação, paciência, persistência, por me acolher quando eu desanimei, por me ver chorar tantas vezes e saber que era necessário para a minha evolução pessoal, profissional e espiritual. Por serem meu porto seguro mesmo em meio a problemas financeiros e pessoais durante o curso, me ajudando a superar os obstáculos do percurso e a me manter firme no meu propósito. Vocês acreditaram junto comigo, essa vitória é nossa.

Aos meus padrinhos, Jailton e Noélia, pelo apoio que foi fundamental, sem vocês nada disso teria acontecido, ao meu amigo, Camilo, companheiro de estrada, obrigado pelas experiências vividas ao teu lado, à minha família, minhas tias: Noeme, Gersa, Patricia e Miriam, em especial a minha vovó Socorro, aos amigos: Gabriela e Larissa, que também estiveram presentes na minha caminhada, àqueles que encontrei durante o curso, onde nossos trajetos se cruzaram numa relação de apoio mútuo. De modo especial, agradeço pelos que tornaram essa jornada mais leve: Francine e Raquel. Obrigada por todo carinho, resiliência e solidariedade, sei que posso contar com vocês e o sentimento é recíproco.

Ao corpo docente e todos os funcionários que compõem a Universidade Estadual da Paraíba, a qual sou honrado em fazer parte dessa história, pelos mestres comprometidos com sua vocação e extremamente competentes. Em especial à Professora Rosemary, no qual tive o privilégio de ser seu aluno na iniciação científica, obrigado pela paciência, à Professora Lidiane, sempre amiga e acolhedora, de coração gigante, à Paulo, meu orientador, sempre solícito e atencioso, obrigado pelas boas conversas. Meus sinceros agradecimentos.