



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS**  
**DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA**  
**CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

**NAELE COELHO DA ROCHA**

**CARACTERIZAÇÃO DO POLISSACARÍDEO DE RESERVA DE PAREDE DAS**  
**SEMENTES DE *Mimosa tenuiflora* (Willd)**

**FORTALEZA**

**2020**

NAELE COELHO DA ROCHA

CARACTERIZAÇÃO DO POLISSACARÍDEO DE RESERVA DE PAREDE DAS  
SEMENTES DE *Mimosa tenuiflora* (Willd)

Monografia apresentada ao curso de Ciências Biológicas do Departamento de Biologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientador: Profa. Dra. Maria Izabel Gallão.

**FORTALEZA**

**2020**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

R574c Rocha, Naele Coelho da.  
Caracterização do polissacarídeo de reserva de parede das sementes de *Mimosa tenuiflora* (Willd) / Naele Coelho da Rocha. – 2020.  
28 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências,  
Curso de Ciências Biológicas, Fortaleza, 2020.  
Orientação: Profa. Dra. Maria Izabel Gallão.

1. Caatinga. 2. Galactomanano. 3. Leguminosae. 4. Semente. I. Título.

CDD 570

---

NAELE COELHO DA ROCHA

CARACTERIZAÇÃO DO POLISSACARÍDEO DE RESERVA DE PAREDE DAS  
SEMENTES DE *Mimosa tenuiflora* (Willd)

Monografia apresentada ao curso de Ciências  
Biológicas do Departamento de Biologia da  
Universidade Federal do Ceará, como requisito  
parcial para a obtenção do título de Bacharel em  
Ciências Biológicas.

Aprovada em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

Profa. Dra. Maria Izabel Gallão (Orientadora)

Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Msc. Pâmela Clemente de Meneses Silva

---

Msc. Rafael Guimarães Gomes Silva

Dedico à minha mãe, Rosa; meu pai, Amâncio; irmãs, Solange e Janelane; irmãos, Amâncio e Anderson; minha tia Lourdes e meu sobrinho Victor Ruan e minha família felina, (Demétrius, Petrus e Katrina). Com todo meu Amor.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me dar forças para concluir mais uma etapa.

A minha família: minha mãe, Rosa, meu Pai, Amâncio. Minhas irmãs Solange, e Janelane, irmãos, Amâncio e Anderson, minha tia Lourdes e sobrinho Victor Ruan. Não há formas de agradecer o que vocês fazem por mim. Obrigada por todo amor e por vibrarem em cada uma de minhas vitórias. Amo vocês.

Agradeço a minha orientadora, Maria Izabel Gallão, que mais uma vez contribui para o meu desenvolvimento acadêmico. Obrigada por tudo.

Aos membros da banca, Pâmela e Rafael por aceitarem o convite para participarem da banca e por suas contribuições para este TCC.

Aos integrantes do Laboratório de Biologia Celular Vegetal, por compartilhar conhecimento e pelos momentos de descontração.

Agradeço a EMBRAPA Agroindústria Tropical, ao Dr. Edy Brito e ao pessoal do laboratório de multiusuário de química de produtos naturais – LMQPN pelo acolhimento e contribuição prestada a mim. Agradeço ainda ao pessoal do Laboratório de Tecnologia de Biomassa, também da EMBRAPA.

Agradeço também a Professora Dra. Nágila Ricardo e ao laboratório de Polímeros e Inovação de Materiais – LPIM.

Enfim, a todos que direta ou indiretamente contribuíram de alguma forma ao longo da minha caminhada. E que nesse momento de escrita de TCC e pandemia se fizeram presente de alguma forma. Sou grata, obrigada!

## RESUMO

Popularmente conhecida como Jurema-preta, a *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir, pertence à família Fabaceae, subfamília Mimosoideae. Ocorre desde o Piauí até a Bahia, na Caatinga e no Carrasco. Essa espécie é encontrada em formações secundárias de várzeas com bom teor de umidade, solos profundos, alcalinos e de boa fertilidade. Entretanto, floresce até mesmo em áreas de solo erodido, pedregosos ou secos. Apresenta potencial como planta regeneradora de ambientes degradados, e indicadora de sucessão ecológica. Além de usos com potencial farmacológico, como vários estudos já demonstraram. Dentre eles, os polissacarídeos, que são macromoléculas naturais encontrados em todos os organismos vivos, e que constituem um grupo de compostos mais abundantes e importantes da biosfera, são exemplo, a celulose e o amido, nas plantas, e o glicogênio nos animais. Dentre os polissacarídeos encontramos, em *M. tenuiflora* temos os galactomananos, que geralmente são localizados nas paredes celulares das células do endosperma das sementes de algumas leguminosas, como exemplo, a *M. tenuiflora*. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi caracterizar quimicamente o galactomanano extraído de sementes de *M. tenuiflora* (Willd). Os ensaios realizados foram, ressonância magnética, que consiste em uma importante técnica espectroscópica no estudo de aspectos estruturais e dinâmicos de moléculas orgânicas em solução; potencial zeta, tamanho de partícula, que objetiva determinar a estabilidade da dispersão coloidal; e reologia, que estuda a deformação e o fluxo dos materiais sob influência de tensões. O rendimento de galactomanano foi de aproximadamente 3 %. A análise de RMN indicou uma razão de manose:galactose para o galactomanano de 0,62:1. A qual sugere que o polissacarídeo apresenta maior quantidade de galactose do que manose em sua estrutura, influenciando na solubilidade do galactomanano. O resultado para potencial zeta foi de - 5,81 mV, por estar próximo a zero, o qual demonstra que o polissacarídeo pode apresentar uma baixa estabilidade. No entanto, através de combinações com outros componentes o galactomanano de *M. tenuiflora* pode ser utilizado para modular as características de liberação de drogas através interação goma-polímero ou goma-íon, por exemplo. O tamanho de partícula verificado foi de 3283 d. nm. Quanto à reologia, todas as amostras apresentaram comportamento de fluido não newtoniano e pseudoplástico independente das concentrações de galactomanano.

**Palavras-chave:** Caatinga. Galactomanano. Leguminosae. Semente.

## ABSTRACT

Popularly known as Jurema-preta, *Mimosa tenuiflora* (Willd.), belongs to the Fabaceae family, subfamily Mimosoideae. It occurs from Piauí to Bahia, Caatinga and Carrasco. This species is found in secondary floodplain formations with good moisture content, deep, alkaline soils and good fertility. However, it blooms even in areas of eroded, or dry soil. It has potential as a regenerating plant in degraded environments, and an indicator of ecological succession. In addition to uses with pharmacological potential, as several studies have already demonstrated. Among them, polysaccharides, which are natural macromolecules found in all living organisms, and which constitute a group of the most abundant and important compounds in the biosphere, are, for example, cellulose and starch, in plants, and glycogen in animals. Among the polysaccharides we find, in *M. tenuiflora* we have galactomannans, which are usually located in the cell walls of the endosperm cells of the seeds of some legumes, for example, *M. tenuiflora*. Therefore, the objective of this work was to characterize chemically the galactomannan extracted from *M. tenuiflora* (Willd) seeds. The tests carried out were magnetic resonance imaging, which consists of an important spectroscopic technique in the study of structural and dynamic aspects of organic molecules in solution; zeta potential, particle size, which aims to determine the stability of the colloidal dispersion; and rheology, which studies the deformation and flow of materials under the influence of stresses. The galactomannan yield was approximately 3%. NMR analysis indicated a ratio of mannose: galactose to galactomannan of 0.62: 1. Which suggests that the polysaccharide has a higher amount of galactose than mannose in its structure, influencing the solubility of galactomannan. The result for zeta potential was - 5.81 mV, as it is close to zero, which demonstrates that the polysaccharide may have a low stability. However, through combinations with other components, *M. tenuiflora* galactomannan can be used to modulate drug release characteristics through gum-polymer or gum-ion interaction, for example. The verified particle size was 3283 d. nm. As for rheology, all samples showed non-Newtonian and pseudoplastic fluid behavior regardless of galactomannan concentrations.

**Keywords:** Caatinga. Galactomannan. Leguminosae. Seed.



## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>07</b>
1.1.	Leguminosae.....	07
1.2.	Semente e compostos de reserva.....	08
1.3.	Polissacarídeos de parede celular.....	10
1.4.	Galactomanano.....	11
1.5.	Análises realizadas.....	13
<b>2.</b>	<b>OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICOS.....</b>	<b>14</b>
2.1.	Objetivo geral.....	14
2.2.	Objetivos específicos.....	14
<b>3.</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>15</b>
3.1.	Extração do polissacarídeo das sementes de <i>M. tenuiflora</i> (Willd).....	15
3.2.	Caracterização do polissacarídeo de sementes de <i>M. tenuiflora</i> (Willd).....	17
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>18</b>
4.1.	Rendimento.....	18
4.2.	Caracterização do polissacarídeo.....	19
<b>5.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>24</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>25</b>

## 1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

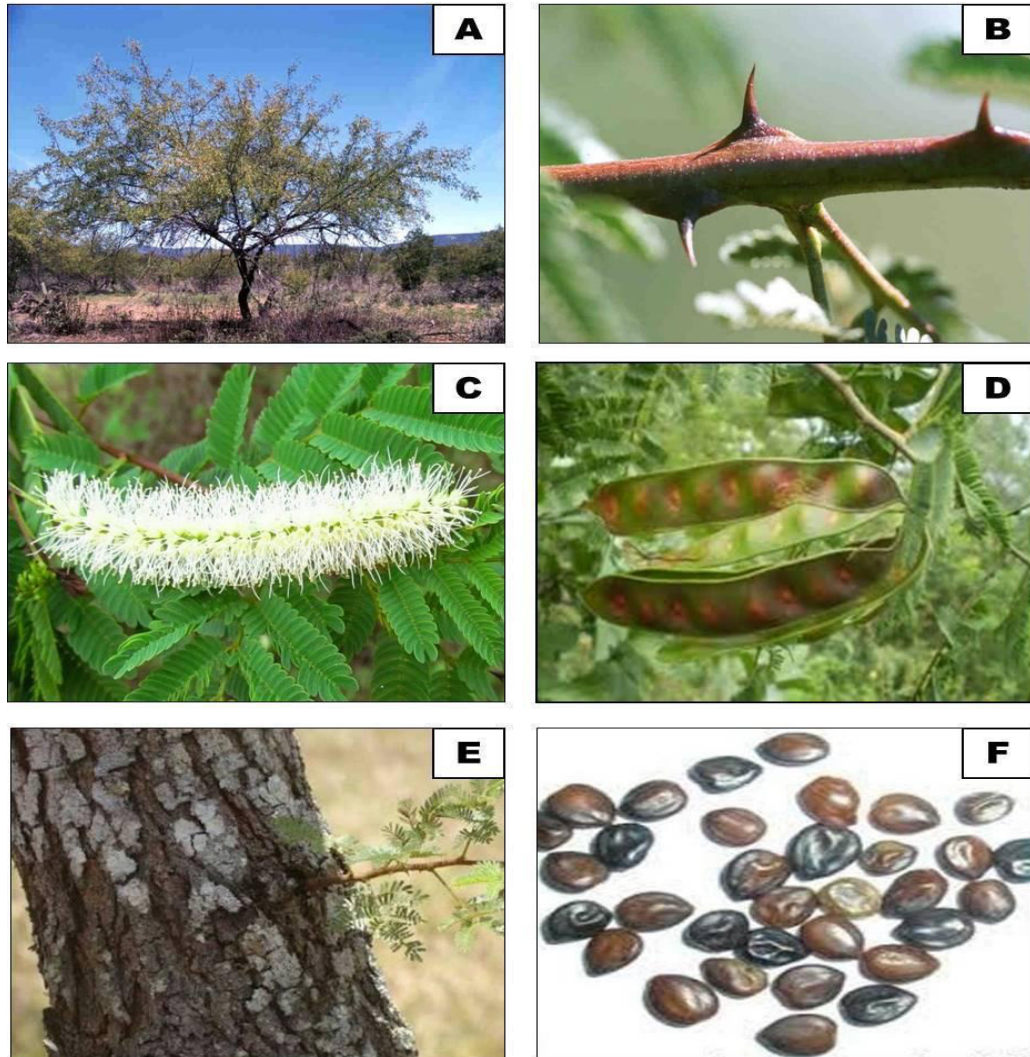
### 1.1 Leguminosae

Leguminosae (Fabaceae) representa a terceira maior família de angiospermas e uma ampla distribuição geográfica, exceto na Antártida. A nível de Brasil é considerada a família com maior diversidade de espécies nos biomas do país. (ARAÚJO, 2018). Dentre as espécies dessa família encontramos a *Mimosa tenuiflora* ou Jurema-preta de *jurema*, que significa espinheiro suculento. Árvore com cerca de 5 - 7 m de altura, caule ereto muito escuro ou levemente inclinado, perdendo parte das folhas durante a estação seca e florescendo durante longo período do ano, com predomínio nos meses de setembro a janeiro, e amadurecimento dos frutos nos meses de fevereiro a abril. Ocorre desde o Piauí até a Bahia, na Caatinga e no Carrasco (MAIA, 2012).

Uma diversidade de uso já foi relacionada a *M. tenuiflora*, como na medicina caseira; medicina veterinária popular devido seu efeito cicatrizante; restauração florestal, sendo uma planta pioneira, combatendo a erosão do solo para a primeira fase de restauração florestal de áreas degradadas; fornecimento de néctar e pólen para as abelhas, principalmente nos períodos secos; forrageamento de bovinos, caprinos e ovinos e aplicações industriais (MAIA, 2012).

A espécie também apresenta grande importância cultural, sendo considerada sagrada para muitos grupos indígenas do semi-árido pernambucano, os quais utilizavam as raízes na preparação de uma bebida chamada “ajucá ou vinho da jurema” utilizada em cerimônias indígenas. As flores e ramos são utilizadas em banhos lustrais ou de defesa no candomblé. O pó da casca era usado pelos Maias desde o século X em lesões cutâneas como antisséptico natural (MAIA, 2012).

**Figura 1.** Árvore de *Mimosa tenuiflora* em ambiente de Caatinga contendo órgãos vegetativos e reprodutivos. A) Corpo vegetal; B) Ramos vegetativos contendo acúleos; C) Folhas compostas alternas bipinadas e inflorescência do tipo espiga; D) Fruto do tipo vagem deiscente; E) Tronco; F) Sementes.



Fonte: [www.hospitaldasplantas.com.br](http://www.hospitaldasplantas.com.br); [www.cnip.org.br](http://www.cnip.org.br).

## 1.2 Sementes e compostos de reserva

Biologicamente, a semente é o resultado de uma tendência evolutiva à redução do gametófito, passando de um organismo individualizado e autotrófico como as briófitas a um “parasito” do esporófito como nas angiospermas. Constituem a unidade reprodutiva das espermatófitas, e sua função está relacionada à dispersão e sobrevivência da espécie. Variam

em tamanho, forma, peso, coloração e aspecto superficial da testa, (APPEZZATO-DA-GLÓRIA; CARMELLO-GUERREIRO, 2012; KERBAUY, 2013).

Nas Angiospermas, a semente provém do óvulo como resultado do processo de dupla fecundação, nos quais um dos gametas masculinos se funde ao núcleo da oosfera (singamia), originando o zigoto diploide e posteriormente o embrião. O outro gameta masculino se funde com os dois núcleos polares do saco embrionário (fusão tripla), originando o endosperma triploide, e o tegumento ou testa (formado a partir dos integumentos que envolvem o óvulo) (APPEZZATO-DA-GLÓRIA; CARMELLO-GUERREIRO, 2012; KERBAUY, 2013).

Funcionalmente, as sementes são formadas pelo embrião, podendo apresentar um, dois ou mais cotilédones e eixo embrionário, pelo tegumento (casca), que apresenta função de estrutura protetora, e por tecido de reserva (endosperma, perisperma), podendo em alguns casos estar ausente. A forma, tamanho e posição do embrião maduro nas sementes em relação ao tecido de reserva (endosperma ou perisperma) são tão distintos nos diferentes grupos de plantas que podem ser utilizados para a identificação das sementes em famílias, gêneros ou espécies (KERBAUY, 2013).

O tegumento pode apresentar coloração uniforme, em tons castanhos, preto, cinza, branco, vermelho, amarelo-esverdeado, no entanto, prevalecem os tons marrons. Confere a troca de matéria entre os meios interno e externo, proteção das partes internas de choques mecânicos, barreira contra microrganismos, controle de trocas gasosas e regulação da germinação (dormência).

Contudo, ao longo do desenvolvimento pode sofrer lignificação, suberização ou cutinização, o que possibilita o aumento da resistência às trocas gasosas, de água e de solutos entre a semente e o meio. A estrutura e consistência variam muito, alguns podem ser mais tênues (membranáceos, papiráceos ou coriáceos) ou muito resistentes (córneos ou pétreos) (FERREIRA; BORGHETTI, 2004; KERBAUY, 2013).

Os compostos de reserva das sementes podem localizar-se nos cotilédones, no endosperma ou no perisperma. A reserva nos cotilédones ocorre quando o embrião se desenvolve bastante absorvendo todo o endosperma. Essas sementes são conhecidas como exalbuminosas, como exemplo as leguminosas. A reserva no endosperma ocorre na maioria das sementes, podendo permanecer na semente madura ou ser total ou parcialmente consumido pelo embrião durante seu desenvolvimento (APPEZZATO-DA-GLÓRIA; CARMELLO-GUERREIRO, 2012).

Os tipos de compostos de reserva são variáveis, o endosperma pode apresentar caráter oleaginoso (rico em gordura), como no caso as Euphorbiaceae e Papaveraceae córneo (com paredes celulares espessadas, de consistência dura), carnosos (rico em reservas celulósicas menos compactas), mucilaginoso (com compostos altamente higroscópicos), e amiláceo (constituído basicamente de amido). Nas sementes em que o embrião é formado por cotilédones bem desenvolvidos o endosperma apresenta função de nutrição, sendo consumido pela semente (APPEZZATO-DA-GLÓRIA; CARMELLO-GUERREIRO, 2012; KERBAUY, 2013).

Em relação às reservas de carboidratos, os principais tipos encontrados em sementes são a sacarose, os oligossacarídeos da série rafínósica, o amido e os polissacarídeos de parede celular. A sacarose é praticamente universal, os oligossacarídeos ocorrem em muitas dicotiledôneas, o amido, um dos de grande ocorrência nos vegetais superiores e os polissacarídeos de parede celular ocorrem em alguns grupos taxonômicos que além dessa função de reserva, atuam secundariamente no controle de absorção e distribuição de água nos diferentes tecidos das células (FERREIRA; BORGHETTI, 2004).

Os polissacarídeos de reserva são mais abundantes em ocorrência na natureza, podendo chegar a representar até 40% do peso seco da semente, como os galactoxiloglucanos de *H. courbaril*, ou até 12-20 % como os galactomananos em endospermas de *Dimorphandra mollis* (ALVES, 2013). Em um estudo com sementes de *Libidibia férrea*, Aragão (2018) obteve rendimento de 11 % (p/p) em galactomanano, já Gallão *et al.* (2013) obteve um rendimento de quase 9 % de polissacarídeo.

### **1.3 Polissacarídeos de reserva de parede celular**

Os polissacarídeos de parede celular podem ser divididos em estruturais e de reserva. Em polissacarídeos estruturais as paredes primárias apresentam celulose, hemiceluloses, pectinas, enzimas e proteínas estruturais. As secundárias também apresentam celulose e hemiceluloses, porém, apresentam pouca proteína ou pectina, e apresentam lignina. Em algumas sementes a parede celular dos tecidos de reserva é bastante espessa e contém depósitos de polissacarídeos que são mobilizados após a germinação (MENDES *et al.*, 2017).

Em algumas sementes a parede celular dos tecidos de reserva é bastante espessa e contém depósitos de polissacarídeos que são mobilizados após a germinação (MENDES *et al.*, 2017). São heteropolissacarídeos, podendo apresentar caráter ácido ou neutro, e encontram-se geralmente em tecidos de reserva de leguminosas. Nas sementes, atuam fisiologicamente como retentores de água que auxiliam na germinação, são as hemiceluloses e pectinas. São em sua

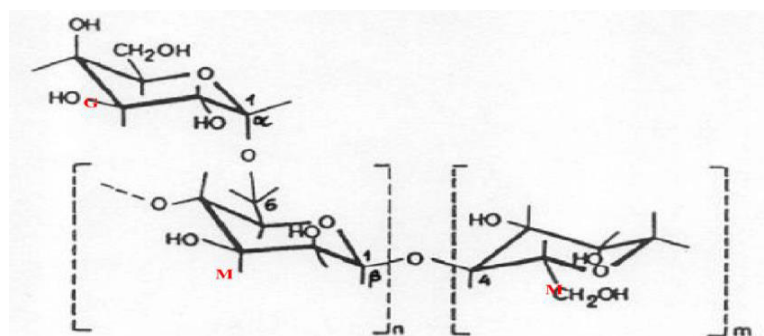
maioria solúveis em água e formam dispersões viscosas e estáveis, além de distribuir ao redor do embrião durante o processo de embebição e germinação da semente (MENDES *et al.*, 2017).

Os diferentes tipos de uso dos polissacarídeos dependem de suas propriedades, como capacidade de formação de géis em meio aquoso, compatibilidade a uma variedade de diferentes faixas de temperatura, pH, apresentando ainda, estabilidade e alta solubilidade. Propriedades estas que dependem das características químicas, físicas e estruturais de cada polímero, como massa molar, configuração anomérica, conformação, presença de grupos funcionais tipo (furanose ou piranose), grau de substituição dos monômeros e a posição das ligações glicosídicas entre as unidades (SOUZA *et al.*, 2010). Buckeridge *et al.* (2000 *apud* ARAGÃO, 2018) ressalta que com base em aspectos estruturais, os polissacarídeos de reserva de parede celular são agrupados em três grandes classes: as mananas (mananas, glucomananas e galactomananos), xiloglucanas e galactananas.

#### 1.4 Galactomanano

Dentre as classes de polissacarídeos de parede celular, os galactomananos são polissacarídeos neutros comumente encontrados no endosperma das sementes que desempenham um papel de reserva principalmente nos primeiros estágios da germinação (FERREIRA; BORGHETTI, 2004). São construídos por uma cadeia principal de  $\beta$ - (1-4) -D-manana com ramificações únicas de D-galactose vinculado a ligações  $\alpha$ - (1-6) (Figura 2). Sendo a variação de seu peso molecular e a relação manose/galactose (M/G) intimamente ligados à sua fonte vegetal, (ARAGÃO, 2018).

**Figura 2.** Estrutura genérica de galactomanano.



Fonte: [www.researchgate.net](http://www.researchgate.net)

A razão M/G e o rendimento da extração também servem como parâmetros para diferenciarem as subfamílias; Caesalpinoideae, Mimosoideae, Faboideae (ALBUQUERQUE *et al.*, 2016; MENDES *et al.*, 2017).

As principais fontes vegetais de galactomananos para aplicações comerciais em produtos alimentares e não-alimentares vêm sendo obtidas de *Cyamopsis tetragonoloba* (goma guar), *Caesalpinia spinosa* (goma tara) e *Ceratonia siliqua* (goma de alfarroba) e em menor escala gomas extraídas de *Cassia tora* e de feno-grego *Trigonella foenum-graecum*. Os galactomananos utilizados particularmente na indústria de alimentos são os de goma guar e alfarroba. Os de Tara e gomas de feno-grego não são amplamente utilizados devido a baixa disponibilidade e elevado custo (ANDRADE *et al.*, 2018; ALBUQUERQUE *et al.*, 2016; MENDES *et al.*, 2017).

Galactomananos com maior teor de galactose apresentam pouca tendência a formar géis e geralmente possuem uma menor viscosidade. A substituição da galactose fornece impedimento estérico às associações de cadeias, melhorando a solubilidade como pode ser observado na *Trigonella foenum-graecum* (feno-grego), as quais são altamente solúveis mesmo em água fria. O extremo oposto é verificado para a goma de alfarroba, que tem o menor grau de substituição, tornando o polissacarídeo solúvel somente em água quente (KONTOGIORGOS, 2019).

A proporção varia aproximadamente entre 1:1 (Feno-grego), 2:1 (guar), 3:1 (tara) ou 4:1 (alfarroba). Por exemplo, a razão M/G 3:1 indica que um resíduo de galactose é encontrado a cada três unidades de manose. Quanto menor essa razão, maior a solubilidade (KONTOGIORGOS, 2019).

Dentre as vantagens na utilização dos galactomananos estão a capacidade de formar soluções muito viscosas em concentrações relativamente baixas, contudo, pH, força iônica, e temperatura podem afetar essa propriedade e a capacidade de formar géis com certos sais metálicos, isso é importante para a utilização na indústria têxtil para a impressão de corantes de IVA em duas fases, produzindo impressões brilhantes e nítidas. Apresentam ainda, uma fácil formação de ligações de hidrogênio e pode ser amplamente utilizado na indústria de papel e na mineração, os quais usados como agentes químicos de flotação em superfícies minerais hidratadas (PRAJAPATI *et al.*, 2013).

## 1.5 Análises realizadas

Os ensaios realizados para a caracterização do galactomanano de *M. tenuiflora*, foram, ressonância magnética, potencial zeta, tamanho de partícula e reologia.

A ressonância magnética nuclear (RMN) consiste em uma importante técnica espectroscópica no estudo de aspectos estruturais e dinâmicos de moléculas orgânicas em solução (SOUZA *et al.*, 2010). Dentre as técnicas de RMN utilizadas estão a do hidrogênio (<sup>1</sup>H) e de carbono treze (<sup>13</sup>C) e correlações homonuclear (<sup>1</sup>H<sup>1</sup>H), como o COSY (Homonuclear Correlation Spectroscopy) e heteronuclear (<sup>13</sup>C<sup>1</sup>H) HMQC (Heteronuclear Multiple Quantum Coherence) (SOUZA *et al.*, 2010).

Já a análise de potencial zeta objetiva determinar a estabilidade da dispersão coloidal. É uma medida da magnitude da repulsão / atração eletrostática entre cargas ou partículas que estão fortemente envolvidas em fenômenos, como dispersão, floculação ou agregação. Através dele é possível estimar o tamanho médio das partículas (ARAGÃO, 2018). Está também relacionada com a estabilidade dos sistemas aquosos, que se dá em um intervalo de 30 mV a -30mV (MENDES *et al.*, 2017).

Enquanto a reologia é a ciência que estuda a deformação e o fluxo dos materiais sob influência de tensões (BARNES; HUTTON; WALTERS, 1989). De acordo com a definição utilizada por Schramm (2006) sólidos ideais são aqueles que se deformam elasticamente, sendo a energia necessária para a deformação completamente recuperada quando a tensão é removida. E os fluidos ideais são aqueles que se deformam irreversivelmente, e a energia requerida neste processo dissipada em forma de calor, não sendo recuperada quando a tensão é retirada (ALBUQUERQUE, 2013).

Na reologia de sólidos, a propriedade de maior interesse é a elasticidade, enquanto nos líquidos a viscosidade é a propriedade mais importante. Porém, entre esses dois comportamentos existem os materiais que se comportam ora como líquidos ora como sólidos, dependendo da tensão, da frequência ou da temperatura a que são expostos, sendo denominados de viscoelásticos (ALBUQUERQUE, 2013).



## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

- Caracterizar quimicamente o polissacarídeo de reserva de parede celular do endosperma das sementes de *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar a razão M/G do polissacarídeo obtido, a partir da realização de análise de Ressonância Magnética Nuclear (RMN);
- Determinar o Potencial Zeta da solução do polissacarídeo obtido;
- Conhecer as características Reológicas da solução do polissacarídeo obtido.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Extração do polissacarídeo das sementes de *Mimosa tenuiflora*

O processo de extração do polissacarídeo foi realizado no Laboratório de Biologia Celular Vegetal do Departamento de Biologia da UFC e consistiu das seguintes etapas:

Foram pesados 150 g de sementes, as quais foram levadas para aquecimento por cinco minutos em um litro (1 L) de água fervente. Deixou-se esfriar um pouco, e posteriormente o material foi levado para refrigeração por 24 horas. (Fig. 3a).

Posteriormente foi realizada a lavagem do material passando-o por uma peneira em três ciclos, usou-se um litro (1 L) de água destilada durante essa etapa do procedimento, em seguida efetuou-se a filtração em tecido de polietileno, essa etapa também se repetiu por três ciclos. (Fig. 3b).

Em seguida foi verificado o volume obtido do material e determinada a proporção de álcool necessário, 1:2 (material: álcool), e deixado sob refrigeração por 24 horas para precipitação do polissacarídeo (Fig. 3c e Fig. 3d).

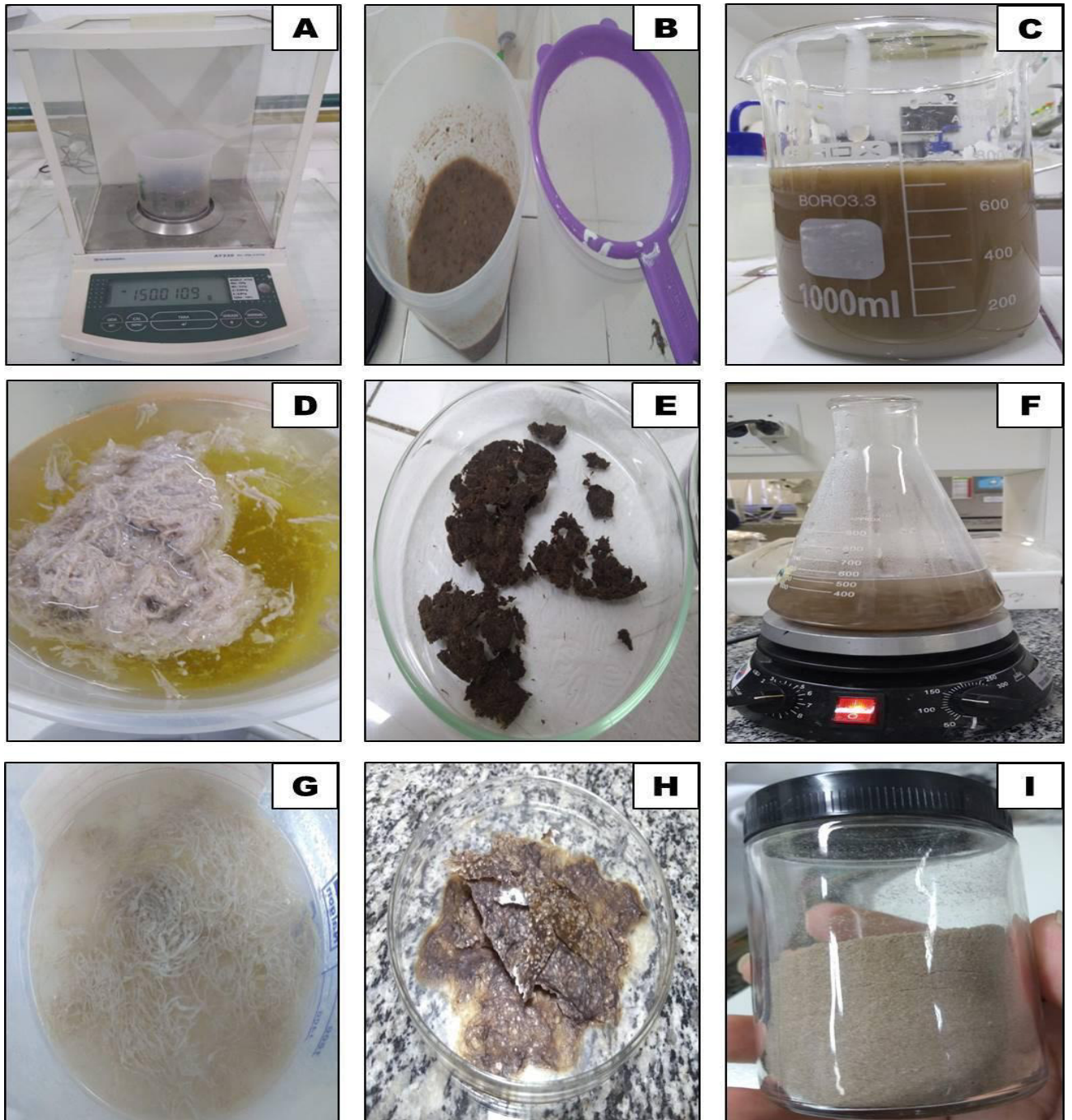
O material foi coletado com auxílio de uma peneira e colocado em camadas finas em placas de Petri. Fez-se a secagem em estufa a 60°C por aproximadamente uma hora, retirou-se as placas de Petri, deixando esfriar um pouco, e em seguida fez-se a verificação do peso do polissacarídeo obtido. A massa foi anotada para posteriormente ser utilizada no cálculo de rendimento. (Fig. 3e).

O material seco foi colocado em um erlemeyer com água e levado para aquecimento com agitação por aproximadamente 30 minutos após ter atingido a temperatura de 80 C. O tempo pode variar dependendo da solubilidade do material. Após a total solubilização, o material foi filtrado em pano de polipropileno e verificado seu volume. (Fig. 3f).

Em seguida foi adicionado álcool na proporção de 1:2 deixando-o sob refrigeração por 24 horas. Passado esse período, foi retirado do álcool e colocou em placas de petri para secagem a temperatura ambiente. Essa etapa foi realizada por mais duas vezes e posteriormente o material foi colocado em tubos de tipo falcon, sendo então congelados no ultra-freezer e levados para o liofilizador. (Fig. 3g).

E por fim, foi realizada a pesagem final e comparou-se com o peso inicial de sementes para calcular o rendimento (Fig. 3i). Na (Fig. 3) encontram-se as fotos do processo de extração realizado.

**Figura 3.** Extração do Polissacarídeo de *Mimosa tenuiflora* (Willd) Poir. 3a) Pesagem das sementes; 3b) Sementes após cozimento e filtração; 3c) Material obtido após a filtração; 3d) Precipitação do composto em álcool; 3e) Secagem em estufa a 60 °C; 3f) Purificação; 3g); Segunda precipitação em álcool; 3h) Segundo processo de secagem em estufa; 3i) Polissacarídeo liofilizado.



Fonte: A autora.

## **3.2 Caracterização do polissacarídeo**

### **3.2.1 Análise por ressonância magnética nuclear (RMN)**

Foi realizada no Laboratório Multiusuário de Química de Produtos Naturais (LMQPN) da EMBRAPA/Agroindústria Tropical. O equipamento utilizado foi Agilent DD2 de 600 MHz (para núcleo de  $^1\text{H}$ ) e equipado com uma sonda One Probe de 5 mm de diâmetro interno (H-F/15N-31P) de detecção inversa e gradiente de campo no eixo “z”. As amostras foram preparadas dissolvendo-se aproximadamente 10 mg de galactomanano em 550  $\mu\text{L}$  de  $\text{D}_2\text{O}$ .

Os sinais do  $^1\text{H}$  e  $^{13}\text{C}$  relativos aos hidrogênios anoméricos da manose em  $^1\text{H}$ : 4,77 ppm e da galactose em  $^1\text{H}$ : 5,04, foram integrados para se obter a porcentagem relativa de ambos na amostra.

### **3.2.2 Potencial Zeta e Tamanho de Partícula**

A análise foi realizada no Laboratório de Tecnologia da Biomassa - EMBRAPA Agroindústria Tropical. O equipamento utilizado foi o Nano ZetaSizer (modelo Malvern 3600), utilizando feixe de luz vermelha com comprimento de onda de 633 nm e ângulo de medida de  $175^\circ$ , realizadas em triplicata e os resultados foram expressos como mV e nm, respectivamente. A amostra foi diluída em água ultrapura até que ficasse totalmente translúcida e sem partículas em suspensão, então colocada em uma cuba com dois eletrodos, sendo aplicado potencial elétrico.

### **3.2.3 Reologia**

Para a determinação da reologia foi necessária a preparação de soluções de diferentes concentrações de galactomanano. Sendo as concentrações utilizadas, 1,0 % ; 0,8 %; 0,6 %; 0,4%; 0,2 % (m/v) foram determinadas em reômetro da TA Instruments modelo *Advanced Rheometer*, modelo AR-550 utilizando um sensor do tipo cone-placa de diâmetro de 40 mm a  $36^\circ\text{C}$  e na faixa da taxa de cisalhamento de  $10\text{ s}^{-1}$  a  $1000\text{ s}^{-1}$ . Além disso, foi avaliado o efeito da taxa de cisalhamento sobre a viscosidade.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Rendimento

A massa inicial de sementes foi de 450g, e a massa final de polissacarídeo foi de 12 g. Como resultado, verificou-se um rendimento de aproximadamente 3 % de polissacarídeo.

O rendimento de galactomanano foi baixo, contudo, algumas hipóteses podem ser levantadas a fim de compreender e justificar esse resultado. Uma delas poderia estar relacionada à forma de extração do polissacarídeo. Matos *et al.* (2019) estudaram a semente de *Caesalpinia pulcherrima* e obtiveram valores inferiores aos reportados por outros autores para a mesma matéria-prima. Os autores argumentaram que o rendimento poderia variar com o método de extração, com o tempo envolvido no processo e até mesmo com as sazonalidades do período de coleta das sementes.

Ainda sobre o processo metodológico empregado para a extração do polissacarídeo. Ainda nesse sentido, Passos *et al.* (2016) citou que um baixo rendimento na extração pode estar relacionado também com o tipo de equipamento utilizado, assim como modificações na metodologia, ou mesmo através de fracionamento das amostras podem vir a interferir no rendimento do material.

Outro fator que pode ser apontado seria com relação ao estado fisiológico das sementes. Alguns autores relataram que o rendimento de galactomanano no endosperma das sementes pode variar devido a fatores climáticos, e a sua composição pode variar dependendo do local de cultivo e do processo de extração utilizado (VIANA, 2017).

Ou ainda, o baixo rendimento pode estar relacionado à própria característica da semente de *M. tenuiflora*. Porém, para que isso seja confirmado serão necessários trabalhos futuros com relação a extração de galactomanano em sementes de *M. tenuiflora* para verificar se a espécie em questão apresenta naturalmente baixo teor de galactomanano ou se foi o processo de extração que interferiu no resultado obtido.

## 4.2 Caracterização do polissacarídeo

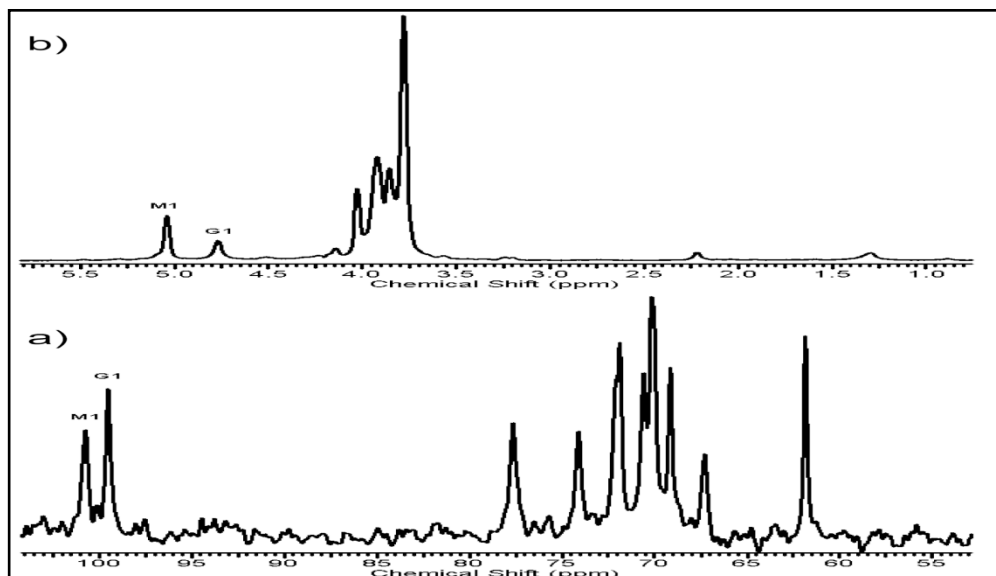
### 4.2.1 Ressonância magnética nuclear (RMN)

Através da técnica de RMN  $^1\text{H}$  é possível determinar o número aproximado de hidrogênios relacionados às unidades de manose e galactose. O M1 refere-se ao hidrogênio do carbono 1 da manose e G1 refere-se ao hidrogênio no carbono 1 da galactose. Para a determinação da M/G considera-se o hidrogênio dos carbonos 1 de ambas as unidades de manose e galactose, ou seja, os picos de M1 e G1 se referem ao número total de prótons localizados em carbonos 1 de manose e de galactose, respectivamente e, portanto, indicam o número de unidades monossacarídicas presentes na macromolécula (SIQUEIRA, 2015).

No espectro de  $^1\text{H}$  RMN do galactomanano de *M. tenuiflora* (Fig. 4b) foi possível observar sinais correspondendo aos hidrogênios anoméricos (hidrogênio 1, então M1 e G1) de  $\beta$ -D-manose e  $\alpha$ -D-galactose em 4,77 ppm e 5,04 ppm respectivamente.

Adicionalmente, na região anomérica do  $^{13}\text{C}$  (Fig. 4a) foi observado os carbonos 99,5 ppm relativo ao carbono 1 (G1) do resíduo de  $\alpha$ -D- galactopiranosil, em 100,7 ppm o carbono 1 (M1) do resíduo de  $\beta$ -D-manopiranosil e da manose ramificado na posição 6 (M6) da molécula M-1-  $\beta$ -D-manopiranosil. Em termos de proporção de M/G para galactomanano de *M. tenuiflora* o resultado foi de 0,62:1 (Tabela 1).

**Figura 4.** Espectros de RMN de galactomanano isolado de *Mimosa tenuiflora*: a) espectro de RMN  $^1\text{H}$  e b) espectro de RMN de  $^{13}\text{C}$ .



Fonte: A autora.

**Tabela 1.** Deslocamentos químicos de RMN  $^1\text{H}$  e  $^{13}\text{C}$  a  $80^\circ\text{C}$  para galactomananos isolados de *M. tenuiflora*.

# C	<i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir.	
	$\delta^{13}\text{C}$ (ppm)	$\delta^1\text{H}$ (ppm)- Integração
M-1	100.7 / 100.7	4.77 - 0.62
G-1	99.5	5.04 - 1.000
%Manose		38.4
%Galactose		61.6

Fonte: A autora.

Conforme a razão de M/G encontrada, podemos considerar que o polissacarídeo em questão apresenta alta capacidade de solubilidade. Isso ocorre porque quanto mais substituída, ou seja, quanto maior a presença de galactose na cadeia principal, mais solúvel em água será o galactomanano. Além disso, galactomananos com alto teor de galactose exibem baixa tendência para formar géis por causa das interações sinérgicas e relativa possibilidade de interação com outros polissacarídeos (RODRIGUES *et al.*, 2016; VIANA, 2017).

Além disso, a razão M/G também pode variar dependendo da fonte vegetal e do método de extração utilizado, proporcionando diferenças no tamanho molecular, na estrutura entre os galactomananos, e conseqüentemente em mudanças significativas na solubilidade, na viscosidade e entre as interações dos M/G e com outros polissacarídeos (SALVALAGGIO, 2010; RODRIGUES *et al.*, 2016).

São essas propriedades físico-químicas dos galactomananos que as tornam vantajosas para o uso industrial. Sendo estes empregados como agentes espessantes, agentes geleificantes e estabilizantes em dispersões. Além disso, contribuem para o aumento da resistência ao fluxo de um líquido, promovendo consistência e textura em alguns alimentos, como por exemplo, sorvetes. Esses compostos podem ainda contribuir para o controle da textura, da manutenção da característica da mistura e no controle da mobilidade de água em produtos alimentícios (SALVALAGGIO, 2010).

Vale ressaltar que as características apresentadas é que irão indicar a finalidade o qual o polissacarídeo pode vir a ser utilizado. Os galactomananos que apresentam boa solubilidade em água, por exemplo, podem ser utilizadas para a produção de drogas controladas em determinados órgãos, como o cólon. No entanto, faz-se necessária a combinação do

galactomanano com outro componente, como a pectina, pois essa combinação torna-se elástica e insolúvel no estômago e nos fluidos intestinais, passando através do trato gastrointestinal superior permitindo a liberação apenas no intestino (ALBUQUERQUE *et al.*, 2016).

#### 4.1.2 Potencial Zeta e Tamanho de Partícula

O potencial zeta para o galactomanano de *M. tenuiflora* foi de -5.81mV (tabela 2). Segundo Mendes *et al.* (2017), valores negativos de potencial zeta para soluções de galactomanano em água destilada a pH 7 podem estar relacionados com a dissociação dos grupos carboxila (-COOH) dos resíduos de aminoácidos que ficam agregados às cadeias dos polissacarídeos na precipitação. Outra hipótese levantada por esse mesmo autor é a de que alguns resíduos de D-galactose por estarem mais expostos podem sofrer oxidação formando ácidos galacturônicos e que a dissociação destes pode contribuir com cargas negativas.

**Tabela 2.** Resultado de potencial zeta e tamanho de partícula para a amostra do polissacarídeo de *M. tenuiflora*.

	T (°C)	Potencial zeta (mV)	Tamanho de partícula (d.nm)
<b>Mean 1-5 (Média)</b>	25	-5.81	3283
<b>Std Dev (Desvio)</b>	0	0.53	642,5
<b>RSD %</b>	0	9.12	19,6
<b>Máximo</b>	25	-5.23	4960

Fonte: A autora.

Valores negativos de potencial zeta não pressupõem problemas com a estabilidade das suspensões. Na verdade, a divisória entre partículas estáveis ou instáveis ocorre na faixa de -30 mV e +30 mV. Sendo assim, partículas com potencial zeta próximos a zero indicam suspensões muito instáveis, ou seja, valores de potencial zeta de 0 +- 5 mV apresentam baixa estabilidade, conferindo ao material um comportamento de rápida coagulação ou floculação (SOARES *et al.*, 2014).

Alguns autores também encontraram valores negativos como, Mendes *et al.* (2017) encontraram o valor de -12.20 mV, Aragão (2018), encontrando o valor de -9.11 mV para galactomanano de *L. férrea* e Mittal, Mattu e Kaur (2016) obtiveram para *Leucaena leucocephala* (Lam.) valores de -2.58 mV e -9.80 mV para galactomanano e galactomanano carboximetilada respectivamente.



Mittal, Mattu e Kaur (2016) sugerem a utilização do galactomanano estudado como um agente modular das características de liberação de drogas através interação goma-polímero ou goma-íon. Um exemplo disso, é o emprego de galactomananos como espessantes em comprimidos efervescentes, que formam uma suspensão estável e evitam assim o assentamento das partículas, promovendo uma sensação agradável na boca (ALBUQUERQUE *et al.*, 2016).

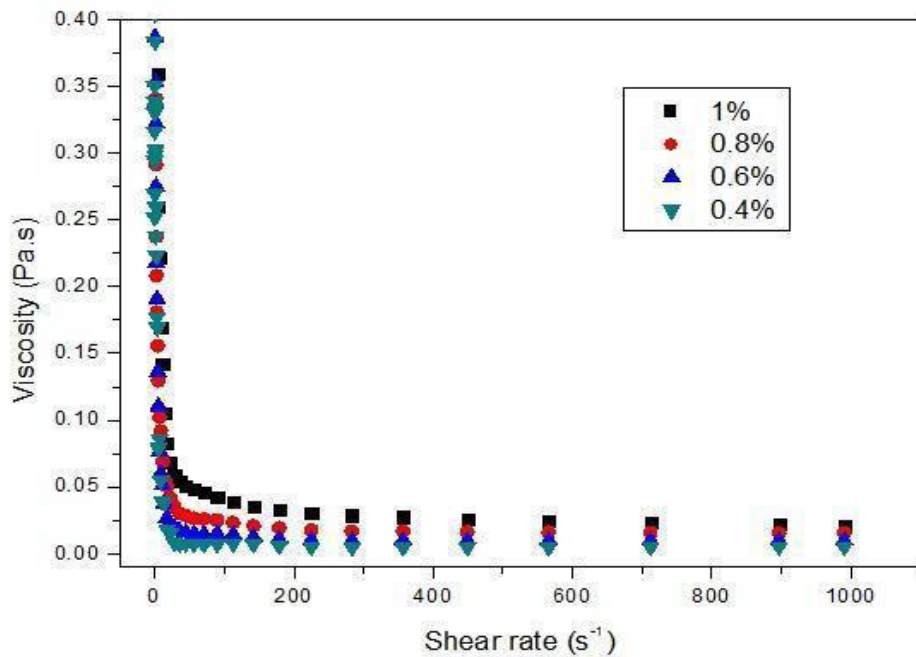
O tamanho médio de partículas, o galactomanano de *M. tenuiflora* verificado foi de 3283 d. nm (tabela 2), e um desvio padrão de 642 nm, equivalente a 19,5 %. Como foram observadas as partículas apresentaram tamanhos variados, provavelmente pela formação de agregados.

Segundo Cunha (2015), a formação de agregados macromoleculares pode ocorrer devido a suas numerosas ligações de hidrogênio intermoleculares, principalmente quando solubilizados em água. Além disso, as cadeias laterais de galactose, sua substituição em cadeias de manose e os grupos de hidroxilas existentes são fatores indutivos para maior ou menor quantidade e tamanho dos agregados (CUNHA, 2015).

### 4.1.3 Reologia

A partir dos resultados obtidos podemos verificar que independente das concentrações de galactomanano de *M. tenuiflora* todas as amostras apresentaram comportamento de fluido não newtoniano e pseudoplástico (Figura 5).

**Figura 5.** Valores de Reologia para as diferentes concentrações de soluções aquosas (m/v) de galactomanano de *M. tenuiflora*.



Fonte: A autora

Dispersões de polímeros naturais que possuem o comportamento pseudoplástico apresentam três estágios de resposta da viscosidade quando submetidos a uma ampla região de cisalhamento. Inicialmente, quando as taxas de cisalhamento são baixas e esses materiais apresentam comportamento Newtoniano, representados por viscosidade constante em uma região limitada, no qual cisalhamento é tão baixo que chega a ter um efeito nulo sobre a viscosidade. Posteriormente, há uma região de comportamento pseudoplástico, na qual a viscosidade diminui à medida em que a taxa de cisalhamento aumenta, ocorrendo a transição de comportamento newtoniano para pseudoplástico. Por fim, a viscosidade se mantém infinita em elevadas taxas de cisalhamento a qual é restritiva e constante (TONELI; MURR; PARK, 2005).

Cunha (2015) encontrou um resultado semelhante, cuja viscosidade inicial decrescia com o aumento da taxa de cisalhamento, isso demonstra que apesar da tendência da galactomanano formar agregados, essas interações são desfeitas quando estão submetidas a forças cisalhantes. Com isso, é demonstrado que a queda brusca da viscosidade à ação de forças cisalhantes revela a tendência pseudoplástica, característica de polímeros do tipo galactomanano.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em relação ao rendimento, o valor encontrado foi baixo, com isso, sugere-se a realização de mais extrações e por processos diferentes com a finalidade de verificar se o baixo rendimento está relacionado a característica da própria espécie ou alterações causadas pelo o processo de extração.

Sobre a razão de M/G verificada através da determinação de RMN, o galactomanano apresentou uma boa solubilidade, principalmente por apresentarem muitas substituições de manose por galactose em sua estrutura.

O potencial zeta com baixo valor indica que o galactomanano seja pouco estável. Contudo, estudos posteriores poderiam ser realizados a fim de verificar sua interação com outros polissacarídeos, visando melhorar essa característica. A carga negativa apresentada isso pode estar relacionado à característica neutra do galactomanano, pode também estar relacionada à dissociação dos grupos carboxila (-COOH) dos resíduos de aminoácidos que ficaram agregados às cadeias dos polissacarídeos na precipitação ainda devido à exposição de resíduos de D-galactose, os quais sofrem oxidação formando ácidos galacturônicos.

As variações do tamanho de partícula podem estar relacionadas às cadeias laterais de galactose em substituição às cadeias de manose e os grupos de hidroxilas existentes são fatores indutivos para maior ou menor quantidade e tamanho dos agregados.

E, para o resultado da análise reológica, o galactomanano de *M. tenuiflora* apresentou um caráter pseudoplástico.

## REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, P. B. S.; COELHO, L. C. B. B.; CORREIA, M. T. S.; TEIXEIRA, J. A.; CARNEIRO-DA-CUNHA, M. G. Biotechnological Applications of Galactomannan Matrices: Emphasis on Immobilization of Biomolecules. **Advances in Research**, v.6, n. 5, p.1-17, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.9734/AIR/2016/23435>
- ALBUQUERQUE, P. B. S. **Avaliação reológica da galactomanana extraída das sementes de *Cassia grandis***. 2013. Dissertação (mestrado) – Centro de Ciências Biológicas, Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/13326>
- ALVES, R. C. **Caracterização de gomas extraídas de seis tipos de sementes de leguminosas**. 2013. Dissertação (mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/107308>
- ANDRADE, F. J. E. T.; ALBUQUERQUE, P. B. S.; MORAES, G. M. D.; FARIAS, M. D. P.; TEIXEIRA-SÁ, D. M. A.; VICENTE, A. A.; CARNEIRO-DA-CUNHA, M. G. Influence of hydrocolloids (galactomannan and xanthan gum) on the physicochemical and sensory characteristics of gluten-free cakes based on fava beans (*Phaseolus lunatus*). **Food & Function**, v. 9, p. 6369-6379, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1039/C8FO01448E>
- APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B. CARMELLO-GUERREIRO, S. M. **Anatomia Vegetal**. 3 ed. atual – Viçosa: Ed. UFV, ISBN 85-7269-240-1 438p. 2012.
- ARAGÃO, M. F. C. **Revestimento à base de Galactomanano de sementes de Jucá (*Libidibia ferrea*) adicionado de micropartículas de ácido ascórbico e sua aplicação em Melão minimamente processado**. 2018. Tese (Doutorado) - Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-graduação em Biotecnologia de Recursos Naturais, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/35683>
- ARAÚJO, J. F. O. **Atividade microbiana, citotóxica e cicatrizante in vitro de fungos endofíticos isolados de plantas medicinais: *Mimosa tenuiflora* (Willd) Poir., *Poincianella pyramidalis* Tul. e *Acrocomia aculeata* (Jacq) Lodd ex Mart**. 2018. Dissertação (Mestrado em Enfermagem) – Escola de Enfermagem e Farmácia, Programa de Pós-graduação em Enfermagem, Universidade Federal de Alagoas., Maceió, 2018. Disponível em: <http://www.repositorio.ufal.br/handle/riufal/3198>
- BARNES, H. A.; HUTTON, J. F.; WALTERS, K. **An Introduction to Rheology**. 1st ed. Amsterdam: Elsevier, 1989.
- CUNHA, A. P. **Caracterização e modificação química da Galactomanana de *Caesalpinia ferrea* Mart Ex Tul.Var Ferrea: estudo do potencial antiviral, hipoglicemiante e cicatrizante**. 2015. Tese (doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Química, Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/21445>

FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação: Do básico ao aplicado**. ISBN 85-363-0383-2 – Porto Alegre: Artmed, 2004.

GALLÃO, M. I.; NORMANDO, L. O.; VIEIRA, Í. G. P.; MENDES, F. N. P.; RICARDO, N. M.P.S.; BRITO, E. S. Morphological, chemical and rheological properties of the main seed polysaccharide from *Caesalpinia férrea* Mart. **Industrial Crops and Products**, v. 47, p. 58–62, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.02.035>

KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. 2 ed. – Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, ISBN 978-85-277-1445-7, 2013.

KONTOGIORGOS, V. Galactomannans (Guar, Locust Bean, Fenugreek, Tara). University of Huddersfield, Huddersfield - United Kingdom, 2019. **Encyclopedia of Food Chemistry**, v. 1, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.21589-8>

MAIA, G. N. **Caatinga: Árvores e arbustos e suas utilidades**. 2 ed. – Fortaleza: Printcolor Gráfica e Editora, ISBN 978-85-61315-17-7, 2012.

MATOS, M. F.; OLIVEIRA, E. S.; PONTES, C. R.; VERGARA, C. M. A. C. Extração e rendimento da Galactomanana de sementes de *Caesalpinia pulcherrima*. In: NETO, Benedito Rodrigues da Silva (org). **Prevenção e promoção de saúde**- vol. 4, Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. Cap. 19, p. 203.

MENDES, F. R. S.; BASTOS, M. S. R.; MENDES, L. G.; SILVA, A. R. A.; SOUSA, F. D.; MONTEIRO-MOREIRA, A. C. O.; CHENG, H. N.; BISWAS, A.; MOREIRA, R. A. Preparation and evaluation of hemicellulose films and their blends. **Food Hydrocolloids**, v. 70, p. 181-190, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.03.037>

MITTAL, N.; MATTU, P.; KAUR, G. Extraction and derivatization of *Leucaena leucocephala* (Lam.) galactomannan: Optimization and characterization. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 92 831–841. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.07.046>

PASSOS, A. A. C.; SÁ, D. M. A. T.; MORAIS, G. M. D.; CHACON, L. S. S.; BRAGA, R. C. Avaliação da incorporação de galactomanana de *Caesalpinia pulcherrima* em sorvetes e comparação com estabilizantes comerciais. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 2, p. 275-282, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20160032>

PRAJAPATI, V. D.; JANI, G. K.; MORADIYA, N. G.; RANDEIRA, N. P.; NAGAN, B. J.; NAIKWAD, N. N.; VARIYA, B. C. Galactomannan: A versatile biodegradable seed polysaccharide. **International Journal of Biological Macromolecules** v. 60 83– 92, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2013.05.017>

RODRIGUES, D. C.; CUNHA, A. P.; BRITO, E. S.; AZEREDO, H. M. C.; GALLÃO, M. I. Mesquite seed gum and palm fruit oil emulsion edible films: Influence of oil content and sonication. **Food Hydrocolloids**, v. 56, p. 227-235, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.12.018>

SALVALAGGIO, M. O. **Galactomananas de sementes de espécies brasileiras: otimização da extração, caracterização físico-química e por espalhamento de luz**. 2010. Dissertação

(Programa de Pós-Graduação em Ciências – Bioquímica) - Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná, 2010. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1884/24151>

SCHRAMM, G. **Reologia e Reometria: Fundamentos Teóricos e Práticos**. São Paulo: Artliber, 2006.

SIQUEIRA, N. M. **Desenvolvimento e Caracterização de Biomateriais contendo galactomanana associada a polímeros hidrofílicos para uso em engenharia tecidual**. 2018. Tese (Programa de Pós-graduação em Ciências dos Materiais) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/187563>

SOARES, P. A. G.; BOURBON, A. I.; VICENTE, A. A.; ANDRADE, C. A. S.; BARROS, W. Jr; CORREIA, M. T. S.; PESSOA, A. JÚNIOR; CARNEIRO-DA-CUNHA, M. G. Development and characterization of hydrogels based on natural polysaccharides: Policaaju and chitosan. **Materials Science & Engineering**, v. 42, p. 219-226, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.msec.2014.05.009>

SOUZA, C. F.; LUCYZYN, N.; FERRAZ, F. A.; SIERAKOWSKI, M. R. *Caesalpinia ferrea* var. sementes de *ferreia* como uma nova fonte de galactomanano parcialmente substituído. **Revista Polímeros de carboidratos**. v. 82, Edição 3 , p. 641-647, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.05.031>

TONELI, J. T. C. L.; MURR, F. E. X.; PARK, K. J. Estudo da reologia de polissacarídeos utilizados na indústria de alimentos. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, especial, v.7, n.2, p.181-204, 2005.

VIANA, K. D. A. L. **Caracterização Físico-química da Galactomanana de sementes de *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit no controle da obesidade**. 2017. Tese (Doutorado em Biotecnologia) - Programa de Pós-graduação em Biotecnologia - Rede Nordeste de Biotecnologia - RENORBIO/CCBS, Universidade Federal do Maranhão, São Luís - MA, 2017. Disponível em: <https://tedebc.ufma.br/jspui/handle/tede/tede/2122>