



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA**  
**CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA**

**AISLAN BADEN DA CONCEIÇÃO ARAÚJO**

**PURIFICAÇÃO DE GOMA DE CAJUEIRO**

**FORTALEZA**

**2018**

AISLAN BADEN DA CONCEIÇÃO ARAÚJO

PURIFICAÇÃO DE GOMA DE CAJUEIRO

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Química do Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química.

Orientador: Prof. Dr. Fabiano André Narciso Fernandes.

FORTALEZA

2018

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)

---

A687p Araújo, Aislan Baden da Conceição.

Purificação de Goma de Cajueiro / Aislan Baden da Conceição Araújo. – 2018.  
36 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia,  
Curso de Engenharia Química, Fortaleza, 2018.

Orientação: Prof. Dr. Fabiano André Narciso Fernandes.

1. Goma. 2. Precipitação. 3. Cajueiro. 4. Solubilidade. 5. Purificação. I. Título.

CDD 660

---

AISLAN BADEN DA CONCEIÇÃO ARAÚJO

PURIFICAÇÃO DE GOMA DE CAJUEIRO

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Química do Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química.

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

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Fabiano André Narciso Fernandes (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Rílvia Saraiva de Santiago Aguiar  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Luciana Rocha Barros Gonçalves  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Aos meus pais, João e Iraildes, por tornarem  
isso possível.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais e meus irmãos, as pessoas que mais me motivam.

Ao Prof. Dr. Fabiano André Narciso Fernandes, pela excelente orientação e disponibilidade nos momentos de dúvidas.

Às professoras participantes da banca examinadora Prof.<sup>a</sup> Dra. Rílvia Saraiva de Santiago Aguiar e Prof.<sup>a</sup> Dra. Luciana Rocha Barros Gonçalves pelo tempo e pelas valiosas sugestões.

À colega de laboratório Dayanne Lara, pela ajuda fornecida em diversos momentos.

Aos meus amigos Ruan e Aline, por todo companheirismo durante a graduação.

“Quem não pode fazer grandes coisas, faça ao menos o que estiver na medida de suas forças; certamente não ficará sem recompensa. ”

Santo Antônio de Pádua

## RESUMO

A exploração de gomas de fontes naturais é uma das formas mais utilizadas para obtenção desse tipo de insumo, sendo o setor alimentício um dos que mais demanda gomas naturais. A goma arábica tem sido, a bastante tempo, uma das principais a serem utilizadas em aplicações alimentícias, contudo a sua obtenção pode representar custos elevados devido a fatores relacionados à sua produção. Nesse contexto a goma do cajueiro é apontada como um possível substituinte da goma arábica em algumas aplicações, devido as suas propriedades semelhantes à da goma arábica. Para que a goma do cajueiro possa ser efetivamente utilizada como insumo da indústria alimentícia é necessário que se tenha uma metodologia de obtenção da goma que seja eficiente e rápida, de maneira que sua obtenção competitiva em relação as já utilizadas no mercado. Com essa perspectiva, o trabalho realizado teve o objetivo de definir condições de dissolução, precipitação e sedimentação da goma do cajueiro que pudessem tornar o processo de obtenção da goma mais rápido, visando o projeto de um sedimentador contínuo para a goma. Avaliaram-se as condições de dissolução da goma em água para diferentes granulometrias e para tempos diferentes de dissolução, os efeitos do aumento da quantidade de álcool na etapa de precipitação em etanol também foram testados. Por último foi analisada a sedimentação da goma em etanol e então definidas condições de operação para uma coluna de sedimentação da goma em escala de bancada. A partir dos resultados aqui apresentados, observou-se que a dissolução da goma foi facilitada quando se utilizou granulometria de 300 e 500  $\mu\text{m}$ , em água, sob agitação por 20 min. A proporção de solução de goma e álcool definida como ideal para a etapa de precipitação foi de 1:2, e nos testes de sedimentação foi mostrado que a goma possui uma velocidade de sedimentação bastante elevada, o que possibilitaria vazões de operação mais elevadas em uma coluna de sedimentação.

**Palavras-chave:** Goma. Precipitação. Cajueiro. Solubilidade. Purificação.



## ABSTRACT

The exploitation of gums from natural sources is one of the most used ways to obtain this type of input, being the food industry the main consumer of natural gums. Arabic gum is widely used in food applications; however, obtaining it may represent high costs due to factors related to its production. In this context cashew gum is suggested as a possible substitute for arabic gum in some applications, due to its properties similar to those of arabic gum. In order for cashew gum to be effectively used as an input to the food industry, it is necessary to have an efficient and rapid methodology to obtain the cashew gum, so that the gum can be produced in a competitive way in relation to those already used in the market. With this perspective, the objective of this work was to define the conditions for the dissolution, precipitation and sedimentation of the cashew gum that could make the process of obtaining the gum faster, aiming at the design of a continuous settler for the precipitation of the gum. The dissolution conditions of the gum in water were evaluated for different gum granulometries and for different dissolution times, the effects of increasing the amount of alcohol in the gum precipitation stage in ethanol was also tested. Finally, the sedimentation of the gum in ethanol was analyzed and then the operating conditions were defined for a bench scale gum sedimentation column. From the results obtained in each test it was defined that the cashew gum in the range of granulometry between 300 and 500  $\mu\text{m}$  was the one that presented greater ease of dissolution in a time of agitation of 20 minutes in water. The ratio of gum and alcohol solution defined as ideal for the precipitation stage was 1:2, and in the sedimentation tests it was shown that the gum has a very high sedimentation rate, which would allow higher flow rates in a sedimentation column.

**Keywords:** Gum. Purification. Cashew tree. Solubility. Precipitation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Principais tipos de estruturas das moléculas de polímeros .....	14
Figura 2 - Exsudado do cajueiro.....	17
Figura 3 - Procedimento para obtenção das curvas de solubilidade.....	22
Figura 4 - Procedimento para precipitação com etanol .....	22
Figura 5 - Comparativo entre goma bruta e goma precipitada .....	27

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Distribuição granulométrica da amostra bruta .....	24
Gráfico 2 - Curva de solubilidade para a faixa superior .....	24
Gráfico 3 - Curva de solubilidade para faixa intermediária .....	25
Gráfico 4 - Dados de solubilidade para a faixa inferior .....	25
Gráfico 5 - Curva de sedimentação da goma em etanol .....	28

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Classificação de alguns tipos de gomas em relação a fonte .....	15
Tabela 2 - Dados de precipitação com etanol.....	27
Tabela 3 - Vazões de operação para o teste em coluna .....	29

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	14
<b>2.1 Polissacarídeos</b> .....	14
<b>2.2 Gomas industriais</b> .....	15
<b>2.3 Goma do cajueiro</b> .....	16
<b>2.4 Purificação de gomas</b> .....	18
<b>2.5 Ultrassom na nucleação de polissacarídeos</b> .....	20
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	21
<b>3.1 Teste de solubilidade inicial</b> .....	21
<b>3.2 Curvas de solubilidade</b> .....	21
<b>3.3 Precipitação com etanol</b> .....	22
<b>3.4 Velocidade de sedimentação e velocidade terminal</b> .....	23
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	24
<b>4.1 Solubilidade da goma</b> .....	24
<b>4.2 Precipitação da goma</b> .....	26
<b>4.3 Sedimentação da goma</b> .....	28
<b>4.4 Projeto de coluna de sedimentação</b> .....	29
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	31
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	32

## 1 INTRODUÇÃO

A utilização de vários tipos de gomas em processos industriais é bastante comum. Esse tipo de material possui propriedades que o tornam de interesse para as áreas alimentícias e farmacêutica, além de ter sido alvo de pesquisas para aplicações biotecnológicas. As gomas podem ser obtidas de fontes vegetais, animais, por rotas biotecnológicas ou mesmo a partir da modificação química de polissacarídeos naturais (SOUZA, 2011).

A constituição das gomas pode variar entre diferentes tipos de carboidratos, sendo os constituintes predominantes determinados pela fonte do material. Apesar de propriedades em comum, as gomas possuem características diferentes, essas diferenças estão relacionadas a sua constituição, constituição que por sua vez depende da fonte do material. As características particulares de cada goma as tornam específicas para determinadas aplicações (WHISTLER, 1993).

Na indústria alimentícia diversos tipos de gomas são utilizados, sendo as gomas obtidas através de exsudados de plantas algumas das mais usadas. Dentre as gomas obtidas de exsudados, a goma arábica tem sido uma das mais utilizadas na indústria alimentícia, onde é bastante usada como emulsificante. Nesse contexto a goma de cajueiro tem sido sugerida como alternativa para substituir a goma arábica em certas aplicações, devido a semelhança em suas propriedades (PORTO; CRISTIANINI, 2014).

O cajueiro é uma árvore tropical, nativa do Brasil e seu plantio atualmente se encontra disperso em grande parte do território brasileiro. O grande volume de plantio do cajueiro está relacionado principalmente ao comércio da castanha do caju, sendo que a exploração comercial da goma produzida pelo cajueiro ainda não tem sido desenvolvida. A goma do cajueiro é obtida através do exsudado da planta e precisa passar por um processo de isolamento e purificação para que seja separada de impurezas (SILVA, 2006).

Quimicamente a goma do cajueiro é constituída por polissacarídeos heterogêneos, e em soluções aquosas pode fornecer propriedades emulsificantes, estabilizantes e adesivas. Assim como outras gomas naturais já utilizadas na indústria alimentícia a goma do cajueiro não apresenta toxicidade, odor ou sabor após ser purificada. Isso a torna um potencial insumo para aplicação como emulsificante ou estabilizante em alternativa às gomas já utilizadas, ademais a exploração da goma do cajueiro poderia agregar ainda mais valor a cajucultura brasileira (MOTHÉ; RAO, 2000).

Apesar do potencial que possui, a goma do cajueiro não é muito explorada comercialmente, pois ainda não há uma rota de processamento eficiente para sua obtenção. O

trabalho realizado teve então o objetivo de avaliar algumas etapas do processamento da goma de cajueiro, buscando identificar quais as melhores condições para que seja feito esse processamento, através da análise de condições de solubilização, precipitação e sedimentação da goma, visando determinar as condições de operação para uma coluna de sedimentação que tornasse mais otimizada a purificação da goma do cajueiro.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Polissacarídeos

Existem diversos tipos de substâncias poliméricas que são utilizadas para os mais diversos fins. Essas substâncias são constituídas por diversas unidades menores que se repetem ao longo de grandes cadeias moleculares, formando macromoléculas de alta massa molecular. Esse tipo de material pode ser formado tanto pela repetição de um único monômero quanto pela junção de mais unidades básicas de formação, em estruturas lineares, ramificadas ou em rede, fator esse que influencia nas propriedades do polímero (GUIMARÃES, 2013).

Figura 3 - Principais tipos de estruturas das moléculas de polímeros.



Fonte: Banegas (2008).

Um dos tipos mais conhecidos e importantes de polímeros são os polissacarídeos, polímeros de origem natural ou semissintéticos, que podem ser encontrados em abundância na natureza e em grande parte dos organismos vivos. O interesse por polímeros naturais, como os polissacarídeos, se tornou significativo devido ao seu baixo custo, serem materiais biocompatíveis e biodegradáveis, sendo assim materiais de potencial uso na indústria alimentícia, de fármacos e na formulação de embalagens, por exemplo (BANEGAS, 2008).

Em relação à estrutura os polissacarídeos podem ser de baixa a alta massa molecular, sendo formados por um único de tipo de monossacarídeo (homopolissacarídeos), dois tipos ou vários açúcares elementares (heteropolissacarídeos). As principais fontes naturais de polissacarídeos são matérias primas vegetais, como a celulose, fungos, exsudados de árvores, algas, além de serem produzidos durante a atividade metabólica de vários organismos (BANEGAS, 2008).



## 2.2 Gomas industriais

Entre os heteropolissacarídeos está uma classe de grande importância comercial, as gomas industriais. A definição mais comum para as gomas industriais é de que são materiais que têm polissacarídeos e seus derivados como principal constituinte, são solúveis em água e quando dissolvidos aumentam a viscosidade da solução e podem chegar a formar géis. As gomas podem ser de origem animal, vegetal, microbiana ou serem obtidas através da modificação química de outros polissacarídeos naturais, como a celulosa e a pectina. Na tabela 1 são apresentados alguns tipos de gomas (SILVA, 2013; WHISTLER *et al.*, 1993).

Tabela 2 - Classificação de alguns tipos de gomas em relação a fonte.

CLASSIFICAÇÃO DAS GOMAS QUANTO A FONTE	
Gomas naturais	Gomas modificadas
Exsudados de plantas	Carboximetilcelulose
Goma arábica	Hidroximetilcelulose
Goma caraia	Carboximetilamido
Goma tragacanto	Acetato de amido
Goma do cajueiro	Hidroxietilamido
Extraídas de algas	Carboximetilguar
Ágar	
Alginato	
Carragenana	
Extraídas de sementes	
Goma guar	
Goma do marmeleiro	
Fermentação microbiológica	
Dextrama	
Xantana	

Fonte: Adaptado de Rodrigues (1993).

Um dos tipos mais explorados de gomas naturais são os obtidos de fontes vegetais. As gomas de fontes vegetais são produzidas principalmente a partir dos exsudados e sementes de plantas. Outros tipos de gomas naturais são produzidos por alguns gêneros de algas ou por microorganismos. As gomas de origem microbiana são obtidas como produto do metabolismo de microorganismos, como a goma xantana, por exemplo, que é produzida através da fermentação de substratos contendo D-glicose por *Xanthomonas campestris* (LUVIELMO; SCAMPARINI, 2009; SILVA *et al.*, 1998).

Industrialmente as gomas são utilizadas nos setores alimentício, farmacêutico, de cosméticos, químico e petroquímico. Essa ampla faixa de aplicações das gomas se deve

principalmente à capacidade dessas substâncias produzirem soluções viscosas mesmo em baixas concentrações, além de serem relativamente estáveis em amplas faixas de pH e temperatura. Na indústria alimentícia as gomas possuem papel fundamental, agindo como espessantes, estabilizantes, emulsificantes, gelificantes, entre outras aplicações (AMID; MIRHOSSEINI, 2012a; PICÓ, 2015).

Um importante grupo de gomas naturais são aquelas obtidas através de exsudados de plantas, esses exsudados são polissacarídeos heterogêneos produzidos pelas plantas ao sofrerem algum tipo de lesão no tronco ou galhos, porém também podem ser produzidos pelo metabolismo normal do organismo. Desempenham uma função de proteção do organismo, selando feridas, protegendo de infecções e prevenindo a perda de água, e podem ser produzidos também em condições em que a planta passa por adaptação ao clima (SILVA, 2013).

A coleta das gomas exsudadas é feita de forma manual através de incisões no tronco e galhos das árvores ou pela adição de agentes químicos nos troncos das árvores. Após a colheita os exsudados são classificados, embalados e enviados aos compradores que irão processar o material. Algumas das gomas exsudadas mais utilizadas comercialmente são a goma arábica, goma ghati, goma adraganta e goma karaya. Diversas fontes alternativas de gomas naturais têm sido exploradas, entre elas a goma do cajueiro tem mostrado grande potencial de exploração comercial (WHISTLER, 1993).

### **2.3 Goma do cajueiro**

A goma de cajueiro é obtida através do exsudado da planta *Anacardium occidentale* L, sendo um heteropolissacarídeo complexo com estrutura bastante ramificada contendo aproximadamente 61% de galactose, 14% de arabinose, 8% de glicose, 7% de ramnose, 5% de ácido glicurônico, 1% de xilose e 2% de resíduos de açúcar. Assim como outras gomas exsudadas, a composição da goma de cajueiro pode variar de acordo com a origem da planta, com as condições climáticas do cultivo e a idade da planta, assim como a época de extração. O exsudado do cajueiro possui coloração marrom escura e após ser secretado pela planta se torna rígido. É um material solúvel em água, mas que precipita em contato com solventes orgânicos polares (SILVA, 2013).

Figura 4 - Exsudado do cajueiro.



Fonte: Ramalho (2014).

A goma de cajueiro tem sido alvo de muitos estudos que visam avaliar seu potencial tecnológico em diferentes ramos, tendo sido apontada como uma possível alternativa à goma arábica, devido às semelhanças que ambas possuem em relação às propriedades emulsificantes. Para a região nordeste brasileira a exploração da goma do cajueiro seria uma alternativa viável de agregar maior valor à cajucultura da região, que é uma grande produtora de caju. Os estados do Ceará, Piauí, Maranhão, Bahia e Rio Grande do Norte estão entre as regiões que possuem as maiores áreas plantadas com cajueiro no Brasil (LIMA *et al.*, 2013; VIDAL, 2016).

Estudos já demonstraram o potencial uso da goma de caju na indústria alimentícia como estabilizante, emulsificante, uso em microencapsulação, além do potencial uso em outros ramos industriais em substituição à goma arábica. Na área da saúde a goma do cajueiro foi alvo de pesquisas que buscaram avaliar seu potencial antimicrobiano, seu efeito na cicatrização de lesões cutâneas e sua aplicação em géis e microesferas para liberação de fármacos. Outras aplicações nas indústrias mineral, da agricultura, da biotecnologia já foram investigadas, evidenciando o potencial valor econômico da goma de caju (SOUZA, 2014).

A forma de processamento das gomas exsudadas geralmente segue os mesmos passos iniciais. A colheita do material exsudado pela planta é feita manualmente. Por ser um material que endurece rapidamente e que está exposto ao ambiente, várias impurezas podem estar presentes no exsudado após colheita. É comum que o exsudado absorva poeira, capture insetos e absorva compostos como taninos, presentes nas cascas das árvores. Por esse motivo os exsudados geralmente passam por uma triagem e remoção mecânica de impurezas (WHISTLER *et al.* 1993).

As etapas seguintes do processamento dos exsudados consistem na trituração do material até a granulometria desejada, peneiramento ou classificação por ar para remover

impurezas. Muitas vezes para que a goma esteja nas condições adequadas para a aplicação industrial desejada são realizadas etapas adicionais de purificação e uma etapa final de secagem do material. A produção de gomas a partir de exsudados tem sofrido impacto devido à necessidade de muito trabalho manual na colheita do exsudado, o baixo rendimento de goma por planta e principalmente pela introdução no mercado das gomas obtidas por modificação química de substratos como o amido (WHISTLER *et al.* 1993).

Contudo o potencial de exploração da goma de cajueiro pode ser um fator a seu favor em relação às outras fontes naturais de gomas para o mercado nacional. Estudos demonstraram que a produção média de goma por planta no período de um ano é de aproximadamente 700 gramas, somando a isso o fato de que o Brasil possui uma área cultivada com cajueiro de pouco mais de 700 mil hectares, seria possível uma produção competitiva da goma, desde que o processamento e a purificação sejam estudados e viabilizados (CUNHA *et al.*, 2009).

## 2.4 Purificação de gomas

São descritos na literatura diversas formas de purificação para diferentes tipos de gomas. A escolha do tipo de tratamento a ser adotado deve levar em consideração a aplicação final que se deseja dar a goma, pois as propriedades reológicas e o comportamento viscoelástico das gomas pode ser afetado pelo processo de extração, purificação, secagem ou outros processos de modificação aplicados às gomas (AMID; MIRHOSSEINI, 2012b).

Na purificação de gomas naturais é possível notar semelhança nos diversos processos adotados. Silva *et. al* (1998) aplicaram um método de purificação para o exsudado de *Anadenanthera Macrocarpa Benth* em 3 grandes etapas, isolamento da goma, 1ª purificação e 2ª purificação. A dissolução da goma foi feita sob agitação magnética durante 24 horas, com ajuste de pH e adição de NaCl para auxiliar na precipitação da goma, como já descrito por outros autores. De forma geral as etapas comuns nos estágios de purificação adotadas por Silva *et al.* (1998) na purificação da goma do angico foram a trituração da goma, dissolução, filtração, precipitação com etanol, uma nova filtração, lavagem do precipitado em 3 etapas e finalmente a secagem da goma.

Diferentes formas de purificação para a goma de *Durio zibethinus* foram estudados por Amid e Mirhosseini (2012b), os agentes utilizados para realizar a purificação foram isopropanol e etanol, isopropanol e acetona, hidróxido de bário saturado e por último utilizando solução de Fehling, sendo constatado que a técnica de purificação possui alguma influência na

viscosidade da goma obtida. Tosin (2008) utilizou etapas de purificação para goma do pessegueiro que consistiam em uma extração aquosa durante 16 horas sob agitação, seguida de filtração, precipitação com etanol, centrifugação para separação do precipitado e em seguida a goma foi dialisada e liofilizada, obtendo um rendimento de goma de 38% em relação a massa de goma bruta.

Devido à grande quantidade de impurezas que pode estar presente no exsudado do cajueiro, é necessário que após a extração da goma seja feita a purificação. São descritas em diversas pesquisas formas de realizar a extração e purificação da goma do cajueiro. Os principais tipos de impurezas que se visa retirar das gomas naturais são sais inorgânicos, proteínas, ácidos nucleicos, além de outros compostos de baixo peso molecular (RODRIGUES *et al.*, 1993).

No estudo sobre isolamento de gomas, Rodrigues *et al.* (1993) apresentaram dois métodos para purificar a goma do cajueiro, com as etapas iniciais semelhantes (trituração, dissolução e filtração), variando a concentração de solução de goma e a temperatura na etapa de dissolução. A diferenciação dos métodos foi feita nas etapas seguintes, sendo em um deles realizada diálise e liofilização para obtenção da goma isolada, enquanto no segundo método foi realizada a precipitação com etanol e posteriormente a lavagem do precipitado com soluções de etanol e acetona, obtendo a goma isolada após uma última etapa de secagem. Nesse estudo foi constatado um rendimento superior na obtenção de goma pelo método que utilizou a precipitação com etanol seguida das etapas de lavagem.

Costa *et al.* (1996) aplicaram um método de purificação com um maior número de etapas para a goma do cajueiro com o intuito de obter uma goma com alto grau de pureza na forma de sal de sódio. O método testado foi constituído de uma etapa de isolamento na qual foi utilizada a precipitação com etanol e lavagem do material, duas etapas de purificação, sendo a primeira etapa realizada com a adição de NaCl para substituição dos cátions da goma por Na<sup>+</sup>, e por último uma etapa de troca iônica e liofilização da goma. Nas etapas de isolamento, 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> purificações, Costa *et al.* (1996) obtiveram rendimentos de 78%, 90% e 77%, respectivamente.

Rendimentos menores (entre 55% e 59%) na obtenção da goma de cajueiro purificada foram obtidos por Porto (2013) em ensaios de purificação com menos etapas de purificação que também utilizaram etanol e secagem em estufa para obtenção da goma purificada sem a adição sal na etapa de dissolução. Ramalho (2014) purificou a goma utilizando NaCl para substituição dos cátions presentes na goma do cajueiro, com a precipitação da goma sendo feita com etanol e acetona enquanto que a última etapa de secagem foi feita por liofilização de uma solução aquosa de goma, chegando a rendimentos médios na obtenção da

goma de 59%.

## 2.5 Ultrassom na nucleação de polissacarídeos

O ultrassom é uma forma de energia gerada por ondas sonoras de altas frequência, a partir de 20 KHz, que se propaga por algum meio condutor podendo gerar alterações químicas e físicas no meio de propagação. A utilização do ultrassom para diferentes fins práticos se deve a essas alterações físicas, químicas e mecânicas que ele pode gerar durante sua propagação através da geração de pressão, cisalhamento ou gradiente de temperatura no meio (BARBOSA, 2015; PICÓ, 2015).

Grande parte das aplicações de sistemas de ultrassom são feitas em sistemas líquido-líquido ou líquido-sólido, devido a facilidade das ondas ultrassônicas no meio líquido. Na indústria de alimentos as aplicações do ultrassom podem estar relacionadas a limpeza e desinfecção, auxílio na formação de emulsificações, auxílio em processos de filtração, cristalização e precipitação, entre outras (PICÓ, 2015).

Alguns autores relacionaram o efeito do ultrassom na cristalização de polissacarídeos com a possível indução de nucleação desses materiais em solução (BERMUDEZ-AGUIRRE, 2017; HOSSEIN *et al.*, 2011; ZHANG *et al.*, 2015). Para que a nucleação de um soluto dissolvido ocorra é necessário que parte desse soluto se reorganize na forma sólida. Contudo o surgimento de uma nova fase sólida, que pode ser mais estável, leva ao surgimento de uma nova interface entre as fases líquida e sólida, processo esse menos favorável energeticamente. Dessa forma a aplicação do ultrassom na solução de polissacarídeo pode induzir a nucleação e auxiliar na cristalização de polissacarídeos. Todavia o mecanismo pelo qual a nucleação é induzida pelo ultrassom ainda não foi completamente esclarecido (GIULIETTI, 2001).

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Teste de solubilidade inicial

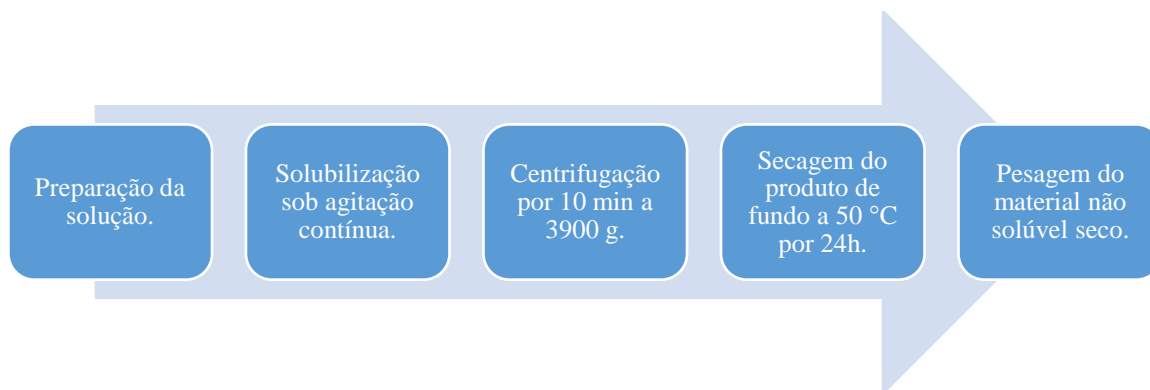
Esse procedimento foi realizado para diferentes quantidades iniciais de amostra bruta até que se percebesse que a solução havia atingido a saturação, através da diminuição na quantidade de goma seca obtida ao final dos testes. O teste de solubilidade foi iniciado com a pesagem da goma, nas quantidades iniciais de 6, 8, 10, 12, 16, 18 e 20 gramas, seguida da dissolução em 100 mL de água sob agitação constante durante 1h. Após o período de solubilização a solução foi centrifugada durante 10 min a 3900 g, o material de fundo não solúvel foi descartado e o sobrenadante foi secado durante 24h em estufa com circulação de ar a 50 °C para retirada da água. A goma seca obtida foi pesada e a solubilidade foi obtida pela razão entre a massa seca e o volume de água. A finalidade desse teste foi obter a solubilidade aproximada da amostra para que pudessem ser construídas as curvas de solubilidade em função do tempo para diferentes granulometrias da amostra.

#### 3.2 Curvas de solubilidade

A amostra foi classificada por peneiramento durante 10 minutos, com peneiras de aberturas de 300, 355, 425, 500, 600, 710, 850 e 1000  $\mu\text{m}$ . Após o peneiramento foram selecionadas 3 faixas de granulometria para serem testadas em relação ao tempo ideal de solubilização, a faixa inferior foi de goma com granulometria menor que 300  $\mu\text{m}$ , a faixa intermediária foi constituída de goma com granulometria entre 300 e 500  $\mu\text{m}$  e a faixa superior de goma com granulometria maior que 600  $\mu\text{m}$ .

Para a construção das curvas de solubilidade os testes foram todos realizados com soluções na concentração de 0,12 g/mL, concentração definida a partir do teste inicial de solubilidade. Inicialmente 6 gramas de goma eram dissolvidas em 50 mL de água, após a dissolução a solução era centrifugada durante 10 min a 3900 g. O sobrenadante obtido era descartado e o material de fundo que não foi solúvel era secado em estufa e então pesado. Todo o procedimento é representado na figura 3. A variável testada foi o tempo de solubilização, que variou entre 5, 10, 20 e 30 minutos. Os testes para cada tempo foram realizados em triplicata e a massa solubilizada foi obtida por diferença entre a massa inicial e a massa seca final. As médias de massa solubilizada foram utilizadas para construção das curvas em função do tempo.

Figura 3 - Procedimento para obtenção das curvas de solubilidade.

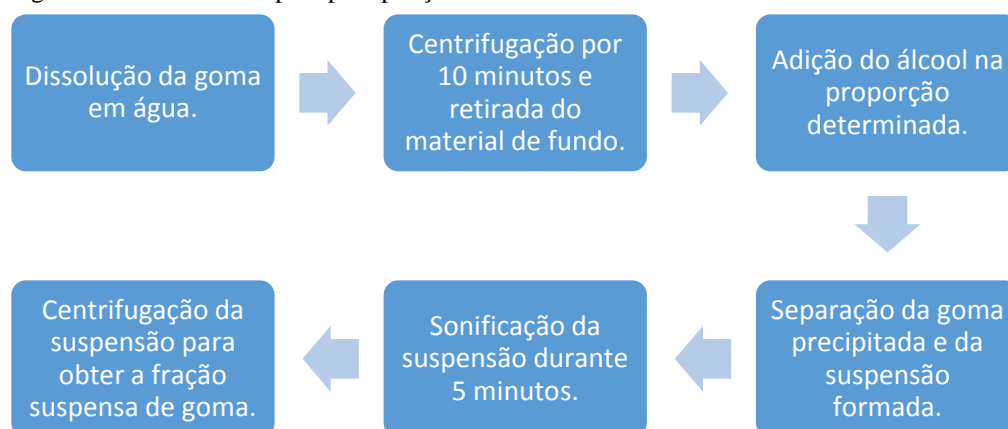


Fonte: Elaborado pelo autor.

### 3.3 Precipitação com etanol

Os testes de precipitação com etanol foram feitos após a escolha da melhor granulometria e melhor tempo para solubilizar a goma. Foram testadas diferentes proporções de solução aquosa de goma e etanol para a precipitação, com a finalidade de se identificar a proporção mais adequada para essa etapa. Cinco proporções (Solução de goma : Etanol) foram avaliadas, sendo elas 1:0,5, 1:1, 1:1,5, 1:2 e 1:3 em volume. Na figura 4 estão representadas as etapas para a precipitação da goma.

Figura 4 - Procedimento para precipitação com etanol.



Fonte: Elaborado pelo autor.

As duas frações de goma, a obtida na precipitação rápida e obtida após centrifugação, foram secadas durante 24h a 50 °C para retirar a humidade e então pesadas. Foram avaliadas as porcentagens de goma obtida pela precipitação rápida na terceira etapa e pela obtida após a centrifugação, sendo os valores obtidos pela razão entre a massa de cada fração pela soma das massas das duas frações de goma obtidas.



### **3.4 Velocidade de sedimentação e velocidade terminal**

A goma obtida após a etapa de precipitação foi utilizada para avaliação da velocidade de sedimentação da amostra e para os testes de velocidade terminal. Os testes foram realizados em provetas de 100 e 250 mL, com álcool etílico como meio. Para os ensaios de sedimentação foram utilizados 14 g de goma precipitada, que foram adicionadas à proveta com 100 mL de álcool. Após a goma sedimentar por completo foi anotado o volume ocupado pelo material compactado. Em seguida o material em repouso foi agitado até que entrasse todo em suspensão, sendo então posto novamente em repouso para que o material sedimentasse. Esse procedimento foi filmado e os dados de tempo e altura do sedimentado foram usados para a construção da curva de sedimentação da concentração de material não sedimentado em função do tempo.

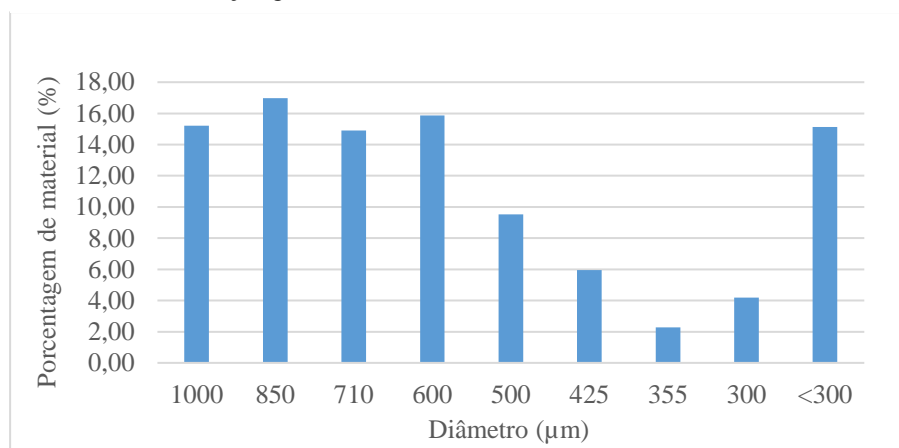
Para os testes de velocidade terminal pequenas quantidades de goma foram adicionadas cuidadosamente em 250 mL de etanol. A partir da filmagem do procedimento foram coletados dados de tempo e distância percorrida pela goma até atingir o fundo da proveta, sendo então determinada a velocidade terminal da amostra. O procedimento foi repetido 6 vezes e a velocidade terminal média foi determinada pela média aritmética dos resultados das repetições.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Solubilidade da goma

Os testes iniciais de solubilidade da amostra mostraram que a solução de goma e água atingia a saturação em uma concentração de aproximadamente 0,16 g/mL. O tempo de dissolução para atingir essa solubilidade foi bastante elevado, sendo assim para garantir que praticamente todo material fosse solubilizado nos testes seguintes, e de forma mais rápida, as soluções foram preparadas a 0,12 g/mL. No gráfico 1 é apresentada a distribuição granulométrica do material usado para as curvas de solubilidade.

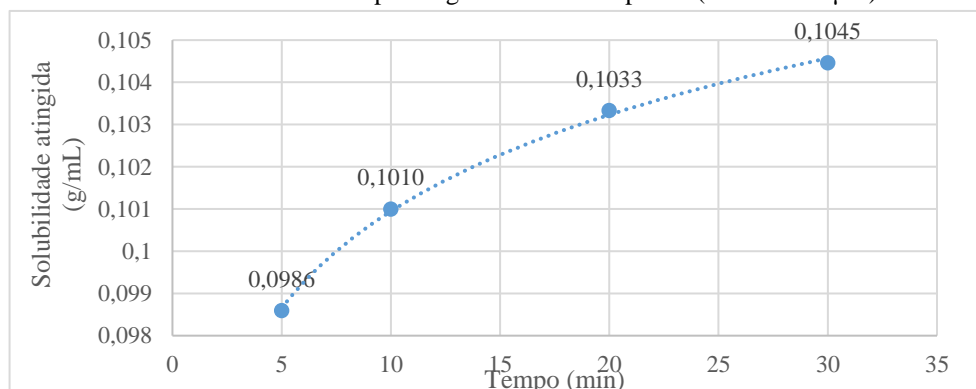
Gráfico 6 - Distribuição granulométrica da amostra bruta.



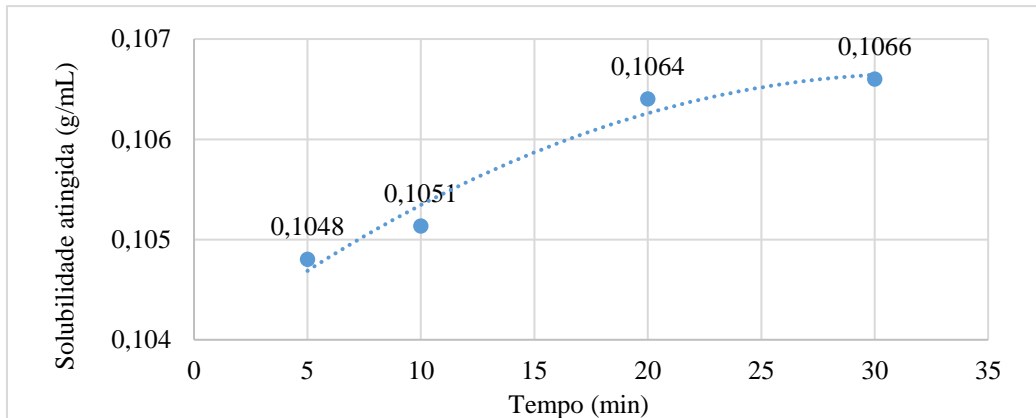
Fonte: Elaborado pelo autor.

A faixa superior (600 a 1000 µm) e intermediária (500 a 300 µm) apresentaram um comportamento esperado em relação ao tempo de solubilização, com o aumento de goma solubilizada em função do tempo de agitação. As curvas de solubilidade para as faixas superior e intermediária são apresentadas nos gráficos 2 e 3.

Gráfico 7 - Curva de solubilidade para a granulometria superior (1mm – 600 µm).



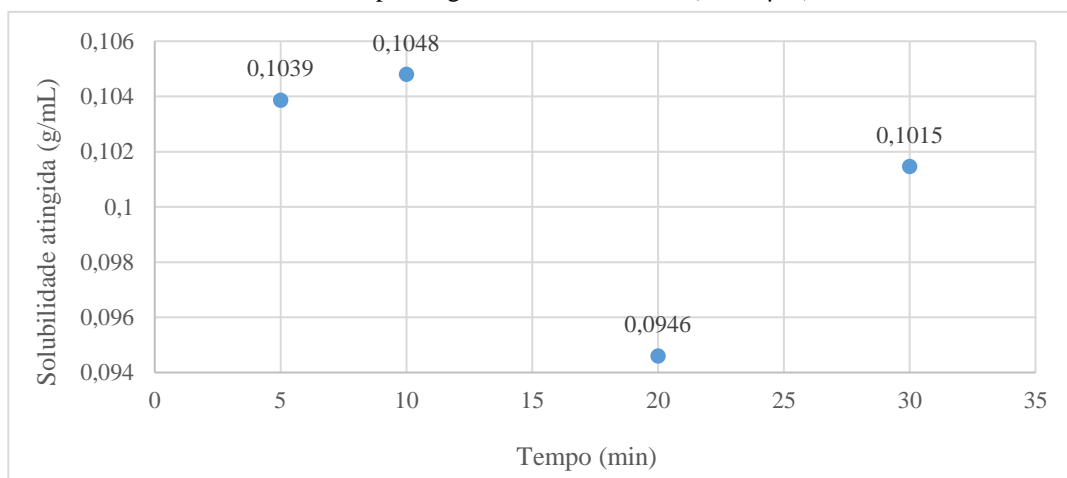
Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 8 - Curva de solubilidade para granulometria intermediária (500  $\mu\text{m}$  – 300  $\mu\text{m}$ ).

Fonte: Elaborado pelo autor.

A quantidade de material solubilizado aumentou para maiores tempos de solubilização, sendo que a faixa intermediária apresentou uma capacidade de solubilização ligeiramente melhor que a faixa superior. O tamanho das partículas foi um dos fatores principais que afetaram a dissolução dos materiais.

Em se tratando de gomas é possível dizer que as partículas de maior granulometria têm um tempo de dissolução maior que as de menor tamanho. Isso pode ser explicado pela maior dificuldade que a água encontra para penetrar no centro das partículas de maior tamanho, enquanto que o processo de solvatação pode ser facilitado por partículas menores. Todavia o processo de solubilização de partículas menores pode ser dificultado por alguns fatores, como foi observado para as partículas menores que 300  $\mu\text{m}$  (LAAMAN *et al.*, 2011). Os dados de solubilidade para essa faixa são apresentados no gráfico 4.

Gráfico 9 - Dados de solubilidade para a granulometria inferior (< 300  $\mu\text{m}$ ).

Fonte: Elaborado pelo autor.

A variação na solubilidade nos testes iniciais com a amostra bruta e com a faixa inferior pode ser explicada principalmente pela interação das partículas de baixa granulometria com a água. Mesmo que partículas menores de polissacarídeos ofereçam menos resistência à hidratação de seus centros, elas são mais propensas a formação de aglomerados. Esses aglomerados de partículas são caracterizados por estarem hidratados na parte exterior, formando uma espécie de gel que impede a entrada de água no interior desses aglomerados, de forma que o interior permanece seco, tornando mais difícil o processo de dissolução (WHISTLER *et al.*, 1992).

A aglomeração ocorre mais rapidamente quando as partículas finas estão mais próximas umas das outras. Devido a rápida capacidade de hidratação da superfície dessas partículas e da possibilidade de interação entre partículas vizinhas, é possível que ocorra a formação de aglomerados maiores. Uma das formas de evitar esse fenômeno é fazendo com que as partículas entrem em solução da forma mais dispersa possível, evitando assim a formação dos aglomerados no período de tempo necessário para dissolver o material. Essa dispersão das partículas pode ser conseguida através de fluxos bastante turbulentos da água, obtidos com a aplicação de uma agitação mais vigorosa, e com a adição controlada da goma aos vórtices de agitação. Outra forma de dissolução é através da mistura prévia da goma com outro material de rápida dissolução, como sais e açúcares, para que as partículas da goma sejam mantidas separadas o máximo possível, evitando a aglomeração (LAAMAN *et al.*, 2011; WHISTLER *et al.*, 1992).

#### **4.2 Precipitação da goma**

Os ensaios de precipitação realizados com a granulometria intermediária evidenciaram o efeito da proporção entre a solução de goma e o etanol na quantidade de precipitado obtido. Das proporções testadas apenas a de meio volume de álcool para cada volume de solução de goma não gerou resultado algum, pois nessa condição a quantidade de álcool não foi suficiente para que ocorresse a precipitação da goma.

Após a adição do álcool à solução de goma ocorre em poucos segundos a formação de grande quantidade de precipitado. A rápida interação entre o álcool e a goma solubilizada na água faz com que a maior parte da goma sedimente em poucos segundos, esse material foi definido como goma da precipitação rápida. Uma outra fração da goma permanece em suspensão na solução após a adição do etanol e sua sedimentação ocorre de forma bastante lenta. As etapas de sonificação e centrifugação foram realizadas com o intuito de obter de forma

mais rápida esse material suspenso, sendo essa fração denominada de goma obtida após centrifugação. O efeito do aumento da quantidade de etanol na fração de goma obtida na precipitação rápida e na obtida após centrifugação foi avaliado e é apresentado na tabela 2.

Tabela 2 - Dados de precipitação com etanol.

Forma de obtenção	Porcentagem de goma obtida			
	Proporção (Goma : Etanol)			
	1:1	1:1,5	1:2	1:3
Precipitação rápida	90,05	95,21	98,01	96,49
Após centrifugação	9,95	4,79	1,99	3,51

Fonte: Elaborado pelo autor.

O aumento da quantidade de álcool levou a uma maior quantidade de goma obtida na precipitação rápida quando comparadas as proporções de 1:1 até 1:2. Entre estas o ganho de goma precipitada rapidamente foi de aproximadamente 8% para a razão de 1:2 em relação a 1:1. Esse aumento torna vantajoso o uso da razão 1:2 para a precipitação da goma, pois mais material pode ser obtido sem a realização das duas etapas seguintes para obtenção da fração suspensa de goma. A utilização da proporção 1:3 se demonstrou menos vantajosa em relação à anterior, pois ocorreu uma diminuição da goma precipitada rapidamente, sendo necessárias as etapas posteriores para obtenção de uma maior quantidade de precipitado. Na figura 5 são mostradas a goma bruta (à esquerda) e a goma obtida após a precipitação (à direita).

Figura 5 - Comparativo entre goma bruta e goma precipitada.



Fonte: Autor.

Nota: À esquerda a goma bruta, à direita goma após a precipitação.

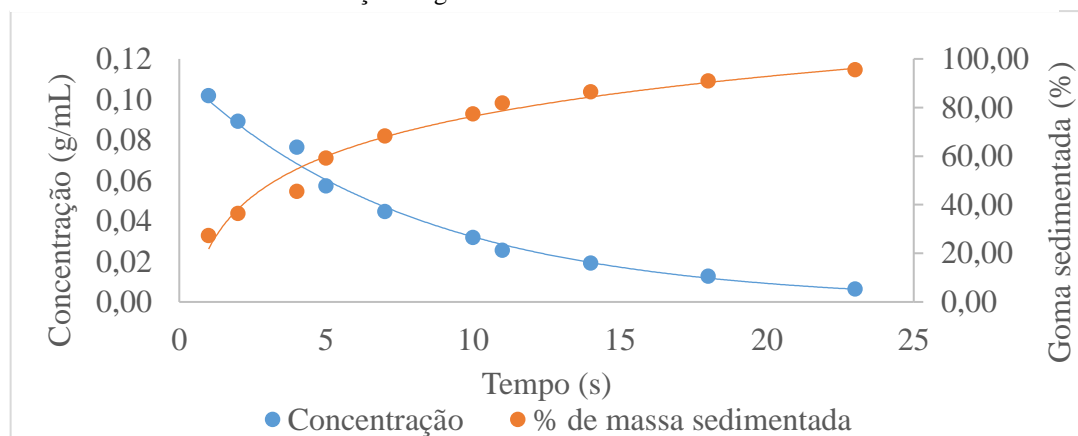
O rendimento obtido, em relação à massa inicial de goma bruta, na precipitação com razão 1:2 foi de 78,05%. Esse valor foi semelhante ao obtido na etapa de isolamento da goma de cajueiro feito por Costa *et al.* (1996), que obteve um rendimento de 78% utilizando um procedimento parecido ao adotado neste trabalho. Silva (2013) realizou um procedimento de precipitação da goma do cajueiro no qual obteve um rendimento aproximado de 59% utilizando uma proporção de solução de goma e etanol de 1:3. Rendimentos entre 55 e 59% foram obtidos por Porto (2013) utilizando uma proporção de 1:1,5.

Apesar do bom rendimento obtido é importante ressaltar que diversos procedimentos para preparo da solução de goma e para a precipitação são adotados em diferentes pesquisas, pois nenhuma metodologia padrão foi seguida nas referências consultadas. Variações que vão desde o tempo de solubilização, temperatura utilizada, filtração ou centrifugação do material, volume de álcool, até a adição de sais podem influenciar no rendimento final (RODRIGUES *et al.*, 1993).

#### 4.3 Sedimentação da goma

No gráfico 5 são apresentadas a curva de sedimentação e a porcentagem de material sedimentado em função do tempo. A concentração apresentada é referente à goma em suspensão na solução.

Gráfico 10 - Curva de sedimentação da goma em etanol.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O decréscimo da concentração de material suspenso ocorreu de forma bastante veloz, indicando a rápida sedimentação da goma em etanol. A rapidez na sedimentação pode ser bastante vantajosa para um processamento mais rápido da goma, pois em um processo de precipitação contínua em uma coluna seria possível a utilização de maiores vazões de solução

de goma e etanol, sem que a goma precipitada fosse arrastada pelas correntes de entrada (MEDEIROS, 2014).

A velocidade terminal média obtida nos ensaios foi de  $4,61 \pm 1,46$  cm/s. Esse valor pode explicar a rápida sedimentação que o material apresentou nos ensaios anteriores, contudo o processo de sedimentação e a velocidade terminal da partícula podem ser afetados por outros fatores como o diâmetro médio das partículas, a interação entre partículas próximas, a concentração de sólidos no meio, entre outros (GUIMARÃES, 2010).

A interação das partículas de goma com a água também pode ser um fator que interfira na velocidade terminal e na sedimentação do material, pois no processo normal de precipitação o meio será composto de uma mistura de álcool e água. Apesar disso os testes evidenciaram a possibilidade de realizar testes de precipitação de forma contínua, sendo a recuperação da goma precipitada feita através da sedimentação do material, de forma semelhante a um projeto de sedimentador. Para isso o projeto de um equipamento de separação deveria definir de forma adequada a área da seção transversal de ascensão da solução de goma e do etanol, garantido que a velocidade de ascensão seja inferior a velocidade terminal do precipitado (NUNES, 2008).

#### 4.4 Projeto de coluna de sedimentação

As condições para o teste em uma coluna de sedimentação foram definidas em função da disponibilidade de materiais. A vazão de etanol foi definida como a vazão máxima fornecida pelas bombas disponíveis, sendo esta de 1,5 L/h. A partir dos testes de solubilidade e de precipitação foram escolhidas as melhores condições para preparação da solução de goma e da vazão de etanol a ser utilizada. Na tabela 3 são apresentados os dados de vazões de operação adotados.

Tabela 3 - Vazões de operação para o teste em coluna.

<b>Diâmetro da coluna (mm)</b>	40,00
<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	50,26
<b>Vazão de solução de goma (L/h)</b>	0,75
<b>Vazão de etanol (L/h)</b>	1,50
<b>Vazão total (L/h)</b>	2,25
<b>Velocidade de ascensão (cm/s)</b>	0,01

Fonte: Elaborado pelo autor.

O tempo de dissolução selecionado para a goma foi de 20 min utilizando a granulometria intermediária. A proporção de solução de goma e etanol de 1:2 foi a escolhida, pois foi a que forneceu a maior quantidade de material pela precipitação rápida, sendo assim a vazão de solução de goma foi determinada de modo a manter essa proporção de 1:2 com a vazão de entrada de etanol de 1,5 L/h, sendo então definido o valor de 0,75 L/h. Para essas condições a velocidade de ascensão do líquido seria de 0,01 cm/s, valor bem menor que a velocidade terminal encontrada para a goma precipitada, possibilitando assim a sedimentação.



## 5 CONCLUSÃO

Foi demonstrada através dos resultados a possibilidade de realizar o processo de purificação da goma do cajueiro de forma contínua em uma coluna de sedimentação. As condições ideais definidas foram através da preparação de soluções de goma na concentração de 0,12 g/mL, utilizando goma com uma granulometria entre 500  $\mu\text{m}$  e 300  $\mu\text{m}$  e um tempo de dissolução sob agitação de 20 min. Na etapa de precipitação com etanol a proporção ideal de solução de goma e etanol é a de 1:2, que poderia fornecer melhores rendimentos de goma purificada.

Foi mostrado através das curvas de sedimentação a rapidez com que a goma sedimenta em etanol. Essa rapidez pode se tornar vantajosa para um processo contínuo de precipitação com a recuperação da goma sendo feita através da sedimentação. Por ter apresentado uma velocidade terminal relativamente alta, seriam possíveis vazões de operação mais altas sem que a sedimentação da goma fosse prejudicada. Todavia a realização de testes em uma coluna é necessária para que a viabilidade do processo seja comprovada e os ajustes necessários sejam realizados.

## REFERÊNCIAS

- AMID, B. T. MIRHOSSEINI, H. Effect of Different Purification Techniques on the Characteristics of Heteropolysaccharide-Protein Biopolymer from Durian (*Durio zibethinus*) Seed. **Molecules**, [Basel], v. 17, p. 10875 – 10892, set. 2012a.
- AMID, B. T.; MIRHOSSEINI, H. Influence of diferente purification and drying methods on rheological properties and viscoelastic behaviour of durian seed gum. **Carbohydrate Polymers**, [Amsterdam], v. 90. p. 452 – 461, mai. 2012b.
- BANEGAS, R. S. **Filmes formados por goma guar: efeito do Plastificante e agente reticulante nas propriedades térmicas, mecânicas e absorção de água**. 2008. 34 f. Monografia (Bacharelado em Química) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.
- BARBOSA, M. M. **Processo de purificação de goma de cajueiro: aspectos técnicos e ambientais**. 2015. 165 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.
- BERMUDEZ-AGUIRRE, D. **Ultrasound: Advances in Food Processing and Preservation**. 1. Ed. Indiana: Academic Press, 2017. p. 293 – 317.
- COSTA, S. M. O.; RODRIGUES, J. F.; PAULA, R. C. M. Monitorização do processo de purificação de gomas naturais: goma de cajueiro. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, [São Carlos], v. 2. p. 49 – 55, abr./jun. 1996.
- CUNHA, P. L. R.; PAULA, R. C. M.; FEITOSA, J. P. A. Polissacarídeos da biodiversidade brasileira: uma oportunidade de transformar conhecimento em valor econômico. **Química Nova**, São Paulo, v. 32. p. 649 – 660, mar. 2009.
- GIULIETTI, M. *et al.* Industrial crystallization and precipitation from solutions: state of the technique. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, São Paulo, v. 18, p. 423 – 440, dez. 2001.
- GUIMARÃES, F. A. V. **Revisão nos métodos de dimensionamento de espessadores e comparação dos modelos industriais**. 2010. 235 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Minas) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.
- GUIMARÃES, F. S. C. **Avaliação dos aspectos técnicos e econômicos na produção de madeira plástica por meio da utilização de materiais reciclados**. 2013. 125 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.
- HOSSEIN, K.; ZHANG, Z.; DELGADO, A.; SUN, D. Ultrasound assisted nucleation of some liquid and solid model foods during freezing. **Food Research International**, v. 44, p. 2915 - 2921, 2011.
- LAAMAN, T. R. *et al.* **Hydrocolloids in Food Processing**. 1. Ed. Nova Jersey: Wiley-Blackwell, 2011.

LIMA, R. E. M.; MAIA, L. K. R.; LIMA, J. S. Produção de goma a partir do cajueiro. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, p. 2089, dez. 2013.

LUVIELMO, M. M.; SCAMPARINI, A. R. P. Goma xantana: produção, recuperação, propriedades e aplicação. **Estudos tecnológicos**, São Leopoldo, v. 5, p. 50 – 67, jan./abr. 2009.

MEDEIROS, F. A. F. **Dimensionamento da área de um sedimentador contínuo**. 2014. 65 f. Monografia (Bacharelado em Química Industrial) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2014.

MOTHÉ, C. G.; RAO, M. A. Thermal behavior of gum Arabic in comparison with cashew gum. **Thermochim Acta**, v. 358, p. 9 – 13, 2000.

NUNES, J. F. **Estudo da sedimentação gravitacional de suspensões flocculentas**. 2008. 97 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2008.

PICÓ, Y. **Análise Química de Alimentos: Técnicas**. 1. Ed. Rio de Janeiro: Elsevier Academic, 2015.

PORTO, B. C. **Efeito da alta pressão dinâmica nas propriedades tecnológicas da goma do cajueiro (*Anacardium occidentale* L.)**. 2013. 183 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013.

PORTO, B. C.; CRISTIANINI, M. Evaluation of cashew tree gum (*Anacardium occidentale* L.) emulsifying properties. **LWT – Food Science and Technology**, v. 59, p. 1325 – 1331, dez. 2014.

RAMALHO, I. M. M. **Biopolímero da goma do cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) como potencial excipiente farmacêutico**. 2014. 27 f. Monografia (Bacharelado em Farmácia Generalista) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2014.

RODRIGUES, J. F.; PAULA, R. C. M.; COSTA, S. M. O. Métodos de isolamento de gomas naturais: comparação através da goma do cajueiro (*Anacardium occidentale* L.). **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, [São Carlos], v. 1, p. 31 – 36, jan./mar. 1993.

SILVA, A. G.; RODRIGUES, J. F.; PAULA, R. C. M. Composição e propriedades reológicas da goma do Angico (*Anadenanthera Macrocarpa* Benth). **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, [São Carlos], v. 8, p. 34 – 40, jun. 1998.

SILVA, D. R. **Obtenção e caracterização de micropartículas utilizando goma de cajueiro**. 2013. 110 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2013.

SILVA, T. C. **Estudo dos efeitos funcionais da goma de cajueiro, *Anacardium occidentale* L., sobre o sistema cardiovascular de ratos espontaneamente hipertensos**. 2006. 195 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

SOUZA, A. C. R. **Contribuição para o uso da goma de cajueiro como um insumo industrial**. 2014. 75 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

SOUZA, V. M. **Processo de secagem da goma do cajueiro (*Anacardium occidentale L.*) e suas propriedades tecnológicas**. 2011. 85 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

TOSIN, F. F. S. **Polissacarídeos da goma de exsudatos e da polpa dos frutos de *Prunus pérsica*: caracterização estrutural e análises reológicas**. 2008. 145 f. Tese (Doutorado em Ciências – Bioquímica) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

VIDAL, M. F. Situação da cajucultura nordestina após a seca. **Caderno Setorial ETENE**, Fortaleza, v. 1, p. 17 – 25, dez. 2016.

WHISTLER, Roy Lester *et al.* **Industrial Gums: Polysaccharides and Their Derivatives**. 3. Ed. Indiana: Academic Press, 1993. p. 14 - 43.

ZHANG, Z.; SUN, D.; ZHU, Z. CHENG, L. Enhancement of crystallization process by power ultrasound: current state-of-the-art and research advances. **Comprehensive reviews in food science and food safety**, v. 14, p. 303 – 316, 2015.