

## CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE MEMBRANAS DE QUITOSANA COM INCORPORAÇÃO DE EXTRATO DE *Anacardium microcarpum Ducke*

PEREIRA, R. C.<sup>1</sup>, SOUSA, M.V.S.<sup>1</sup>, MACÊDO, M.O.C.<sup>1</sup>, MACÊDO, H.R.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – Campus Picos

E-mail: ronaldocoelho18@gmail.com

**Resumo.** A quitosana é um biopolímero derivado do processo de desacetilação da quitina com ampla versatilidade de aplicações em diferentes áreas como agricultura, engenharia de tecidos, farmacêutica, indústria de alimentos, odontologia, entre outras. A engenharia de tecidos é uma das áreas com destaque nas pesquisas envolvendo quitosana, isso deve-se a suas propriedades como baixa toxicidade, bioatividade e biocompatibilidade. Diversos trabalhos têm associado a quitosana com outros biomateriais que possuem efeitos biológicos favoráveis ao processo de cicatrização buscando a produção de membranas com potencial de aplicação biomédico, nessa perspectiva esse trabalho teve por objetivo a produção e caracterização físico-química de membranas de quitosana com a incorporação de extrato de *Anacardium microcarpum Ducke* (cajuí), visando a produção de um biomaterial para aplicações biomédicas. A análise das membranas através das técnicas de: microscopia óptica; ângulo de contato; tensão superficial; e absorção de água, mostraram alterações das propriedades superficiais das membranas que receberam extrato, respectivamente, essas apresentaram maior heterogeneidade, aumento do caráter hidrofílico, e maior degradação em meio aquoso em relação as membranas puras.

**Palavras-chave:** Membranas, Quitosana, Extrato, *Anacardium microcarpum Ducke*.

### 1. INTRODUÇÃO

Os polímeros são definidos como macromoléculas de cadeia longa e/ou grande massa molecular. As cadeias poliméricas são constituídas por unidades menores denominadas monômeros, essas se constituídas por um único tipo de monômeros são chamadas de homopolímero, se por dois ou mais de copolímeros (BEZERRA, 2011). Os polímeros ainda podem ser divididos em dois grandes grupos: sintéticos e naturais.

O estilo de vida moderno tem como um dos seus pilares os polímeros sintéticos que estão fortemente incorporados ao cotidiano das pessoas constituindo inúmeros produtos comercializados em larga escala como utensílios domésticos, vestuários, automóveis, embalagens, entre outra infinidade de produtos. Já os biopolímeros são considerados a base da vida, entre eles estão as proteínas, os ácidos nucleicos e os polissacarídeos. Esses últimos podem assumir nos seres vivos função energética como o amido e glicogênio ou estruturante como a celulose e a quitina. (FELIPE et al., 2017; DUMITRIU, 2004).

Dentre os biopolímeros a quitosana, biopolímero derivado do processo de desacetilação da quitina, é reconhecido como um biomaterial de grande interesse por ter sua origem no reaproveitamento de um recurso natural, ser um biomaterial funcional e ter alto potencial de aplicação em diversas áreas (OLIVEIRA, 2011). Na literatura pode-se encontrar trabalhos de sua aplicação em áreas como: agricultura, farmacêutica, odontologia, indústria de alimentos, engenharia de tecidos, biorremediação e tratamento de afluentes (FELIPE, 2017).

A engenharia de tecidos é uma das áreas com destaque nas pesquisas envolvendo quitosana, isso deve-se as propriedades desse biomaterial como: ser biodegradável, biocompatível, ter a

capacidade de acelerar a proliferação celular, possuir baixíssima toxicidade e ainda, em alguns casos, apresentar atividade antimicrobiana e antifúngica (ROLIM, 2018; FELIPE, 2017). Entre as aplicações na engenharia de tecido estão o desenvolvimento de membranas/filmes/blendas contendo quitosanas para uso como curativos com potencial de melhorar processo cicatricial.

Diversos trabalhos têm associado a quitosana com outros biomateriais que possuem efeitos biológicos favoráveis ao processo de cicatrização buscando a produção de membranas com maiores potenciais de aplicação biomédico. A incorporação de extrato vegetais de determinadas espécies é uma das alternativas pesquisadas, alguns exemplos são a incorporação: do extrato hidroetanólico do Barbatimão (BARRAL, 2014), extrato alcoólico bruto da *Cissus verticillata* (L.) Nicolson & C.E. Jarvis (SOUZA NETO *et al.*, 2019), extrato de uva Jacquez (ALMEIDA, 2017), extrato de sementes de uva (SOGUT e SEYDIM 2018), extrato metanólico de *Euphorbia umbellata* (LEMES, 2016), extrato de *Chenopodium ambrosioides* (ANJOS, 2017), extrato foliar de *Combretum duarceanum Cambess* (SOUSA, 2017), entre outros.

Nessa perspectiva esse trabalho teve por objetivo a produção e caracterização físico-química de membranas de quitosana com a incorporação de extrato de *Anacardium Microcarpum Ducke* (cajuí), espécie de composição fitoquímica e morfologia semelhante ao caju, visando a produção de um biomaterial para aplicações biomédicas. A escolha pela espécie em questão se deu devido a sua forte presença regional e a existência de pesquisas que comprovam os efeitos biológicos positivos da espécie *Anacardium occidentale*, caju, no processo de cicatrização.

O *Anacardium microcarpum Ducke* tem ampla distribuição e variedade no Nordeste possuindo valor nutricional para animais e comunidades do cerrado, além de importância na medicina popular onde a planta é empregada para tratar inflamações na boca e garganta, diarreia, e usada na cicatrização de ferimentos. Por vezes é considerado como um morfotipo do *Anacardium occidentale*, caju, apesar de popularmente serem tratados como distintos, principalmente, devido a grande diferença de tamanho do conjunto fruto-pseudofruto entre eles.

Trabalhos analisando os extratos das duas espécies mostram que suas composições fitoquímicas são semelhantes, sendo encontrados em ambos diversos compostos fenólicos, flavonoides, taninos, triterpenos, saponinas, e óleos essenciais (BAPTISTA, 2018). Esses compostos bioativos estão associados aos seus efeitos antioxidante, anti-inflamatório e microbicida. BAPTISTA (2016) analisando os dois extratos concluiu que as concentrações de fenólicos totais e flavonoides das folhas caju foram diferentes em relação ao cajuí, porém foram observados que possuem capacidade antioxidante e antimicrobiana *in vitro* semelhante.

Formulações à base de *Anacardium occidentale* têm apresentado efeitos positivos em trabalhos avaliando seus efeitos no processo de cicatrização, a exemplo, no processo de cicatrização em ratos submetidos à colite ulcerativa PEDRO (2015) e ALMEIDA (2016), em camundongos quando: se avaliava a bioprospecção de *Anacardium occidentale* como produto anti-Leishmania e cicatrizante SILVA (2016), efeito associado entre o gel à base da casca do cajueiro e o ultrassom terapêutico sobre o processo de cicatrização de feridas cutâneas FURTADO (2019), em lesões cutânea onde se avaliava atividades antioxidante, anti-inflamatória e cicatrizante do caju VASCONCELOS (2011). Dessa forma o extrato de *Anacardium microcarpum Ducke* apresenta-se como um insumo de interesse para a avaliação de sua associação na produção de membranas de quitosana para fins biomédicos.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi dividido em três partes. A primeira foi a preparação do extrato das cascas de *Anacardium microcarpum Ducke* por um processo de maceração em solução hidroetanólica. A segunda consistiu na produção das membranas de quitosana pelo método de evaporação de solventes. A terceira consistiu na caracterização físico-química das membranas.

## 2.1 Preparação do extrato

As cascas de *Anacardium microcarpum Ducke* foram colhidas na região do caule em árvores pertencente a vegetação nativa do município de Ipiranga do Piauí – PI nas coordenadas (-6,806, -41,861) e (-6,795, -41,871) na data de 24/02/2019. Em seguida, foram levadas ao Laboratório de Biomateriais do IFPI-Campus Picos (LaBiomat), então lavadas e colocadas para secar durante 5 dias em uma estufa a 50 °C, posteriormente foram moídas em um moinho manual obtendo-se as cascas em pó.

A obtenção do extrato hidroalcoólico se deu adicionando 100g de pó em um litro de solução hidroetanólica (30:70, água: álcool etílico) e deixando a mistura em maceração por solvente durante uma semana em recipiente fechado e protegido da luz. Após isso, a mistura foi filtrada três vezes, a primeira em um filtro com tela de nylon e as duas últimas em papel filtro qualitativo (14 µm) com o uso de uma bomba a vácuo.

## 2.2 Preparação das membranas

A quitosana utilizada para a produção das membranas foi adquirida da empresa Polymar Ltda, Fortaleza, Brasil, tendo como características: grau de desacetilação de 85%, PH igual a 8,4 e densidade igual a 1,805 g/L.

O processo inicial para a preparação foi dissolver a quitosana em pó a concentração 2% (m/v) em uma solução de ácido acético 2% (v/v) com agitação constante durante 24 horas para a efetiva dissolução da quitosana. Em seguida, a solução foi submetida a duas filtrações para eliminação das impurezas, a primeira em um filtro com tela de nylon e a segunda em um filtro Mille Millipore® (41µm).

Foram produzidos dois tipos de membranas: as membranas de quitosana pura (MQP) e as com incorporação do extrato (MQE5%, MQE10%, MQE20%). Para o segundo caso, após a obtenção da solução de quitosana descrita anteriormente foi adicionado a essa o extrato em proporções de 5%, 10% e 20% (v/v) e novamente colocou-se a mistura em agitação constante durante 24 horas.

Após isso, as soluções de quitosana e quitosana com extrato foram distribuídas em Placas de Petri, 30 ml em cada, e levadas a estufa por 24h em temperatura de 50°C para evaporação dos solventes. Posteriormente, as membranas formadas foram neutralizadas com solução de NaOH a 5% (m/v), sendo essas lavadas em seguida abundantemente com água destilada para a remoção de resíduos de NaOH. Por fim, foram acomodadas para a secagem por um período de 24 horas em temperatura ambiente.

## 2.3 Caracterizações físico-química

A caracterização físico-química das membranas produzidas se deu através das técnicas de microscopia óptica, ângulo de contato, tensão superficial e absorção de água.

### *Ensaio de absorção de água*

Esse ensaio avaliou a quantidade de água absorvida pelas membranas em intervalos de tempo distintos e a quantidade de massa perdida, degradação, após o tempo final de imersão. As membranas MQP, MQE5%, MQE10% e MQE20% foram inicialmente pesadas em balança analítica com quatro casas decimais (peso seco inicial) e depois imersas em 350 ml de água destilada, cada, durante 72 horas sob temperatura ambiente de 32°C. O ganho de massa foi monitorado realizando-se pesagens a cada 1h nas primeiras 8h. Antes de cada pesagem as membranas foram secas com papel toalha para retirada do excesso de água.

Após as oito pesagens iniciais as membranas foram pesadas com 24 h, 48 h e 72 h de imersão. Depois do último peso húmido as membranas foram colocadas na estufa a 50 °C durante 24h para eliminação da humidade e em seguida realizou-se o peso seco final. A análise foi feita em triplicata calculando-se a média aritmética do ganho de massa em cada situação. O ganho foi calculado pela Eq. (1) e a perda de massa após as 72h pela Eq. (2), onde  $m_u$  = massa úmida,  $m_c$  = massa seca e  $m_f$  = massa seca final.

$$G(\%) = \frac{m_u - m_c}{m_c} \cdot 100; \quad P(\%) = \frac{m_c - m_f}{m_c} \quad \text{Eq. (1); Eq. (2)}$$

### **Ângulo de contato**

O método usado foi o da gota séssil realizado em um goniômetro produzido pelo próprio Laboratório de Biomateriais do IFPI - Campus Picos. Para a realização da técnica foram utilizados três líquidos: água, formamida e glicerina. Procedeu-se destacando amostras de cada tipo de membrana, pedaços de aproximadamente 3 cm<sup>2</sup>, que foram fixadas uma a uma sobre a base plana do goniômetro, em seguida foi gotejado separadamente 20 µL de cada um dos líquidos sobre a superfície de cada amostra, primeiro foi realizada a análise com água em todas as amostras seguida da formamida e glicerina. Esse procedimento foi filmado e acompanhado em computador por meio do programa *Windows Movie Maker*.

Em seguida através de recortes nos frames usando o *Movie Maker* obteve-se uma sequência de imagens do comportamento da gota em relação a superfície, respectivamente, imagens nos instantes 0s, 10s, 20s, 30s, 40s, 50s e 60s da queda e estabilização. A análise das imagens foi feita no programa *Surftens* versão demo onde mediu-se o ângulo de contato da base da gota com a superfície da membrana. A medição consistiu em fazer 5 marcações na gota, gerando um círculo e consequentemente sua tangente cujo o programa fornecia o ângulo. O procedimento de marcação foi realizado 7 vezes em cada imagem eliminando-se o maior e o menor ângulo, sendo o ângulo de contato em cada imagem a média dos 5 ângulos das marcações da gota. O processo foi feito para cada líquido, em cada tipo de membranas e nos diferentes instantes.

### **Energia de superfície (Tensão superficial)**

A teoria de Fowkes (1968) permite a determinação da energia de superfície de sólidos através da medição do ângulo de contato entre diferentes líquidos, de tensão superficial conhecida, com a superfície do sólido. Fowkes sugere que a energia livre de superfície deva ser considerada como um somatório das forças intermoleculares próprias, ou seja, a componente polar ( $\gamma^P$ ) e apolar ( $\gamma^D$ ) também denominadas de forças ou fator de coesão ou dispersão da superfície. (FOWKES, 1968 *apud* CARNEIRO, 2001). O cálculo é realizado usando a Eq. (3).

$$\left[ \frac{1 + \cos \theta}{2} \right] \cdot \left( \frac{\gamma_L}{\sqrt{\gamma_L^D}} \right) = \sqrt{\gamma_S^P} \cdot \sqrt{\frac{\gamma_L^P}{\gamma_L^D} + \sqrt{\gamma_S^D}} \quad \text{Eq. (3)}$$

Onde  $\gamma_L$ ,  $\gamma_L^D$ ,  $\gamma_L^P$ ,  $\gamma_S^D$ ,  $\gamma_S^P$  e  $\theta$  são, respectivamente, a tensão superficial total do líquido-ar, coordenada dispersiva da tensão superficial do líquido, coordenada polar da tensão superficial do líquido, coordenada dispersiva da tensão superficial do sólido analisado, coordenada polar da tensão superficial do sólido em estudo e ângulo de contato para o líquido. Os valores de  $\gamma^P$  e  $\gamma^D$  para os líquidos utilizados são apresentados na Tabela 1.

Líquidos	$\gamma_l(mJ/m^2)$	$\gamma_l^p(mJ/m^2)$	$\gamma_l^d(mJ/m^2)$
Água	72,8	51,0	21,8
Formamida	58,2	18,7	39,5
Glicerol	63,4	26,2	37,2

Tabela 01: Energia Superficial dos Líquidos utilizados.

Fonte: Macedo, 2013.

### Microscopia óptica

A superfície das membranas de cada proporção foram analisadas na ampliação 100 vezes através do microscópio Metalográfico Trinocular Plaina Normal - modelo TNM-08T-PL pertencente ao laboratório de biomateriais do IFPI-Campus Picos. A análise consistiu em capturar 5 imagens de diferentes partes da amostra identificando alterações em suas superfícies e estabelecendo comparativos entre as composições das membranas.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1 As membranas produzidas

As membranas obtidas apresentaram formato circular e em média 65 mm de raio e 11  $\mu\text{m}$  de espessura. As membranas puras a olho nu e colocadas contra a luz apresentavam aspecto homogêneo e transparente, já as membranas com extrato apresentavam coloração em tons vermelhos ou próximos ao marrom com a tonalidade se intensificando com aumento da quantidade de extrato, apresentavam aspecto menos homogêneo que a membrana pura onde podiam ser identificadas regiões com maior concentração de extrato.

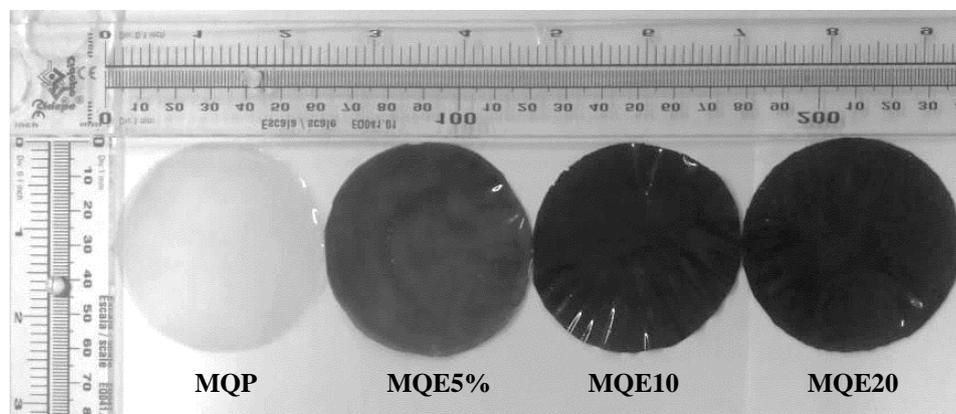


Figura 1 – Membranas Produzidas

Fonte: Próprias do autor.

### 3.2 Microscopia óptica

Na análise das imagens da microscopia óptica observou-se que as superfícies das membranas se apresentavam compactas. Verificou-se que a MQP foi a membrana com maior homogeneidade. Na MQP5% pode-se identificar regiões com porções de extrato suspensas na matriz dispersas por toda a membrana e com diversas dimensões(marcações I e II) além de algumas bolhas de ar. Nas membranas MQE10% e MQE20% não foi possível identificar regiões de concentração de extrato com grande dimensão apenas pequenos pontos(marcações III e IV), isso muito provavelmente deve-se a coloração escura das membranas não permitindo que a luz penetrasse muito em seu interior e a reflexão ocorresse apenas superficialmente e em

menor quantidade. Observou-se ainda maior quantidade de bolhas nas membranas com maior proporção de extrato (marcações V e VI).

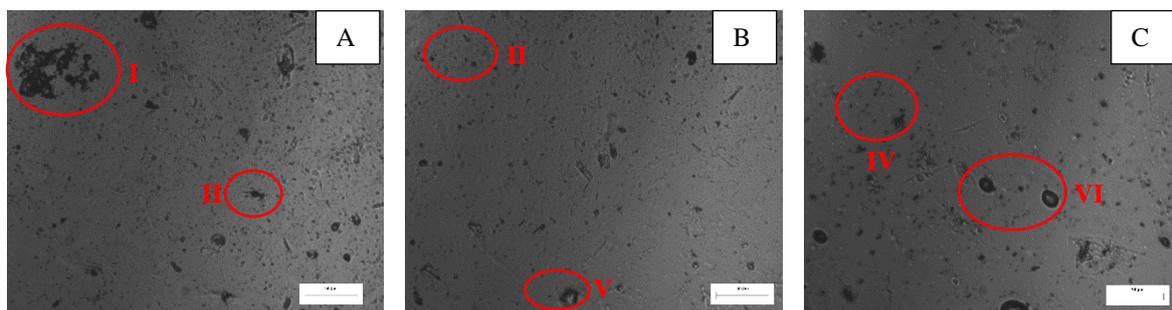


Figura 2 – Microscopia em escala de 50 µm da A) MQE5%, B) MQE10% e C) MQE20%

Fonte: Própria do autor.

### 3.3 Molhabilidade

Todas as membranas apresentaram caráter hidrofílico, isto é ângulo de contato  $\theta$  entre  $0^\circ$  e  $90^\circ$ , as membranas com incorporação de extrato apresentaram menor ângulo de contato portanto maior grau de hidrofiliicidade. A Fig. 3 apresenta a dinâmica de acomodação da gota sobre as superfícies. Os ângulos de contato máximo e mínimo para cada membrana foram respectivamente: MQP ( $42,04^\circ$ ;  $29,64^\circ$ ), MQE5% ( $39,30^\circ$ ;  $28,04^\circ$ ), MQE10% ( $38,94^\circ$ ;  $30,10^\circ$ ) e MQE20% ( $36,78^\circ$ ;  $27,98^\circ$ ).

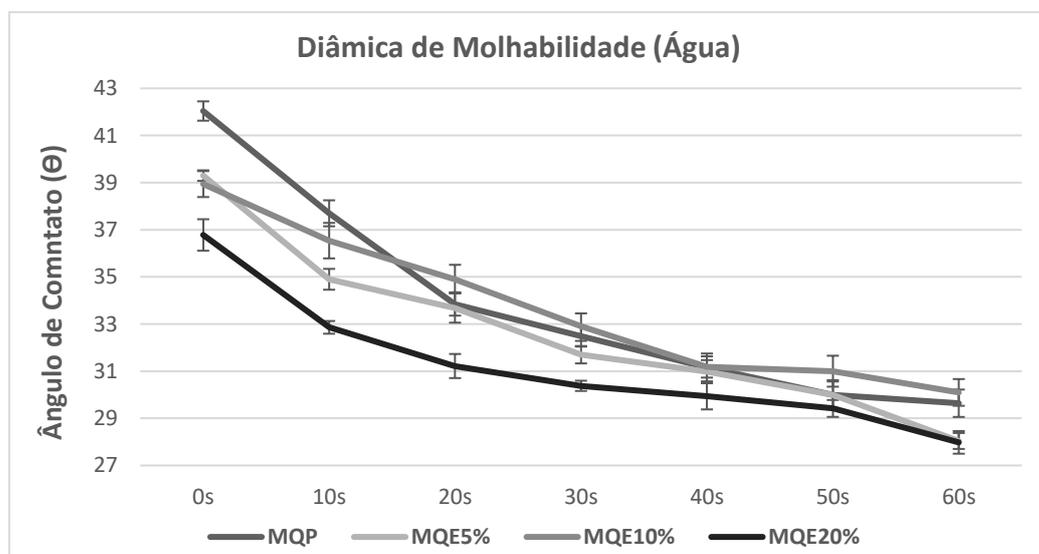


Figura 3 – Gráfico da Dinâmica de Molhabilidade para as Membranas Produzidas

Fonte: Própria do autor.

Pode-se observar uma tendência crescente de afinidade das superfícies com a água conforme o aumento da quantidade de extrato nas membranas. Segundo (MACEDO et al, 2011; TSAI e WANG, 2008) a hidrofiliicidade natural da quitosana está associada a presença de grupos hidroxila ( $OH$ ) e aminos ( $NH_2$ ).

A crescente hidrofiliicidade nas membranas com extrato indicam o aumento de grupos polares em suas composições. Esses componentes polares podem ser explicados pela incorporação de grupos fenólicos presentes no extrato de *Anacardium microcapatum* Ducke. Conforme demonstrado em análises fitoquímicas em diversos trabalhos dentre eles (BAPTISTA, 2018; SILVA e ALMEIDA, 2013; BARBOSA FILHO et al, 2013; CHAVES

2010) os extratos de *Anacardium occidentale* e *Anacardium microcarpum Ducke* são ricos em compostos fenólicos.

### 3.4 Energia de Superfície

A energia de superfície é uma característica relevante no estudo dos biomateriais pois ela está associada a capacidade de outras substâncias interagirem/aderirem a superfície do material. Sabe-se que a energia de superfície afeta fortemente as interações biológicas, tais como a adesão, proliferação e a morfologia celular (PONSONNET et. al., 2003 *apud* MACÊDO, 2012).

Materiais com alta energia livre superficial adsorvem mais facilmente macromoléculas, desenvolvem maior número de sítios favoráveis para ocorrer a ligação e formam camadas favoráveis para a ligação das células (BAIER e MEYER, 1988 *apud* COUTINHO e ELIAS, 2009). A componente polar nesses materiais é um fator importante, pois a adsorção de proteínas relacionadas à adesão celular, como por exemplo, as fibrinas, ocorre preferencialmente nas superfícies de materiais com alta energia polar (SOUSA, 2017). A Figura 4 apresenta os valores da energia de superfície para as membranas produzidas.

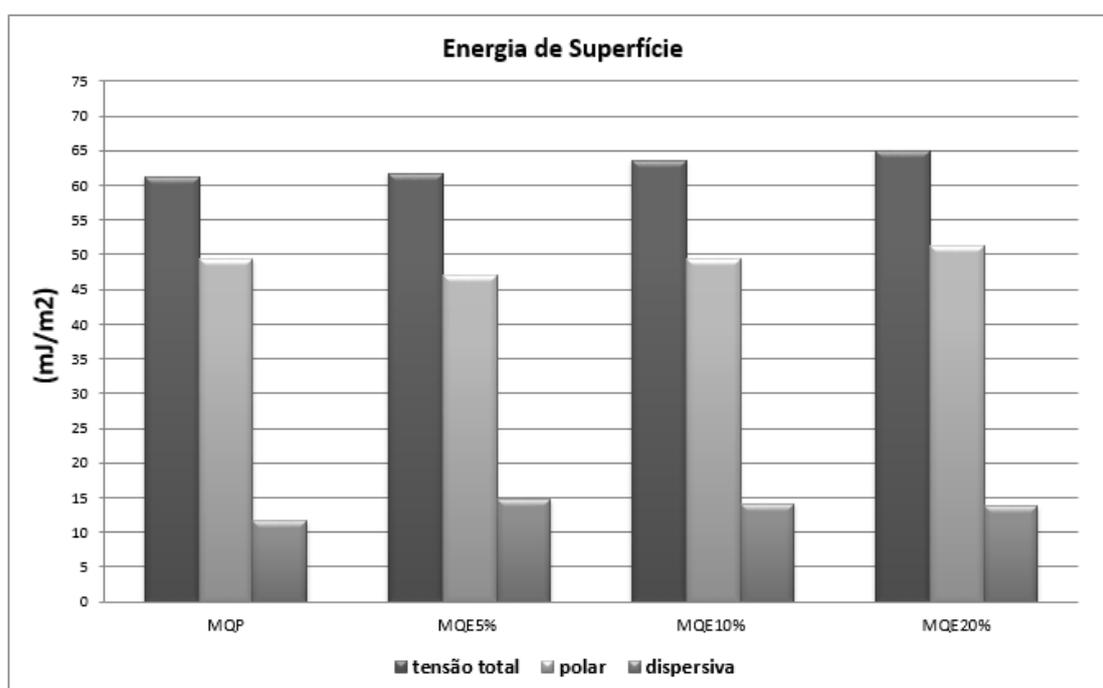


Figura 4 – Média da Tensão Superficial nas Membranas Produzidas

Fonte: Própria do autor.

Pode-se observar que houve predominância da coordenada polar em todas as membranas em detrimento da dispersiva e que a energia de superfície total das membranas com extrato foi superior a membrana pura. Esse aumento indica alterações químicas nas superfícies das membranas, provavelmente, devido a presença dos grupos fenólicos no extrato como mencionado anteriormente, também podendo ter contribuições de alterações físicas como alteração na rugosidade das superfícies.

A MQP apresenta componente polar superior a MQE5% e MQE10% esse comportamento, muito provavelmente, está associado a interação química dos grupos polares do extrato com os da quitosana resultando em menos grupos polares disponíveis nessas superfícies para interagirem com a água em relação a MQP, Sousa (2017) em seu trabalho caracterizando membranas de quitosana com extrato também supõe essa hipótese para o comportamento da energia de superfície em sua análise. Conforme ocorre a incorporação do extrato nas

membranas a componente polar da energia de superfície aumenta indicando maior disponibilidade de grupos polares livres do extrato para interagirem com a água.

### 3.5 Ensaio de absorção de água

A Figura 5 apresenta os valores obtidos para a absorção de água ao longo do tempo em relação ao peso seco inicial. A MQP apresentou maior taxa de absorção e um padrão constante de ganho de massa em relação as membranas com extrato (MQE5%, MQE10% e MQE20%). Essas por sua vez apresentaram crescimentos muito pequenos a partir da 24h em relação ao ganho de massa e valores praticamente iguais entre as três.

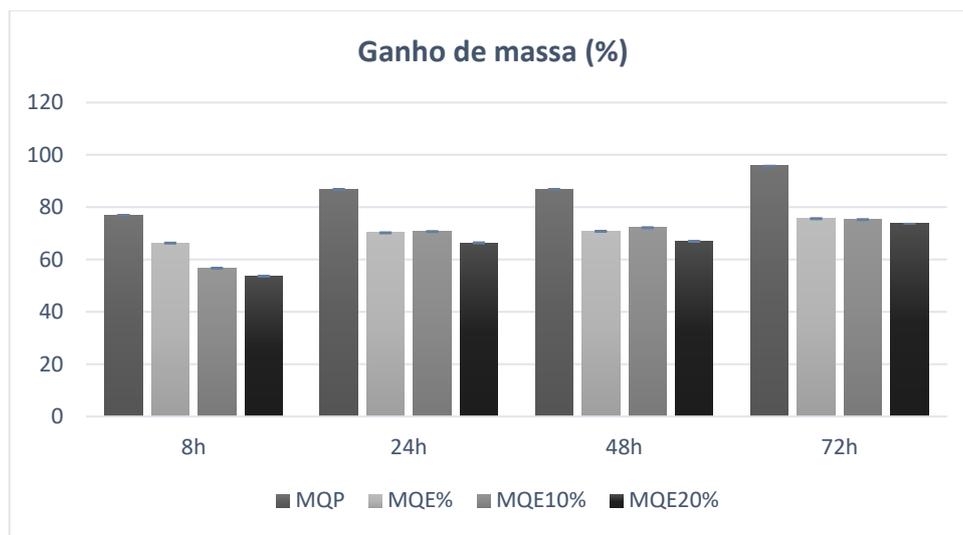


Figura 5 – Gráfico do Ganho de Massa em Porcentagem para as Membranas Produzidas  
**Fonte:** Própria do autor.

A maior absorção, ganho de massa, na MQP em relação as demais membranas pode estar associado a um pequeno aumento da componente dispersiva nas membranas com extratos e a interação química dos grupos polares do extrato com os da quitosana implicando em uma menor disponibilidade de interação com a água ao longo das camadas de fibra dificultando o intumescimento em relação a MQP. Outro fator que pode ter contribuído para esse comportamento foi as membranas com extrato terem apresentado perda de massa elevada em relação a MPQ podendo assim inferir na análise do ganho de massa ao longo do tempo.

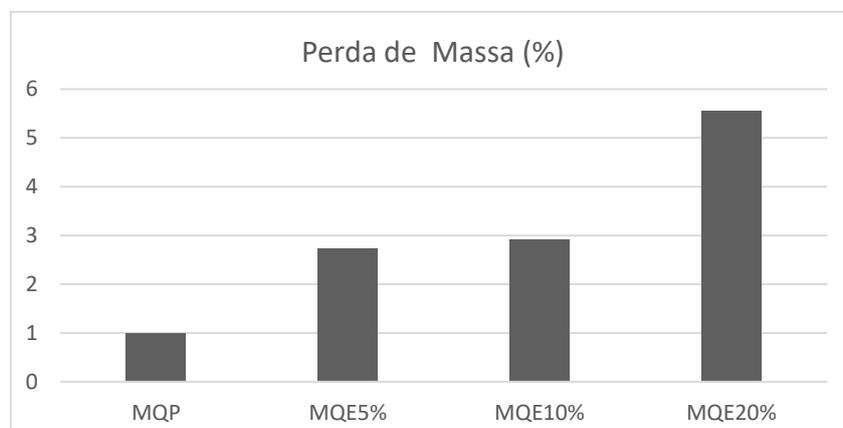


Figura 6 – Perda de massa nas Membranas Produzidas para 72h de Imersão  
**Fonte:** Própria do autor

As membranas com incorporação do extrato apresentaram maior perda de massa em relação a MPQ, isso indica que o extrato facilitou a degradação da matriz, ou seja, a desagregação de partes de sua estrutura. Essa perda pode ser atribuída a dissolução na água de porções do extrato que não se incorporam quimicamente a quitosana facilitando o desprendimento de pedaços da matriz.

#### 4. CONCLUSÕES

Foi possível a obtenção de membranas a partir da incorporação de diferentes proporções de extratos à solução de quitosana (5%, 10% e 20%) e constatou-se que as membranas com extrato apresentaram alterações em suas características físico-química de heterogeneidade, hidrofiliabilidade, energia de superfície, absorção e degradação em água, quando comparadas às membranas puras. O aumento da hidrofiliabilidade e energia de superfície nas membranas com extrato, com predominância da componente polar, indica um ponto positivo para um biomaterial curativo pois essas características estão associadas a adesão e proliferação celular. A menor absorção de água e maior degradação das membranas com extrato, principalmente na proporção 20%, são pontos negativos que podem comprometer a funcionalidade do biomaterial no que se refere a capacidade de absorver os fluidos corpóreos e sua resistência.

As caracterizações feitas no trabalho sinalizam que as membranas de quitosana com incorporação de extrato de *Anacardium microcarpum* Ducke possuem características físico-químicas compatíveis com a possibilidade de uso como biomaterial curativo. No entanto, uma avaliação efetiva desse biomaterial quanto a sua adequação ou não para uso como curativo depende de novos trabalhos que investiguem as proporções adequadas para melhorar a estabilidade do biomaterial, ampliação do número e tipos de ensaios de caracterização e a realização de testes biológicos para avaliar o potencial cicatrizante e toxicidade das membranas produzidas.

#### AGRADECIMENTOS

Ao Laboratório de Biomateriais do IFPI-Campus Picos (LaBiomat) e ao PIBIC-IFPI.

#### REFERÊNCIAS

1. ALMEIDA, E. G. **Estudo morfológico do cólon de ratos tratados com o extrato de *Anacardium occidentale* L. em um modelo de colite ulcerativa.** Monografia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Biociências, Curso de Ciências Biológicas, Natal-RN, 2016.
2. ANJOS, F. F. **Preparo e caracterização de membranas de quitosana com incorporação do extrato hidroalcoólico liofilizado do *Chenopodium ambrosioides* para aplicação como biomaterial.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Materiais, Teresina, 2017.
3. BAPTISTA, A. B. **Extrato de folhas de caju (*Anacardium occidentale* L.) e de cajuí (*Anacardium microcarpum* D.): prospecção fitoquímica, atividade antioxidante, antimicrobiana e anti-inflamatória, *in vitro* e *in vivo*.** Tese (Doutorado), Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós-graduação em Ciência da Nutrição, Viçosa – MG, 2018.
4. BARBOSA FILHO, V. M., et al. **Phytochemical constituents, antioxidant activity, cytotoxicity and osmotic fragility effects of Caju (*Anacardium microcarpum*).** Industrial Crops and Products, v. 55, p. 280-288, 2014.
5. BARRAL, S.M. **O uso do extrato hidroalcoólico de barbatimão associado ao filme de quitosana para a cicatrização de feridas cutâneas complexas em ratas.** Tese (Doutorado em Ciências Aplicadas à Cirurgia e à Oftalmologia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Medicina, Belo Horizonte, 2013.
6. BEZERRA, A. M. **Síntese e avaliações físico-química e biológicas de derivados de quitosana de alta e baixa massa molecular.** Dissertação (Mestrado em Tecnologia Bioquímica-Farmacêutica) – Universidade de São Paulo, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, São Paulo, 2011.

7. BEZERRA, A. M. **Síntese e avaliações físico-química e biológicas de derivados de quitosana de alta e baixa massa molecular**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Bioquímica-Farmacêutica) – Universidade de São Paulo, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, São Paulo, 2011.
8. CARNEIRO, M. P. **Caracterização das propriedades de superfície de filmes prolipropileno tratados com descarga corona**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Química, Campinas-SP, 2001.
9. CHAVES, M.H. **Fenóis totais, atividade antioxidante e constituintes químicos de extratos de *Anacardium occidentale* L., *Anacardiaceae***. Revista Brasileira de Farmacognosia, v. 1, n. 20, p. 106-112, 2010.
10. COUTINHO, M.P.; ELIAS, C.N. **Rugosidade e molhabilidade do titânio usado em implantes dentários com superfícies tratadas**. Revista brasileira de odontologia, v. 66, n. 2, p.234-8, 2009.
11. DUMITRIU, S. **Polysaccharides: Structural Diversity and Functional Versatility**. 2º Ed. Nova York: CRC Press, 2004. 1224 p.
12. FELIPE, L. O. et al. **Quitosana: da química básica à bioengenharia**. Química Nova na escola. v. 39, n. 4, p. 312-320, 2017.
13. FURTADO, R. A. A., et al. **Ação do gel *Anacardium Occidentale* L. associado ao ultrassom terapêutico no processo de cicatrização em camundongos**. Revista Saúde, v. 45, n. 2, Santa Maria-RS, 2019.
14. LEMES, B. M. **Membranas de quitosana contendo fração metanólica de *Euphorbia umbellata* (PAX) BRUYNS (EUPHORBIACEAE): desenvolvimento, caracterização e avaliação**. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Setor de Ciências Biológicas e da Saúde, Ponta Grossa-PR, 2016.
15. MACÊDO, H. R. A. **Tratamento térmico do titânio e suas consequências sobre as propriedades físico-química e de Biocompatibilidade**. Tese (Doutorado em Ciências e Engenharia dos materiais) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Ciências Exatas e da Terra, Natal-RN, 2012.
16. MACÊDO, M.O.C. **Efeito do Tratamento por Plasma na Proliferação de Fibroblastos e Esterilização de Membranas de Quitosana**. 2013. Tese (Doutorado em Ciências e Engenharia de Materiais) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013.
17. MACÊDO, M.O.C. et al. **O uso do plasma de nitrogênio para modificação superficial em membranas de quitosana**. Revista Brasileira de Inovação Tecnológica em Saúde, v.1, n. 2, 2011.
18. OLIVEIRA, M. **O biopolímero quitosana, modificado quimicamente ou reticulado com metais, em forma de pó ou esfera, aplicado no estudo termoquímico da 81 interação com cobre e amins alifáticas**. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Química, Campinas, 2011.
19. PEDRO, V. **Avaliação do efeito do extrato hidroalcoólico das folhas de *Anacardium occidentale* L. em ratos submetidos à colite ulcerativa**. Tese, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Ciências Biomédicas, Natal-RN, 2015.
20. ROLIM, A. E. H., et al. **Arcabouços de quitosana - propriedades físico-químicas e biológicas para o reparo ósseo**. Revista Virtual de Química, v. 10, n. 2, p. 211-228, 2018.
21. SILVA, A. E. S. e ALMEIDA, S. S. M. S. **Análise fitoquímica das cascas do caule do cajueiro (*Anacardium occidentale* L. – *Anacardiaceae*)**. Estação Científica (UNIFAP), v. 3, n. 2, p. 81-88, jul.-dez. 2013, Macapá.
22. SILVA, L. A. C. **Bioprospecção de *Anacardium occidentale* como produto anti-Leishmania e cicatrizante**. Tese (Doutorado em Biotecnologia), Programa de Pós-graduação da Rede Nordeste de Biotecnologia – RENOBIO, São Luís – MA, 2016.
23. SOGUT, E.; SEYDIM, A. C. **Development of Chitosan and Polycaprolactone based active bilayer films enhanced with nanocellulose and grape seed extract**. Carbohydrate Polymers. v. 195, p. 180-188. 2018.
24. SOUSA, F. M. S. **Preparo e caracterização de membranas de quitosana com extratos foliares de *Combretum duarceanum cambess* para aplicações biológicas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Materiais, Teresina, 2017.
25. SOUZA NETO, A. A., et al. **Desenvolvimento e caracterização de membranas de quitosana / *Cissus verticillata* (L.) Nicolson & C.E. Jarvis**. Revista matéria, v. 24, n. 03, 2019.
26. TSAI, H. S. e WANG, Y. Z. **Properties of hydrophilic chitosan network membranes by introducing binary crosslink agentes**. Polymer Bulletin, v. 60, pp. 103-113, 2008.
27. VASCONCELOS, L. S. **Atividades antioxidante, anti-inflamatória e cicatrizante do caju (*Anacardium occidentale* L.)**. Dissertação (Mestrado em Bioquímica) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Fortaleza-CE, 2011.

## **PHYSICOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF CHITOSANA MEMBRANES WITH INCORPORATION OF *Anacardium microcarpum* Ducke EXTRACT**

PEREIRA, R. C.<sup>1</sup>, SOUSA, M.V.S.<sup>1</sup>, MACÊDO, M.O.C.<sup>1</sup>, MACÊDO, H.R.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – Campus Picos

E-mail: ronaldocoelho18@gmail.com

**Abstract.** *Chitosan is a biopolymer derived from the chitin deacetylation process with wide versatility of applications in different areas such as agriculture, tissue engineering, pharmaceutical, food industry, dentistry, among others. Tissue engineering is one of the prominent areas in research involving chitosan, due to its properties such as low toxicity, bioactivity and biocompatibility. Several studies have associated chitosan with other biomaterials that have favorable biological effects to the healing process seeking the production of membranes with potential for biomedical application., from this perspective, this work aimed at the production and physicochemical characterization of chitosan membranes with the incorporation of *Anacardium microcarpum* Ducke extract, (“cajuí”), aiming at the production of a biomaterial for biomedical applications. Analysis of membranes by the techniques of: optical microscopy; contact angle; superficial tension; and water absorption showed changes in the surface properties of the membranes that received extract, respectively, these showed higher heterogeneity, increased hydrophilic character, and greater degradation in aqueous medium than pure membranes.*

**Keywords:** *Membranes, Chitosan, Extract, *Anacardium microcarpum* Ducke.*