

## Tecido de algodão funcionalizado com nanopartículas de prata visando produção de material bactericida

## Functionalized cotton cloth with silver nanoparticles for the production of bactericidal material

**Douglas Augusto Zacarias**  
[douglasz@alunos.utfpr.edu.br](mailto:douglasz@alunos.utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Apucarana, Paraná, Brasil  
**Johny Paulo Monteiro**  
[johnypmonteiro@gmail.com](mailto:johnypmonteiro@gmail.com)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Apucarana, Paraná, Brasil

### RESUMO

Tecidos bactericida podem encontrar aplicações desde peças do vestuário até em utensílios médicos. Assim, aqui foi apresentado a obtenção de um tecido de algodão bactericida por meio do recobrimento com filme compósito de carragena e nanopartículas de prata (AgNPs). As nanopartículas foram sintetizadas em uma solução de carragena na presença de tiras de tecido. Foram testadas duas concentrações de soluções de carragena (0,5 e 1,0% (m/v)) e  $\text{AgNO}_3$  (0,17 e 0,67% (m/v)) sob duas condições de tratamento (liofilizada e *in natura*). Os materiais foram caracterizados por MEV e EDS. A avaliação do percentual de inibição do crescimento bacteriano foi realizada pelo procedimento de inoculação de bactérias *Escherichia coli* (EC) e *Staphylococcus aureus* (SA) na presença das amostras e avaliado por meio de análise de absorção UV-Vis. Foi possível produzir os filmes compósitos de carragena/AgNPs em todas condições testadas. Os tecidos cobertos com compósito produzido a partir das menores concentrações simultâneas de polissacarídeo e precursor prata na condição liofilizada exibiu os melhores índices de inibição de crescimento bacteriano, alcançando 5% e 16% para SA e EC, respectivamente. Os resultados demonstraram que o recobrimento tem potencial para ser aplicado em superfícies têxteis visando incorporação de propriedades bactericidas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Tecido bactericida. Carragena. Nanopartícula de prata.

### ABSTRACT

Bactericidal fabrics can find applications ranging from garments to medical utensils. Thus, a bactericidal cotton cloth was obtained by coating with a composite film of carrageenan and silver nanoparticles (AgNPs). The nanoparticles were synthesized in a solution of carrageenan in the presence of tissue strips. Two concentrations of carrageenan solutions (0.5 and 1.0% (w/v)) and  $\text{AgNO}_3$  (0.17 and 0.67% (w/v)) were tested under two treatment conditions (lyophilized and *in natura*). The materials were characterized by MEV and EDS. The percentage of inhibition of bacterial growth was evaluated by the inoculation procedure of bacteria *Escherichia coli* (EC) and *Staphylococcus aureus* (SA) in the presence of the samples and evaluated with UV-Vis absorption analysis. It was possible to produce the composite films of carrageenan/AgNPs under all conditions tested. The composite-covered tissues produced at the lowest simultaneous concentrations of polysaccharide and silver precursor in the lyophilized condition exhibited the best bacterial growth inhibition index, reaching 5% and 16% for SA and EC, respectively. The results demonstrated that the coating has the potential to be applied to textile surfaces aiming the incorporation of bactericidal properties.

**KEYWORDS:** Bactericidal fabrics. Carrageenan. Silver nanoparticles.

**Recebido:** 30 ago. 2018.

**Aprovado:** 04 out. 2018.

**Direito autoral:**

Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



## INTRODUÇÃO

Atualmente, várias pesquisas são desenvolvidas em busca de tecidos inteligentes, os quais possuem capacidade de reagir a estímulos externos, proporcionando aos tecidos novas funções e propriedades (TAO, 2001).

Existe o interesse em funcionalizar têxteis com propriedades bactericidas, antimicrobianas e fungicidas (YETISEN, 2016), onde as nanopartículas de prata (AgNPs), que possuem propriedades bactericidas, antifúngicas e antimicrobianas, podem ser úteis na busca desse objetivo. Incorporar propriedades bactericida em tecidos pode evitar diversos problemas tais como manchas, mau odor, proliferação de fungos e bactérias em ambientes domésticos e hospitalares (SÁNCHEZ, 2006).

A incorporação das nanopartículas (NPs) nos têxteis pode se dar por meio da produção de um compósito de hidrogel e nanopartículas na superfície de tecidos, garantindo propriedades bactericidas ao substrato têxtil (YETISEN, 2016).

Deste modo, pretende-se desenvolver um tecido de algodão que será usado como suporte para produção de um compósito de filme de hidrogel de carragena e AgNPs visando a funcionalização de um substrato bactericida.

## METODOLOGIA

Com o objetivo de **sintetizar um filme de carragena na superfície do tecido de algodão**, preparou-se duas soluções de 15 mL com carragena a 0,5 e 1,0 % (m/v), colocando-as em um banho a 80°C, deixando sob agitação por 50 minutos para solubilização completa. Em seguida, foram adicionadas 3 amostras de tecido 100% algodão em cada solução, nomeadas como C05 (carragena 0,5% (m/v)) e C1 (carragena 1,0% (m/v)), junto com 15 mL de água destilada e colocados novamente no banho nas mesmas condições por um período de duas horas.

As amostras de tecido foram retiradas do banho, acondicionadas sobre lâmina de vidro e guardadas na geladeira por duas horas. Após isso, foram retiradas para avaliar a formação do gel e selecionou-se duas amostras de cada condição para congelar e liofilizar por 24 horas.

Já para **sintetizar o filme de carragena com AgNPs sobre o algodão**, foram feitas soluções de 15 mL com carragena e AgNO<sub>3</sub> nas condições mostradas no Quadro 1. Cada solução foi levada para um banho de 80°C, com agitação por 50 minutos, seguido da adição de 3 amostras de tecido nas soluções, exatamente como no processo anterior. Após duas horas, as amostras foram retiradas e armazenadas na geladeira, onde duas amostras de cada condição foram colocadas para congelar e foram liofilizadas por 24 horas.

Quadro 1 – Concentração de carragena e nitrato de prata nas amostras

Amostra	% Carragena (m/v)	% Nitrato de prata (m/v)
C05Ag67	0,5	0,67
C05Ag17	0,5	0,17
C1Ag67	1,0	0,67
C1Ag17	1,0	0,17

Para a **caracterização do filme de carragena**, foi utilizado as técnicas EDS e MEV. A morfologia da superfície do compósito carragena/AgNPs foi caracterizada antes e depois da incorporação das AgNPs, utilizando MEV para analisar a morfologia do compósito e EDS para verificar a composição química elementar da superfície.

Os **testes bactericidas** do material obtido foram feitos contra o modelo bactérias Gram-negativa *Escherichia coli* (EC) e Gram-positiva *Staphylococcus aureus* (SA). Os meios de cultura foram preparados com TSB com concentração de 30 g/L, cultivados durante 24h e transferidos 4 mL do meio para tubos de ensaio. E antes de todo o procedimento, os materiais foram devidamente esterilizados.

As bactérias que estavam em tubo de ensaio foram inoculadas utilizando um *swab* para vidros de ensaio contendo meio de cultura e foram colocadas em um Shaker, com temperatura de 35°C e agitação de 200 RPM por um período de 24 horas.

Amostras de tecido foram inseridas nos tubos de ensaio e adicionou-se 100 µL das suspensões celulares em cada tubo. Em seguida, foi feito a incubação por 24 horas no Shaker, na temperatura de 35°C e agitação de 200 RPM.

Após a incubação, as suspensões foram transferidas para cubetas e feita a leitura no espectrofotômetro UV-Vis na faixa de 200 nm e 900 nm. Posteriormente, foi feito o cálculo do percentual de inibição de crescimento de bactérias utilizando-se da Equação 1.

$$\text{Inibição (\%)} = 100 - (100 * \text{Abs}_T / \text{Abs}_{\text{máx}}) \quad (1)$$

Onde:  $\text{Abs}_T$  é o “Absorbância máxima da amostra” e  $\text{Abs}_{\text{máx}}$  é a “absorbância máxima controle positivo”.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

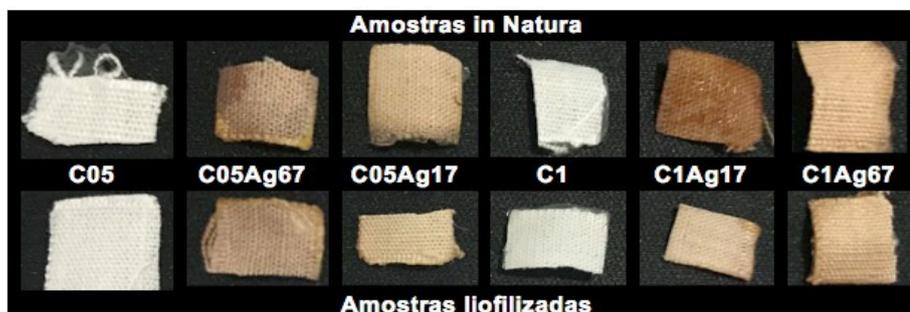
Na **síntese do filme de carragena sobre o tecido**, foi observado a sua formação nas duas concentrações testadas (0,5 e 1% (m/v)), mostrando-se quase transparentes, o que é comum para filmes de carragena sintetizados nessas concentrações.

A carragena é um polissacarídeo sulfatado solúvel em água aquecida, quando em baixas concentrações (comumente até 4% (m/v)). A solução quente de carragena se deposita entre as fibras do tecido. Após o resfriamento da solução, as interações entre os grupos das cadeias poliméricas se potencializam, o material fica viscoso e possibilita a formação do filme de carragena sobre o substrato têxtil.

Objetivou-se também a **síntese do compósito de filmes de carragena/AgNPs sobre o tecido de algodão** e foi visto que as amostras de tecido em meio de carragena 0,5 e 1% (m/v), sob todas as concentrações de solução do precursor de prata testadas, produziram AgNPs. O tom alaranjado adquirido pelos filmes de carragena sobre os tecidos indicam essa formação. A Figura 1 mostra as amostras

de tecidos recobertas com filme de carragena, com e sem AgNPs, em todas as condições testadas.

Figura 1 – Imagens fotográficas das amostras de tecido de algodão recobertas com compósito carragena/AgNPs. 1) C05, 2) C05Ag17, 3) C05A67, 4) C1, 5) C1Ag17 e 6) C1Ag67.



Fonte: Os autores (2018).

Os filmes, com ou sem AgNPs, se mostraram aderentes ao tecido, possivelmente pela interação entre os grupos das matrizes poliméricas da carragena e da celulose. Foi visto também que, em uma mesma condição de concentração de carragena, o aumento da quantidade de precursor de prata deixou menos intensa a coloração da superfície do tecido. Esse é um indicativo que uma menor população de AgNPs foi produzida. Esse comportamento não esperado precisará ser melhor investigado para esclarecimento. Por outro lado, mantendo a concentração de  $Ag^+$  constante, o aumento da concentração de carragena não interferiu sensivelmente na intensidade da cor exibida pelo tecido, sendo compreensível, pois os íons  $Ag^+$  são os limitantes da reação.

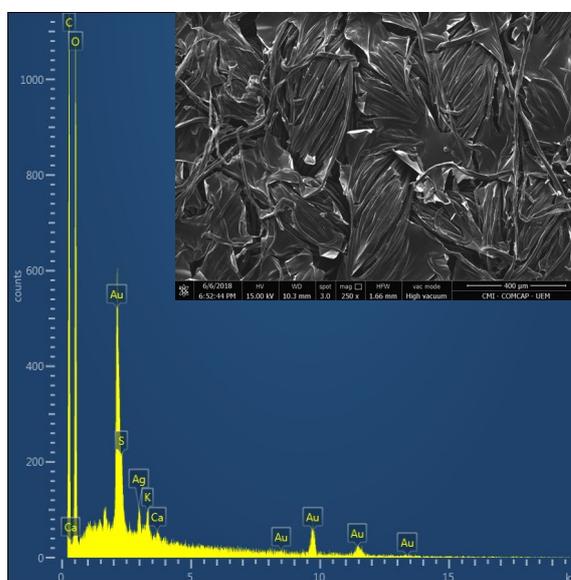
Na **caracterização dos materiais formados**, obteve-se espectros de EDS das amostras com o filme de carragena e dos compósitos carragena/AgNPs. Os espectros foram semelhantes, apresentando picos de ouro (devido ao filme produzido no preparo da amostra), picos de carbono e oxigênio (presentes no algodão e na carragena) e picos de potássio e cálcio (impurezas) para todas amostras. As amostras com os compósitos diferem-se pela presença de picos de prata e enxofre nas amostras, indicando presença do metal, possivelmente na forma nanoparticulada sobre a superfície, e carragena.

Também foi realizada a análise das imagens de MEV obtidas para as amostras, as quais mostraram que no material cru, as fibras estão lisas e espaçadas, e no tecido coberto com carragena, as fibras se mostram mais aglutinadas e com películas lisas descontínuas recobrimo as fibras, caracterizando o filme formado. Essas películas não apresentam diferenças significativas entre os materiais sintetizados, não importando a concentração de carragena e de  $AgNO_3$ . A Figura 2 mostra um espectro EDS para a amostra C05Ag17 (inset mostra uma imagem de MEV).

Os **testes bactericidas** foram realizados com meios de cultura de bactérias Gram-negativa *Escherichia coli* (EC) e Gram-positiva *Staphylococcus aureus* (SA). O controle positivo foi considerado como 0% de inibição de crescimento de bactérias. Ao crescerem, as bactérias ficam suspensas em solução e exibem uma absorção máxima de luz. Essa serve como parâmetro para definir o percentual de

inibição de crescimento de cada bactéria inoculada nas amostras produzidas (TORTORA, 2008).

Figura 2 – Espectro EDS para a amostra de tecido C05Ag17. O inset apresenta uma imagem de MEV para a amostra



Fonte: Os autores (2018).

Os tecidos recobertos com o compósito carragena/AgNPs na condição *in natura* não apresentaram poder bactericida contra *S. Aureus*. Pelo contrário, se mostraram bons substratos para crescimento dessa bactéria em todas condições testadas. Com relação às amostras liofilizadas, todas mostraram-se bactericidas frente a *S. Aureus*. Supõe-se que o motivo dessa diferença seja que as amostras *in natura* mantêm o gel espesso e possivelmente protegem as AgNPs do contato direto com as bactérias. Quando liofilizadas elas devem se tornar mais expostas.

Com respeito a bactéria *E. Coli*, as amostras recobertas com o compósito que mostraram-se mais bactericidas, tanto na forma *in natura* quanto na liofilizada, foram aquelas produzidas nas condições de menores concentrações simultâneas de AgNO<sub>3</sub> e carragena. Foi obtido inibição acima de 15% nessas condições. Sugere-se que nessa condição as AgNPs têm maior acesso à parede celular já que encontram-se em uma matriz polimérica menos densa e possivelmente menos espessa. Já as amostras com as maiores concentrações de AgNO<sub>3</sub> *in natura* também tiveram resultados significativos de inibição de crescimento para *E. coli*.

## CONCLUSÃO

Foi concluído que é possível desenvolver um compósito de filme de carragena como matriz sobre tecido de algodão atuando como reforço para sintetizar e servir de suporte para AgNPs. Com as análises de EDS e MEV, confirmou-se a presença de carragena nos tecidos por meio dos picos de enxofre identificados nos espectros e pelo aspecto de películas descontínuas na morfologia da superfície. Os picos de prata, assim como a obtenção de uma coloração com tonalidade alaranjada, indicam a presença de AgNPs.



As análises bactericidas mostraram que as amostras recobertas com o compósito possuíram maior efeito bactericida contra *E. Coli* principalmente para as condições com menor quantidade de carragena e de precursor de prata.

### REFERÊNCIAS

MARTINS, A. F. et al. Polyelectrolyte complex containing silver nanoparticles with antitumor property on Caco-2 colon cancer cells. **International journal of biological macromolecules**, v. 79, p. 748-755, 2015.

SÁNCHEZ, J. C. Têxteis inteligentes. **Revista Química Têxtil**, - v. 82,2006.

TAO, X. **Smart fibres, fabrics and clothing: fundamentals and applications**. Elsevier, 2001.

TORTORA, G. J., FUNKE, B. R., CASE, C. L. **Microbiologia**. Porto Alegre: Artmed, 2005.

YETISEN, Ali K. et al. Nanotechnology in textiles. **ACS nano**, v. 10, n. 3, p. 3042-3068, 2016.

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio da Universidade Tecnológica Federal Do Paraná (UTFPR) – Campus Apucarana e a bolsa fornecida pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).