



15º Congresso Brasileiro de Polímeros  
27 a 31 de outubro de 2019

## USO DE NANOCARGA EM EMBALAGENS BIODEGRADÁVEIS DE PROTEÍNA ISOLADA DE SOJA

Charon T. Moraes<sup>1</sup>, Patrícia Cofferi<sup>1</sup>, Bruna Monticelli<sup>1</sup>, Ruth M. C. Santana<sup>1</sup>, André L. S. Silva<sup>2</sup>

1 - Departamento de Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS  
[charon.tessaro@gmail.com](mailto:charon.tessaro@gmail.com) [pcofferri@gmail.com](mailto:pcofferri@gmail.com) [bruna.monticelli@yahoo.com](mailto:bruna.monticelli@yahoo.com) [ruth.santana@ufrgs.br](mailto:ruth.santana@ufrgs.br)

2 - Instituto SENAI de Inovação em Engenharia de Polímeros, São Leopoldo, RS  
[andre.luis@senairs.org.br](mailto:andre.luis@senairs.org.br)

**Resumo:** A proteína de soja é um potencial substituto aos materiais sintéticos devido a sua capacidade de formar filmes transparentes e com boas propriedades de barreira a gases. Porém, seu uso ainda é restrito devido à dificuldade de processamento, baixa resistência mecânica e alta absorção de umidade. Com o intuito de melhorar tais propriedades, são utilizados junto à matriz, plastificantes e nanocargas, como o Glicerol (Gli) e a argila Montmorilonita (MMT), por exemplo. Diante disso, este trabalho visa produzir filmes de proteína de soja isolada (PSI) plastificada com Glicerol e reforçada com argila montmorilonita (MMT), por ser uma nanocarga muito compatível com a mesma. Os resultados dos ensaios de reologia, tração e absorção de umidade, mostraram que a MMT teve interação suficiente com a PSI para atuar como uma barreira à passagem de umidade, mas não agiu como reforço.

**Palavras-chave:** *proteína de soja isolada, argila Montmorillonita, propriedades de barreira e propriedades mecânicas.*

### USE OF NANOCARGA IN BIODEGRADABLE PACKAGING OF ISOLATED SOY PROTEIN

**Abstract:** Soy protein is a potential substitute for synthetic materials due to its ability to form transparent films with good gas barrier properties. However, its use is still restricted due to the difficulty of processing, low mechanical strength and high moisture absorption. To improve these properties plasticizer and nanofiller they are used in conjunction with the matrix, such as glycerol (Gly) and montmorillonite clay (MMT), for example. Therefore, this work aims to produce glycerol plasticized isolated soy protein (PSI) films reinforced with montmorillonite clay (MMT), as it is a nanofiller very compatible with it. Results from rheology, tensile and moisture absorption tests showed that MMT had sufficient interaction with PSI to act as a barrier to moisture passage but did not act as reinforcement.

**Keywords:** *isolated soy protein, Montmorillonite clay, barrier properties and mechanical properties.*

### Introdução

Os materiais termoplásticos de origem sintética ganharam grande espaço na indústria de embalagens alimentícias nos últimos anos devido a sua leveza e transparência. No entanto, a produção em massa, somada ao alto tempo de degradação destes materiais, têm causado enormes impactos ambientais. Diante disso, diversas alternativas vêm sendo estudadas para tentar amenizar este problema, como por exemplo, a utilização de polímeros de origem natural em substituição aos sintéticos [1].

O desempenho esperado dos biopolímeros usados na aplicação de embalagens de alimentos é conter os alimentos e protegê-los, mantendo sua qualidade. Para desempenhar estas funções é importante controlar e modificar as suas propriedades mecânicas e de barreira, que consequentemente dependem da estrutura do material de embalagem polimérico. Polímeros naturais fazem parte de um tipo de material biodegradável, que como o nome sugere, são biomoléculas de cadeia longa, como por exemplo, amido, celulose e proteínas, que se decompõem naturalmente.

As proteínas, por sua vez, podem ser de origem animal (caseína, colágeno, etc.) ou de origem vegetal (zeína, glúten, soja, etc.). A proteína de soja, como subproduto das indústrias de óleo de soja, é considerada uma alternativa viável para substituir produtos poliméricos à base de petróleo. Pode ser comercializada de três maneiras diferentes, farinha de soja (FS, 54% de proteína), proteína concentrada de soja (PSC, 65-72% de proteína) e proteína isolada de soja (PSI,  $\geq 90\%$  de proteína), sendo esta última a mais utilizada [2,3].

A PSI é constituída por 20 tipos de aminoácidos e possui cadeia lateral única em sua estrutura, características excelentes para a produção de embalagens. Além disso, os filmes produzidos com ela possuem excelentes propriedades de barreira a gases e capacidade de formar filmes transparentes, porém frágeis, necessitando a incorporação de agentes plastificantes que melhoram a flexibilidade, no entanto, diminuem significativamente sua resistência mecânica [3].

Os agentes plastificantes mais utilizados no caso da PSI são aqueles que possuem estrutura semelhante a da matriz proteica, neste caso, compostos contendo grupos hidroxila, como água e álcoois. Neste caso, o plastificante mais utilizado é o Glicerol (Gli) por causa do seu tamanho pequeno e natureza hidrofílica [3].

Uma maneira de melhorar as propriedades de barreira dos filmes a base de PSI é incorporando junto à matriz nanocargas. Os enchimentos apresentaram um bom efeito inibitório como isolante térmico e barreira de transporte de massa, o que pode inibir a transferência do gás e produtos voláteis gerados durante a decomposição térmica ou também agentes externos (umidade e  $O_2$ ) [3,4]. A argila Montmorilonita é uma forte candidata, pois, devido a sua natureza polar, possui grande afinidade com as moléculas de proteína. Além disso, possui excelentes propriedades, como estrutura em multicamadas, elevada razão de aspecto (10-1000), grande poder de inchamento, plasticidade, boa resistência mecânica e ainda são ecologicamente corretos, abundantes e baratos. Porém para que haja incremento nas propriedades, ela precisa estar no estado esfoliado, ou seja, é preciso romper as ligações entre as lamelas da argila e assim permitir a entrada das cadeias poliméricas. Alguns fatores são preponderantes para que haja esfoliação da argila na matriz, como métodos de processamento, natureza do polímero e da argila e, principalmente no caso da proteína de soja, o pH do meio. Estudos mostram que o pH do meio está diretamente relacionado com uma boa interação entre a argila e a proteína, sendo valores ideais em torno de pH 10 [4,5,6].

Nesse sentido, este trabalho tem como intuito avaliar a influencia da incorporação de MMT em filmes de PSI plastificadas com glicerol, na presença de uma solução tampão de pH 10, sobre as propriedades de barreira à umidade, e comportamento reológico e mecânico.

## **Experimental**

### *Obtenção das formulações*

Foram processadas duas formulações identificadas por: PSI-Gli e PSI-Gli-MMT. Na primeira foi adicionada à câmara de misturas (tipo Haake) uma pré-mistura de PSI (fornecida pela empresa BREMIL), Gli (marca Dinâmica) e 15mL de um tampão de pH10 e na segunda uma pré-mistura de PSI, Gli, 15mL de tampão pH10 e 5% de MMT (argila Cloisite 15A fornecida pela Southern Clay Products). Ambas as misturas continham proporção de 70-30% de PSI-Gli, respectivamente, e foram processadas à temperatura de 70°C, velocidade de rotação de 60rpm e tempo total de mistura de aproximadamente 20min.

### *Obtenção dos filmes*

Após a etapa de mistura, foram produzidos filmes das formulações obtidas através do método de compressão térmica com auxílio de prensa hidráulica (Carver, modelo 3710), sob

temperatura de 130°C, 6 toneladas de pressão e tempo total de 10 minutos (a cada minuto a pressão era zerada e reaplicada).

### *Caracterização dos materiais*

A avaliação das propriedades reológicas foi feita durante o processamento das misturas com auxílio de um software na câmara de mistura Haake. Dos filmes obtidos foram produzidos corpos-de-prova (CPs) para a caracterização dos materiais através dos ensaios de tração e absorção de umidade.

O ensaio de tração foi realizado no Instituto Federal Sul-Riograndense, segundo a norma ASTM D882-02, em Máquina Universal de Ensaio Instron (Modelo 3367) com velocidade de 10mm/min, carga aplicada de 1KN e 7 CPs com dimensões de 80x20mm cada, pré-condicionados em dessecador.

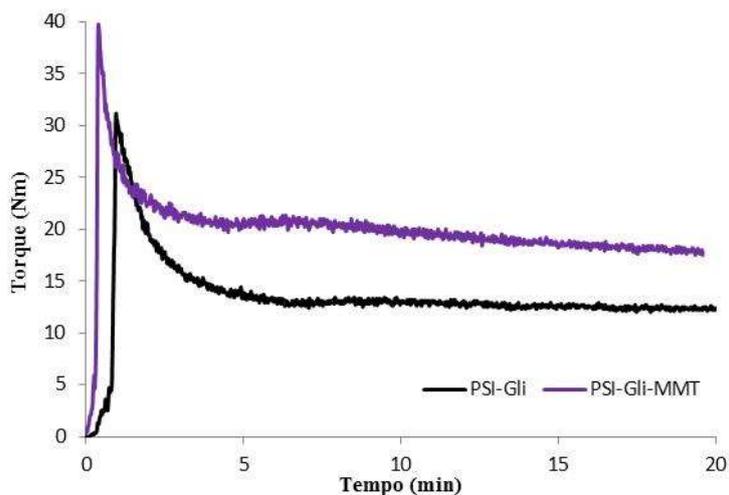
Para o ensaio de absorção de umidade foram produzidos 5 CPs de cada amostra (PSI-Gli e PSI-Gli-MMT) com dimensões de 2x2cm. Os CPs foram pré-condicionados (1h em estufa à 60°C e 48hs em dessecador), após foram pesados e em seguida colocados de forma suspensa, com auxílio de fio de nylon, em recipiente com solução saturada de NaCl (teor de umidade conhecido de 75%). Os recipientes com as amostras foram colocados dentro de uma estufa sob temperatura de 30°C para maior controle das condições. As amostras foram pesadas a cada 2horas por um período de 8 horas, depois foram pesadas após 24hs, 48hs e por fim 96hs de ensaio.

## **Resultados e Discussão**

### *Propriedades reológicas*

As curvas da Fig. 1 representam o comportamento reológico dos novos materiais obtidos. Através delas podemos perceber que a formulação contendo a nanocarga apresentou uma elevação no torque máximo quando comparada a outra formulação.

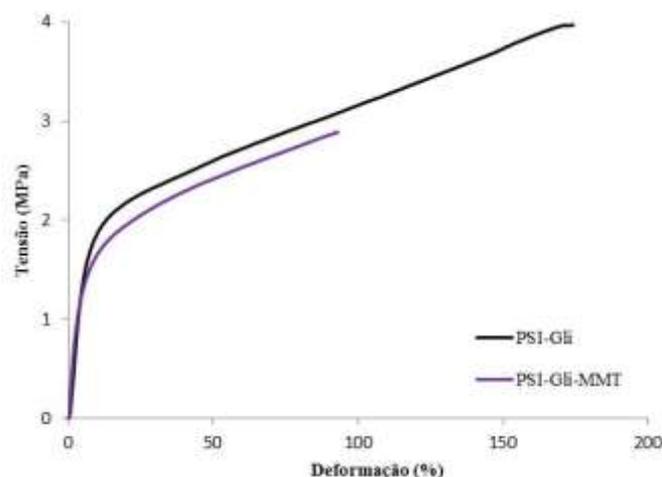
Este resultado já era esperado, uma vez que a argila, como todo material cerâmico, possui elevada resistência mecânica. É sabido também, que incrementos no torque estão relacionados a um ganho na resistência mecânica [7].



**Figura 1.** Curvas de torque *versus* tempo para as amostras avaliadas.

### Propriedade mecânica - ensaio de tração

As curvas expressas na Fig. 2 representam o comportamento dos materiais estudados quando expostos a uma carga trativa sob uma velocidade constante. O valor da tensão máxima suportada pelos materiais indica a resistência mecânica destes. Sendo assim, de acordo com o ensaio, a amostra contendo a nanocarga demonstrou ser menos resistente que a amostra sem adição da MMT, o que não está de acordo com o que foi dito anteriormente quando avaliadas as propriedades reológicas.

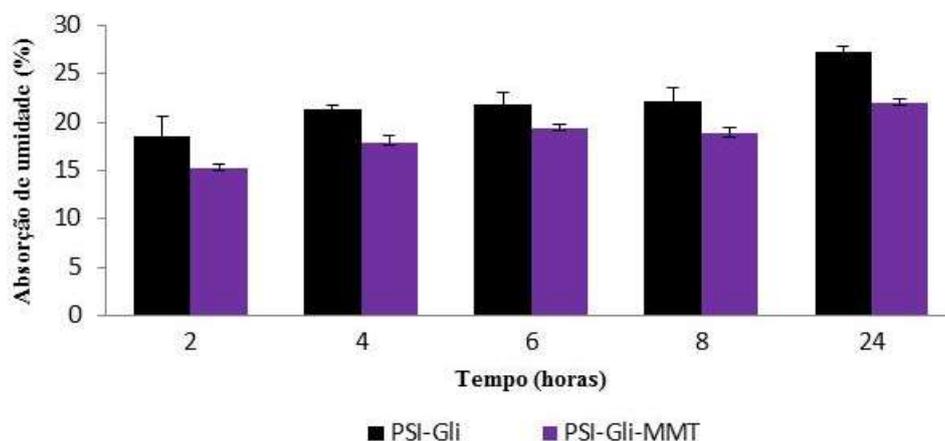


**Figura 2.** Curvas tensão *versus* deformação das amostras analisadas.

Este resultado pode estar relacionado com uma má dispersão da argila na matriz, que apesar de possuir elevada resistência mecânica, quando não dispersa na matriz de forma satisfatória, ou seja, de forma esfoliada e/ou intercalada, pode atuar como um concentrador de tensões ao invés de atuar como agente reforçante. Uma razão para tal seria a quantidade elevada de argila adicionada à matriz, devendo ser menor que 5% neste caso.

### Absorção de Umidade

Os dados obtidos no ensaio de absorção de umidade das amostras estudadas estão expostos na Fig. 3. Analisando os dados obtidos é possível perceber que houve um decréscimo na absorção de umidade quando incorporada a nanocarga à matriz.



**Figura 3.** Percentual de absorção de umidade das amostras analisadas *versus* tempo.

Este resultado anula o fato de que não houve dispersão da nanocarga na matriz, podendo esta ter esfoliado parcialmente, o que justifica o fato de ter agido como uma barreira à passagem dos vapores de água, uma vez que esfoliada, a argila consegue penetrar entre as cadeias da matriz [3].

### **Conclusões**

Com o presente estudo conclui-se que é possível dispersar, mesmo que de forma parcial, nanocargas como a Montmorilonita em matriz de polimérica de origem natural.

Foi possível concluir também que a presença da MMT atuou de forma eficiente como barreira para a passagem de umidade, porém não se mostrou eficiente como agente reforçante das propriedades mecânicas. Uma solução para isso seria diminuir a quantidade de argila adicionada à formulação.

### **Referências**

1. I. Majid *Biodegradable Packaging Materials* 2018, 1-10.
2. Y. Qianqian; Y. Han; J. Zhang; W. Zhang; C. Xia; J. Li *Journal of Cleaner Production* 2019, 214, 125-131.
3. R. R. Koshy; S. K. Mary; S. Thomas; L. A. Pothan *Food Hydrocolloids* 2015, 50, 175-192.
4. I. Echeverría; P. Eisenberg; A. N. Mauri *Journal of Membrane Science* 2014, 449, 15-26.
5. H. Tian; G. Guo; X. Fu; Y. Yao; L. Yuan; A. Xiang *International Journal of Biological Macromolecules* 2018, 120, 475-490.
6. G. Guo; H. Tian; Q. Wuc *Applied Clay Science* 2019, 171, 14-19.
7. S. Kokoszka; F. Debeaufort; A. Hambleton; A. Lenart e A. Voilley *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 2010, 11, 503-510.