

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

## INFLUÊNCIA DO TEOR DE AGENTE TENSOATIVO NAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MORFOLÓGICAS DE ESPUMAS A BASE DE AMIDO

Camila S. Figueiró<sup>1\*</sup>, Maria Rachel Trojaner de Sá<sup>1</sup>; Carmen I. W. Calcagno<sup>2</sup>, Ruth M. C. Santana<sup>1</sup>

<sup>1</sup> – PPGE3M, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS. [camila.figueiro@ufrgs.br](mailto:camila.figueiro@ufrgs.br)

<sup>2</sup> – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-Rio-Grandense (IFSUL), Sapucaia do Sul, RS

**Resumo:** O amido expandido pode ser utilizado como um substituto de fonte renovável para o poliestireno expandido. O uso de agente tensoativo pode auxiliar na diminuição da densidade de espumas. Neste sentido o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do teor de agente tensoativo nas propriedades físicas e morfológicas das espumas de amido. As espumas foram produzidas com 3 teores de tensoativo (detergente neutro): 1%, 2% e 3% e foram caracterizadas por ensaios físicos. A densidade das amostras com 3% de detergente foi 8,5% menor do que a das espumas sem tensoativo. As amostras com 1% de tensoativo apresentaram uma absorção de umidade 25% menor do que as amostras sem tensoativo. As espumas de todas as composições apresentaram resultados de cor e brilho semelhantes. Em relação a morfologia das células de expansão, as composições com tensoativo apresentaram uma maior quantidade de células de menor tamanho.

**Palavras-chave:** amido de mandioca, espuma, fonte renovável, agente tensoativo, estrutura celular

### *The influence of the surfactant content on the physical and morphological properties of starch-based foams*

**Abstract:** Expanded starch can be used as a renewable source substitute for expanded polystyrene. The use of surfactant may assist in the reduction of foam density. In this sense, the objective of this work was to evaluate the influence of the surfactant content on the physical and morphological properties of the starch foams. The foams were produced with three contents of surfactant (neutral detergent): 1%, 2% and 3% and were characterized by physical tests. The density of the samples with 3% detergent was 8.5% lower than that of the non-surfactant foams. Samples with 1% surfactant showed a 25% lower moisture absorption than the samples without surfactant. Foams of all compositions showed similar color and gloss results. In relation to the expansion cell morphology, the compositions with surfactant presented a larger amount of cells of smaller size.

**Keywords:** Cassava starch, foam, renewable source, surfactant, cellular structure

### Introdução

Nos últimos anos houve um aumento de produtos confeccionados com matéria prima polimérica [1]. Dentre esses produtos estão os recipientes e embalagens. Um polímero de fonte não renovável, que é muito utilizado para a produção de embalagens de alimentos, proteção de eletrodomésticos durante o transporte, caixas térmicas é o poliestireno expandido [2,3]. Um fator negativo do poliestireno expandido é que ele possui baixa densidade, e por isso seu resíduo ocupa um grande volume, além de ser de difícil degradação [4].

O amido, que é um polímero de fonte renovável, é um carboidrato, formado por carbonos, hidrogênios e oxigênios [5]. Um aspecto negativo na utilização do amido são suas propriedades, como a sua hidrofobicidade [3]. O tensoativo pode agir como um agente para melhorar a característica hidrofílica do amido, já que o surfactante é formado por uma parte apolar, que irá repelir as moléculas polares da água [6]. Alguns dos efeitos da adição do agente tensoativo na espuma polimérica são diminuir a densidade e o tamanho das células de expansão [7].

O objetivo deste artigo foi analisar a influência da presença e teor de tensoativo nas propriedades físicas e morfológicas das espumas de amido. E com isso determinar qual composição é melhor para aplicabilidade da espuma.

## **Experimental**

### *Materiais*

Neste trabalho foram utilizados amido de mandioca, na forma de polvilho azedo, adquirido em mercado local, detergente como agente tensoativo (AT) e água potável.

### *Produção da Pasta*

Nesta etapa foram utilizadas uma batadeira Britania Bellagio 4 velocidades com 350W de potência. Foram misturados 62 gramas de amido, 60 gramas de água a 100°C e o AT nas proporções de 1% (1,22 g), 2% (2,44 g) e 3% (3,66 g). A mistura foi realizada em velocidade mínima por 8 minutos, e após com o auxílio de uma espátula a pasta terminou de ser misturada até alcançar uma aparência homogênea e a consistência que permite o manuseio da massa. Essa composição permitiu a expansão de espumas com aproximadamente 15 cm de diâmetro.

### *Expansão*

O processo de expansão utilizado foi livre. A prensa, juntamente com o molde, foi aquecida até 150°C, a pasta foi colocada e aplicou-se baixa pressão apenas para espalhar a pasta. Quando o material começou a expandir lateralmente, devido ao aumento de pressão interna, liberou-se a pressão para permitir a expansão. Após a expansão, o material permaneceu por 30 minutos a 150°C para a evaporação da água presente na espuma. Depois deste tempo, a espuma foi desmoldada e o resfriamento foi realizado fora do molde a temperatura ambiente.

### *Densidade e Colorimetria*

O ensaio de densidade foi realizado utilizando 5 corpos de prova de cada composição com as dimensões de 2 cm x 2 cm. Todos os corpos de prova foram pesados e calculados a densidade aparente da espuma a partir da massa e do volume de cada corpo de prova [8].

O ensaio de colorimetria foi realizado com o auxílio do equipamento (Spectro Guide sphere gloss n6834, da marca BYK- Gardner). Foram feitas 3 medições em cada espuma, e foram analisadas 3 espumas de cada mistura. Os parâmetros analisados foram a\* (verde – vermelho), b\* (azul – amarelo), L\* (preto – branco), e Gloss (brilho). Os dados foram coletados do software do equipamento e a partir destes, foi realizada a média e o desvio padrão das medições de cada composição [9].

### *Ensaio de Absorção de Umidade*

Foi realizado em um ambiente com umidade relativa controlada de 75%. Nele foram utilizados recipientes com tampa onde foram colocados sal (NaCl) e água destilada segundo norma ASTM E104-02 [10]. Os corpos de prova (2cm x 2cm) foram secos em uma estufa a 60°C por 24h. Após foram pesados e colocados no recipiente para o ensaio onde foram utilizados 5 corpos de prova de cada composição, baseado na norma ASTM D 5229/D 5229M-92. O ensaio foi realizado em uma estufa com temperatura controlada a 30°C durante 24 horas, sendo que foram realizadas 4 medições com intervalo de 2 horas. A absorção de umidade de cada corpo de prova foi analisada de acordo com a variação de massa de uma medição para outra [11].

### *Morfologia*

O ensaio de morfologia foi realizado com o objetivo de analisar o formato das células das espumas. Foi utilizado o equipamento estéreo microscópio binocular biotika l60b. As amostras

ensaiadas foram cortadas com espessura aproximada de 2 mm. O ensaio foi realizado com luz transmitida e com zoom de 3 vezes. As fotos foram tomadas utilizando o software TCCapture.

### Análise estatística

Os resultados de densidade, colorimetria e absorção de umidade foram analisados com ANOVA fator único 95%.

## Resultados e Discussão

### Produção da Pasta e Expansão

As características visuais e táteis ficaram semelhantes nas amostras sem e com os diferentes teores de agente tensoativo. Na Figura 1 estão apresentadas a pasta após a mistura e a espuma.

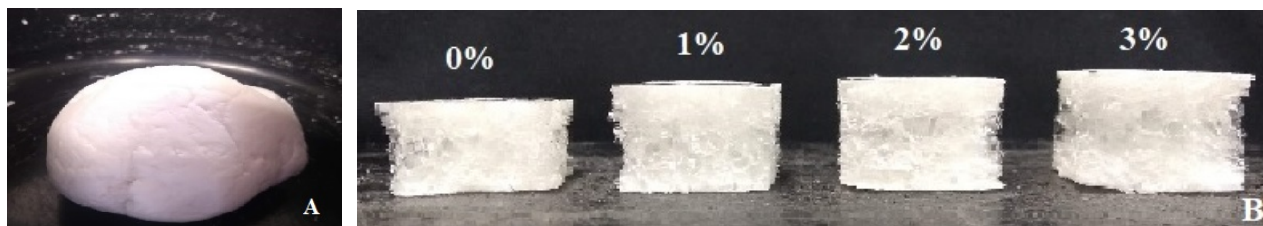


Figura 1: Imagens do amido na forma de: (a) pasta após o processo de mistura. (b) Espuma após a expansão.

O detergente influenciou na expansão das espumas, as amostras com 3% de agente tensoativo apresentaram as maiores espessuras médias, sendo a espessura 11% maior se comparada com as amostras sem tensoativo. Os aspectos visuais das espumas ficaram semelhantes.

### Densidade, Colorimetria e Brilho

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados das densidades médias das amostras ensaiadas, e da espuma comercial de poliestireno, juntamente com os resultados dos parâmetros colorimétricos e ópticos.

Tabela 1: Tabela comparativa dos resultados de densidade e cor das amostras avaliadas.

| Amostras     | Densidade (g/cm <sup>3</sup> ) | L          | a         | b          | Brilho    |
|--------------|--------------------------------|------------|-----------|------------|-----------|
| 0%           | 0,1088±0,0032                  | 76,94±1,44 | 0,12±0,02 | 1,89±0,07  | 6,44±1,14 |
| 1%           | 0,1067±0,0106                  | 79,48±1,90 | 0,19±0,05 | 2,51±0,92  | 6,89±0,87 |
| 2%           | 0,0977±0,0136                  | 77,32±2,30 | 0,14±0,02 | 1,69±0,25  | 7,15±2,25 |
| 3%           | 0,0995±0,0011                  | 79,22±0,98 | 0,13±0,02 | 1,67±0,11  | 6,06±0,56 |
| Isopor (EPS) | 0,0335±0,0015 [12]             | 87,77±0,79 | 0,05±0,01 | -0,64±0,03 | 6,78±1,13 |

De acordo com os dados da tabela 1 o agente tensoativo influenciou na densidade das espumas. Contudo, só existe diferença nas densidades das espumas se comparar as composições com 0% e 3% de tensoativo. As espumas com 3% apresentaram uma densidade 8,5% menor do que as amostras sem detergente. Comparando com a espuma com 3% de agente tensoativo, o isopor (EPS) é 66% menos densa [12]. Em uma pesquisa com espuma de PU, os autores utilizaram silicone como agente tensoativo. O aumento do agente tensoativo até um valor máximo diminuiu as densidades das espumas. O tensoativo auxilia na criação de núcleos, melhorando a formação de células e a expansão da espuma [7].

Analisando as propriedades óticas, as espumas das quatro composições se aproximaram do branco, segundo uma análise estatística, os valores de L\* não são significativamente diferentes. O parâmetro a\* não apresentou diferença significativa, já o b\* apresentou diferença entre as amostras com 0% e 3% de detergente, sendo o valor de b\* 11% maior para a amostra sem tensoativo, isso nos indica que o tensoativo fez com que as amostras tendessem mais para a cor azul. No que diz

respeito ao parâmetro de brilho, as amostras de todas composições apresentaram resultados semelhantes, sem uma variação significativa. Comparando os resultados das espumas de amido com os de uma bandeja de isopor, o único parâmetro que não apresentou diferença foi o brilho.

### Absorção de Umidade

É possível constatar que a maior porcentagem de absorção de umidade ocorreu nas 2 primeiras horas de ensaio, e a taxa diminuiu ao longo do ensaio. Na Figura 2 está apresentado os resultados comparativos da absorção de umidade para as 4 composições.

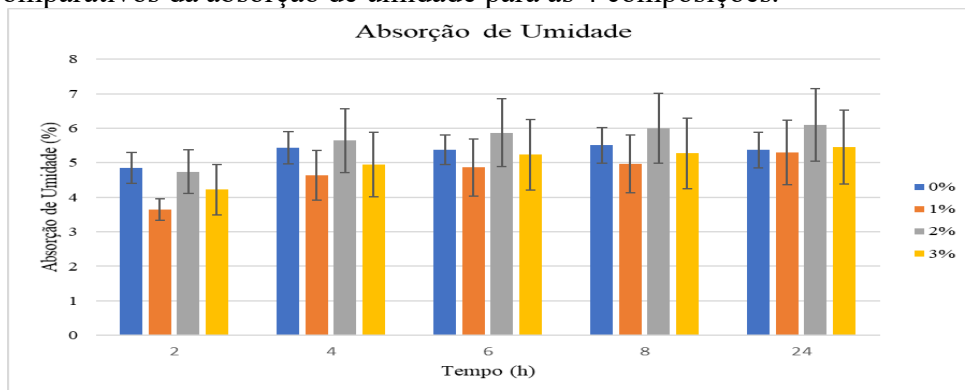


Figura 2: Absorção de umidade em função do tempo de medição para as quatro composições.

De acordo com o gráfico e levando em consideração a análise de variância, existe diferença na absorção de umidade apenas entre as composições com 0% e 1% de detergente com 2h de ensaio. Em 2h de ensaio as amostras com 1% de tensoativo absorveram 25% menos umidade se comparado as amostras com 0%. Esse resultado pode estar relacionado a interação da parte apolar do agente tensoativo com a umidade [6].

### Morfologia

Na Figura 3 estão apresentadas as imagens de microscopias óticas (MO) das células de expansão das espumas de amido das quatro composições.

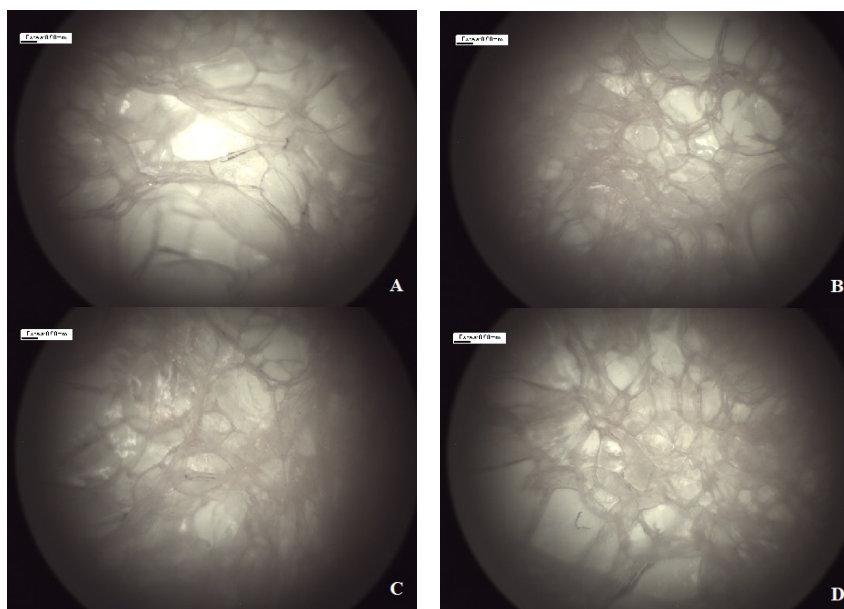


Figura 3: Morfologia das células de expansão das espumas de amido com diversos teores de detergentes de:(A) 0%, (B) 1%, (C) 2% e (D) 3%.

De acordo com as imagens é possível observar que as células das espumas apresentaram tamanhos não uniformes, e formatos diferentes, variando de células mais próximas de uma circunferência e outras mais alongadas. As células obtidas com a expansão de todas as composições são abertas, e isso tende a aumentar a capacidade de absorção de umidade [13].

As espumas apresentaram células menores entre as células maiores. Com adição do agente tensoativo foi possível observar o aumento da quantidade de células menores. Isso pode ser devido ao detergente ter agido no processo como pontos de nucleação para as células. Em um trabalho na literatura os autores adicionaram silicone como agente tensoativo, e constataram que o tamanho das células reduziu com o aumento do agente tensoativo [7].

## Conclusões

Neste trabalho foram analisadas as propriedades físicas e morfológicas das espumas de amido. Primeiramente foi analisado a viabilidade da incorporação do agente tensoativo na mistura e este não influenciou nas características visuais e táteis da pasta, contudo, aumentou a espessura média da espuma. A densidade foi influenciada pelo tensoativo, a menor densidade foi da amostra com 3% de detergente, sendo em média 8,5% menor que as da composição sem tensoativo. Não houve mudança significativa na cor e no brilho. A maior taxa de absorção de umidade foi durante as 2 primeiras horas de ensaio. A absorção de umidade das amostras com 1% de tensoativo foi 25% menor quando comparada as amostras sem detergente. A morfologia das células das espumas apresentou tamanhos e formatos variados, e células abertas para todas as composições. A presença do agente tensoativo tende a aumentar a quantidade de células menores formadas. Levando em consideração todos os resultados analisados neste estudo, as amostras com 1% de tensoativo foram consideradas mais satisfatórias.

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPQ pelo apoio financeiro, ao Laboratório de Materiais Poliméricos (LAPOL), ao PPGEM da UFRGS e ao DIMP – Laboratório de Desenvolvimento Integrado de Materiais e Produtos – IFSul/Campus Sapucaia do Sul.

## Referências

1. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>. Apud WWF Relatório. Solucionar a poluição plástica: transparência e responsabilização, 2019.
2. <https://afinkopolimeros.com.br/6-plasticos-mais-consumidos-em-2017/>. Acessado: 17/04/2019.
3. Shogren et al. United States Patent 5756194, 1998.
4. J. Yang et al. 2019, 54:1197–1204. Apud A. Sarmiento et al. Springer. 2016, 7:1245–1254.
5. [http://www.ufrgs.br/alimentus1/terraearroz/grao/gr\\_grao\\_amido\\_popup.htm](http://www.ufrgs.br/alimentus1/terraearroz/grao/gr_grao_amido_popup.htm). Acessado: 11/01/2019.
6. D. Dalcin em *Tensoativos-quimica, propriedades e aplicação*, Edgard Blücher Ltda, SP, 2011.
7. H. Lim, S. H. Kim, B. K. Kim. Express Polymer Letters. 2008, Vol.2, No.3 194–200.
8. ASTM D 3575 – 00: Standard Test Methods for Flexible Cellular Materials Made From Olefin Polymers. EUA, 2001.
9. ASTM D 2244 – 05: Standard Practice for Calculation of Color Tolerances and Color Differences from Instrumentally Measured Color Coordinates. EUA, 2005.
10. ASTM E104 – 02: Standard Practice for Maintaining Constant Relative Humidity by Means of Aqueous Solutions. EUA, 2012.
11. ASTM D 5229/D 5229M – 92: Standard Test Method for Moisture Absorption Properties and Equilibrium Conditioning of Polymer Matrix Composite Materials. EUA 2004.
12. C. Figueiro; E.C.M. Fagundes; C.I.W. Calcagno. Plástico Industrial. 2019, N° 247, 58-65.
13. M. Rabello. Aditivação de polímeros, Artliber Publishers, Sao Paulo, 2000.