

<https://eventos.utfpr.edu.br/sei/sei2018>

## Desenvolvimento de uma prensa térmica para obtenção de filmes poliméricos para medidas fotoacústicas

## Development of a thermal pressure to obtain polymeric images for photoacoustic measurements

**Klinsmann Scavinski Baran**

[Klinsmann.baran@gmail.com](mailto:Klinsmann.baran@gmail.com)

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil

**Romeu Miqueias Szmoski**

[rmszmoski@utfpr.edu.br](mailto:rmszmoski@utfpr.edu.br)

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil

**Celso Gonçalves de Quadros**

[Cgquadros@yahoo.com.br](mailto:Cgquadros@yahoo.com.br)

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil

### RESUMO

Argilas montmoriloníticas ou bentonitas são argilominerais abundantes na natureza cuja origem está relacionada às modificações de cinzas vulcânicas. Os compostos poliméricos de alteração química com argilas criam um tecido de argila-polímero que pode ser projetado para fornecer alternativas atrativas para sistemas de contenção ou aplicações estruturais. Este estudo tem como o objetivo o desenvolvimento de um sistema de aquecimento com controle de temperatura para uma prensa e uma extrusora de polímeros, sendo a primeira utilizada para a preparação das amostras entre 100µm a 250µm para medidas de fotoacústica e a segunda para a confecção de filamento para impressora 3D. O ensaio fotoacústico será realizado para medir a difusividade térmica em função da concentração de surfactante utilizada no tratamento da argila a ser misturada, para alcançar a influência da alteração da matriz polimérica nas propriedades térmicas. Resultados preliminares mostram um aumento da difusividade para pequenas concentrações de argila organofilizadas e uma estabilização/saturação para concentrações maiores.

**PALAVRAS-CHAVE:** Polímeros, Controle de temperatura, Prensa, PID, Difusividade térmica.

### ABSTRACT

Montmorillonite clays or bentonites are abundant clay minerals in nature whose origin is related to changes in volcanic ash. Polymeric chemical alteration compounds with clays create a clay-polymer fabric that can be designed to provide attractive alternatives to containment systems or structural applications. The objective of this study is the development of a heating system with temperature control for a press and a polymer extruder, the first one being used for the preparation of samples between 100µm to 250µm for photoacoustic measurements and the second one for the preparation of filament to 3D printer. The photoacoustic test will be performed to measure the thermal diffusivity as a function of the concentration of surfactant used in the treatment of the clay to be mixed, to reach the influence of the change of the polymer matrix on the thermal properties. Preliminary results show an increase in diffusivity for small concentrations of organophilized clay and a stabilization / saturation at higher concentrations.

**KEYWORDS:** Polymers, Temperature control, Press, PID, Thermal diffusivity.

**Recebido:** 31 ago. 2018.

**Aprovado:** 15 set. 2018.

#### Direito autorial:

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



## INTRODUÇÃO

A tecnologia de fabricação aditiva por impressão 3D vem sendo encarada por muitos como um grande passo rumo à quarta revolução industrial, não apenas no que tange as possibilidades tecnológicas, mas igualmente na transformação do comportamento das pessoas. Essa tecnologia atinge segmentos de negócios como a moda, a medicina, a alimentação, a engenharia etc (GIBSON et al., 2015; MIRONOV et al., 2003). No entanto, a impressão 3D vem se destacando por não somente por atingir esferas industriais, mas por possibilitar o acesso de qualquer pessoa a essa tecnologia.

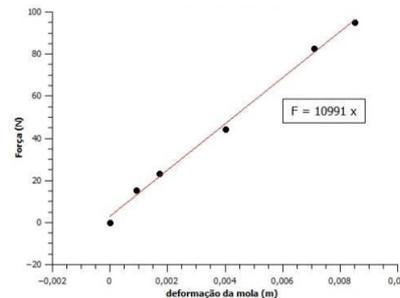
Uma barreira ainda persistente para a proliferação dessa técnica no Brasil e países emergentes é custo dos filamentos comumente utilizados para a impressão, sendo os mais comuns os confeccionados a partir de pellets de ABS e PLA. Uma alternativa ambientalmente correta seria o uso de polímeros mais abundantes e/ou o reaproveitamento de peças impressas. No entanto alguns resultados anteriores mostram que as intempéries ambientais e o processo de reciclagem degradam termo e mecanicamente o polímero. Neste contexto este trabalho tem por finalidade estudar as propriedades do ABS dopado com argila organofílica a fim de identificar as concentrações e surfactantes que preservem algumas propriedades exploradas em impressão 3D.

O ABS (acrilonitrilo-butadieno-estireno) é amplamente utilizado nas mais diversas formas de aplicação, desde brinquedos até aplicações aeroespaciais. Sua versatilidade reside na facilidade de moldagem e nas diferentes características que podem apresentar simplesmente misturando outro material (FAUKNER-JONES et al., 2013). As argilas são materiais que também apresentam inúmeras aplicações (IBEH, 2011). Neste trabalho estamos interessados em dopar o ABS com argilas organofílicas cujas propriedades físicas e químicas, tem sido alvo de inúmeras pesquisas e aplicações. Portanto, um dos objetivos deste trabalho é estudar as propriedades térmicas como a difusividade de misturas de ABS + bentonita em função da concentração de surfactante. No entanto, para obter tal quantidade física por meio da técnica de fotoacústica é necessário que as amostras tenham uma espessura de aproximadamente 200 micrometros. Então, para preparar as amostras foi necessário desenvolver uma prensa com controle de pressão e aquecimento. Portanto, nosso primeiro objetivo nesta primeira etapa da pesquisa foi construir a prensa, calibrar o sistema de controle e testá-la com base nas amostras obtidas.

## MÉTODOS

Para a construção da prensa utilizou-se um bloco de alumínio com duas resistências de cartuchos de 250w, um termopar Tipo K com sonda de temperatura de aço inoxidável, Arduino e controlador digital PID, pequenas lâminas de aço inoxidável tratadas e polidas para melhor acabamento, sendo estas com acabamento semelhante a textura de um vidro e duas molas para controlar a pressão exercida na obtenção das amostras. Para obter a constante elástica das molas, as mesmas foram pressionadas contra uma balança de precisão e medindo a deformação da mola. A Figura 1 mostra que a deformação da mola em função da força aplicada.

Figura 1 – Deformação da mola em função da força de compressão medida na balança



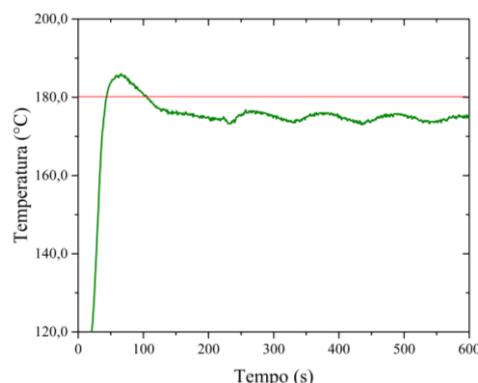
Fonte: Os autores (2017)

De posse da constante elástica da mola foi analisada a curva de aquecimento obtida com o controlador PID. O controle PID é um mecanismo genérico de controle do tipo "loop feedback", ou seja, é um sistema que leva em conta a resposta do processo durante o ajuste para modificar o seu comportamento. O PID calcula um erro, que é a diferença entre o valor corrente da variável a ser controlada no tempo  $t$  e o set point. Ele tenta então minimizar o erro ajustando o input do processo de controle. O algoritmo envolve o cálculo de três parâmetros o proporcional ( $K_p$ ), o integral ( $K_i$ ) e o derivativo ( $K_d$ ). Matematicamente, o PID é expresso como:

$$MV = K_p \cdot E + K_i \int_0^t E \cdot dt + K_p K_d \frac{dE}{dt} S_0 \quad (1)$$

em que, MV é a variável manipulada, E o erro ou desvio e  $S_0$  a saída inicial do controlador. A Figura 2 exhibe a curva de aquecimento para uma escolha típica dos parâmetros, a saber  $P = 25$ ,  $I = 25$ ,  $D = 30$  e set.point igual a  $180^\circ\text{C}$ .

Figura 2 – Comportamento temporal da temperatura da prensa com o controle PID para uma escolha típica dos parâmetros



Fonte: Os autores (2018)

Para coletar os dados foi escrito um algoritmo em linguagem Python e o microcontrolador Arduino.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com a prensa pronta foram confeccionadas as primeiras amostras de

polímeros dopados com argila organofílica. A temperatura foi fixada em aproximadamente 140° C e exercida uma pressão durante o aquecimento de aproximadamente 85 N. Com isso foi possível obter amostras de espessuras de 100 micrometros a 250 micrometros, ideais para o ensaio fotoacústico. A figura 3 exibe algumas amostras após a prensagem e corte:

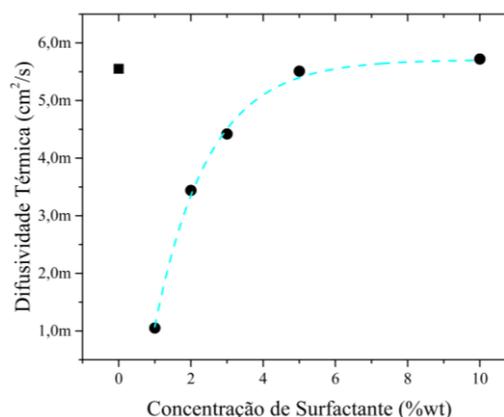
Figura 3 – Amostras puras e dopadas para o ensaio fotoacústico



Fonte: Os autores (2018)

De posse das amostras a difusividade térmica foi investigada usando o método de fase fotoacústica de dois feixes. Neste método, um feixe de laser TTL (300mW, 650 nm) é focado diretamente na amostra, a qual é fixada com gel de silicone em uma célula com um microfone de campo difuso. O microfone é conectado ao amplificador lock-in (SR830, Stanford Research Systems) que exibe simultaneamente a magnitude e a fase do sinal. Este método foi adaptado para amostras transparentes forçando o coeficiente de absorção óptica na superfície da amostra, por exemplo, usando um revestimento metálico ou uma fina folha de Al (LIU, 1990). A Figura 4 mostra um aumento da difusividade com a concentração de um dos surfactantes utilizados. Atribuímos esse aumento à diminuição do espaçamento da matriz polimérica observado nos difratos grammas de raios-X destas amostras (McRory e Ashmawy, 2005). Em outras palavras, pouco surfactante dificulta a mistura de argila com o polímero, formando aglomerado. Por outro lado, o aumento da quantidade de surfactante permite que a bentonita se difunda melhor, melhorando a passagem do calor. Em termos do caminho livre médio dos elétrons, a formação de clusters de argila possivelmente possui uma rede mais desordenada do que uma amostra homogênea, favorecendo a interação com a rede e, assim, perdendo mais energia.

Figura 4 – Difusividade térmica das amostras em função de concentração de surfactante por porcentagem de massa total.



Fonte: Os autores (2018)

## CONCLUSÃO

A construção da prensa com controle de temperatura PID permitiu produzir as amostras poliméricas com as espessuras de 100 $\mu$ m a 200 $\mu$ m necessárias ao ensaio fotoacústico e com características termo elásticas preservadas. Além disso, as primeiras amostras permitiram verificar um aumento na difusividade com concentração do surfactante o que nos permite inferir sobre a presença de aglomerados e provável diminuição da distância Inter planar da cadeia polimérica. Para confirmar estes resultados outros testes ainda estão sendo realizados. Por fim também estamos desenvolvendo uma extrusora de rosca para a produção de filamentos para impressão 3D usando sistema de controle de temperatura da prensa. No entanto, ela ainda se encontra em fase de testes. A Figura 5 mostra a extrusora ainda em fase construção e calibração.

Figura 5: Calibração e teste da extrusora de polímeros para a produção de filamentos para impressão 3D.



Fonte: Os autores (2018)

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos órgãos CNPq, Fundação Araucária e UTFPR pela concessão de bolsa para a realização deste trabalho, assim como também ao DAFIS e DAMEC da UTFPR – Ponta Grossa – PR pela disponibilização dos laboratórios de pesquisa para a realização deste projeto.

## REFERÊNCIAS

Gibson, Ian, David Rosen, and Brent Stucker. Additive manufacturing technologies: 3D printing, rapid prototyping, and direct digital manufacturing. Springer, 2015.

Mironov, Vladimir et al. Organ printing: computer-aided jet-based 3D tissue engineering. TRENDS in Biotechnology, v. 21, n. 4, 2003.

Faukner-Jones, Alan et al. Development of a valve-based cell printer for the formation of human embryonic stem cell spheroid aggregates. *Biofabrication*, v. 5, n. 1, 2013.

Ibeh, Christopher C, *Thermoplastic materials: properties, manufacturing methods, and applications*. CRC Press, 2011.

Liu, Peng, Polymer modified clay minerals: A review. *Applied Clay Science*, **38**, 64- 76, 2007. Mansanares, AM and Bento, AC and Vargas, H and Leite, NF and Miranda, LCM, Photoacoustic measurement of the thermal properties of two-layer systems. *Physical Review B*, **42**, 4477, 1990.

McRory, J.A. e Ashmawy, A.K. *Polymer Treatment of Bentonite Clay for Contaminant Resistant Barriers*, 2005.