



13º CONGRESSO BRASILEIRO DE POLÍMEROS



ESTUDO DAS PROPRIEDADES, PARA APLICAÇÃO, DO NANOCOMPÓSITO OBTIDO EM MATRIZ DE POLIESTIRENO DE COPOS DESCARTÁVEIS COM BENTONITA E HEMI-DRATO DE SULFATO DE CÁLCIO.

Messias dos S. Machado^{1,2*} (D); Mariana N. Sartori⁴ (M); Esperidiana A.B. Moura⁴; Fabio J. Esper³; Francisco R. Valenzuela-Diaz²; Hélio Wiebeck.²

1 – Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do ES – IFES, Vitória– ES, mms.vix@gmail.com

2 - Universidade de São Paulo – USP, Escola Politécnica-PMT, Butantã – SP

3 – FMU -SP

4 – IPEN-CNEM- SP

Resumo: Neste trabalho filmes de nanocompósitos foram gerados, por *casting*, a partir de copos descartáveis de poliestireno, com bentonita sódica comercial e hemi-idrato de sulfato de cálcio. Após serem produzidos, ensaiados e analisados foram triturados e passaram por ciclos térmicos de extrusão e injeção onde foram gerados pellets e corpos de prova que foram submetidos aos ensaios de índice de fluidez, tração, flexão e impacto, além da investigação microestrutural por microscopia eletrônica de varredura. Os resultados encontrados indicam que o material produzido é processável e apresenta características viáveis a produção de elementos construtivos e outros aplicáveis na indústria da construção.

Palavras-chave: Nanocompósito, Poliestireno, Bentonita, Sulfato de Cálcio. Propriedades. MEV.

Study of properties for application of nanocomposites obtained from disposable cups polystyrene as a matrix and sodic bentonite and calcium sulfate hemihydrate as a charge.

Abstract: In the present work nanocomposite films was generated by casting from disposable polystyrene cups with commercial sodium bentonite and calcium sulfate hemihydrate load. After they was produced, tested and analyzed, was crushed and undergo thermal cycles of extrusion and injection of generation pellets and specimens that are subjected to melt flow rate tests, tensile, flexural and impact beyond the microstructural investigation by scanning electron microscopy. The results indicated that the produced material is processable and has characteristics viable in production of building elements, and others, applicable in the construction industry.

Keywords: Nanocomposites Polystyrene, Bentonite, Calcium sulfate, SEM.

Introdução.

Os nanocompósitos argila e polímeros tem sido pesquisado durante muitos anos com o intuito de se melhorar a cada dia as propriedades dos materiais poliméricos, reconhecidamente de grande utilização no mundo atual. Tradicionalmente são empregados os polímeros virgens, a partir de seu monômeros, as argilas organofílicas, ou organofilizadas em laboratório, devido a sua eficácia na promoção dos mecanismos de intercalação-exfoliação, aliada ao baixo custo [1]. Nesta pesquisa trabalha-se com a argila tal como adquirida comercialmente, como carga na matriz de poliestireno dos copos descartáveis e demais adições, na produção de filmes de nanocompósitos [2,3,4], em um primeiro estágio da pesquisa, e num segundo estágio, produção de grânulos para processamento.

Em ambas as etapas da pesquisa, os resultados foram promissores indicando um potencial de reciclagem do Poliestireno de copos descartáveis na produção de nanocompósitos.

Experimental.

Este trabalho representa o último estágio da pesquisa onde foram produzidos filmes de nanocompósitos com copos descartáveis de poliestireno em solução, com acetato de etila, com carga de argila bentonita sódica, tal como comercializada e sem manipulações adicionais, exceto peneiramento em malha de 0,075mm (200 MESH) e glicerol. Inicialmente, em estágios anteriores, foram produzidas dosagens até 3%, com resultados favoráveis de síntese do nanocompósito indicada nos ensaios e análises. Posteriormente, as dosagens são aumentadas para 3,5 e 7%, Fig. 01 e adicionado o hemi-idrato de sulfato de cálcio percebendo-se um ganho ainda maior nas propriedades estudadas. Com vistas ao processamento, esses filmes foram triturados para serem submetidos aos ciclos térmicos de extrusão e injeção, onde corpos de prova foram moldados para ensaios e análises comparados com o GPPS e o HIPS de referência.



Figura 01 - Grânulos produzidos nos percentuais 3%, 5% e 7% (PSMACH3, PSMACH5 e PSMACH7)

O Índice de Fluidez, foi obtido no ensaio utilizando aproximadamente 7g do material em cada fração testada, realizado de acordo com a norma ASTM D-1238 [5] no equipamento Plastômetro XRL- 400*, com faixa de uso de 0° a 300° C.

O ensaio de impacto IZOD, ASTM D 256 [6] foi realizado no equipamento XJC 25D01*, Fig. 2, faixa de uso de 1J a 25J. Antes de serem submetidos ao ensaio de impacto IZOD, os corpos de prova foram entalhados para prevenir a deformação dos mesmos sob o efeito do impacto e para evitar influência nos resultados foram retiradas quaisquer rebarbas dos corpos de prova. Foram utilizados cinco corpos de prova para cada composição.

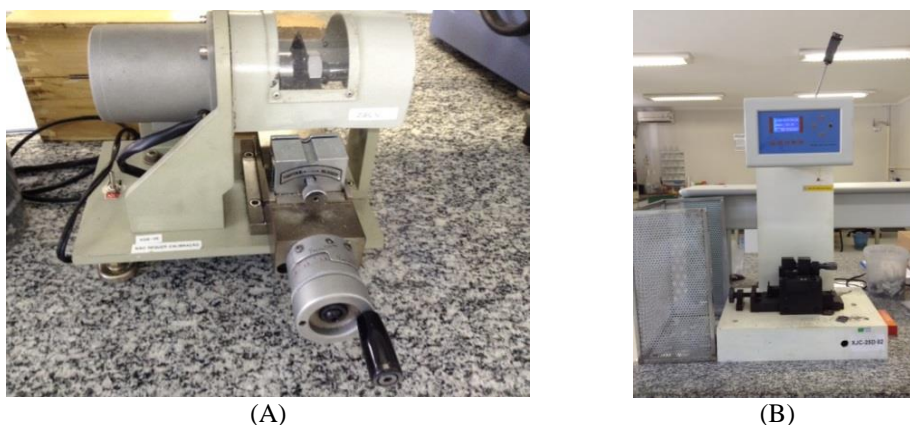


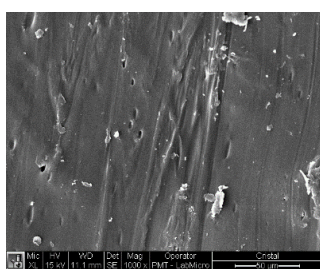
Figura 2. Ensaio de resistência ao impacto IZOD. (A) Entalhador elétrico para corpo de prova do teste de impacto; (B) Equipamento XJC25D*, utilizado para teste de impacto.

Os ensaios de tração foram realizados conforme a norma ASTM D-638 [7] com velocidade de deslocamento de 50 mm/min, pré-carga de 20000N em temperatura ambiente. O ensaio de Flexão utilizado o método carregamento de três pontos segundo a norma ASTM D-790 [8]. Tanto o ensaio de tração quanto o de Flexão foram feitos utilizando-se, cinco corpos de prova para cada composição, em máquina universal de ensaios modelo WDT-W*, faixa de uso de 0N a 20000N.

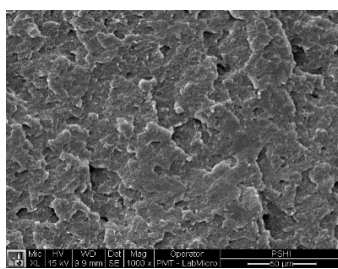
* Todos os equipamentos com calibração dentro do período de validade.

Resultados e Discussão

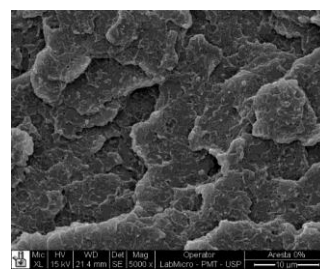
O poliestireno é comercializado mais comumente na forma de GPPS, poliestireno cristal ou de uso geral, e HIPS, ou PSAI, poliestireno de alto impacto. A partir dessas matrizes podem ser formados *grades* para atender a demandas específicas na fabricação de produtos plásticos. O poliestireno de uso geral é um polímero atático, amorfo, já o de alto impacto HIPS se caracteriza como um composto por apresentar uma fase de borracha (Polibutadieno de alto Cis) disperso na matriz de poliestireno[9], [10]. Essa característica confere ao HIPS uma alta resistência ao impacto, comparado com o poliestireno cristal e o torna aplicável em vários projetos importantes de matérias. No copo descartado, conforme análise de caracterização feita por FTIR, detecta-se a presença do Estireno Butadieno dentre outros, caracterizando-o como uma blenda polimérica e não poliestireno puro (GPPS). Esse material dissolvido pelo acetato de etila e solidificado em forma de filme antes e depois da adição das cargas de nano argila e sulfato apresenta a morfologia com certa similaridade ao HIPS como pode ser percebido nas imagens D a L. Percebe-se, também que houve uma boa dispersão entre as fases da mistura, principalmente devido a compatibilidade de seus elementos. Nota-se, ainda, que a estrutura cristalina do sulfato de cálcio foi quebrada não sendo evidenciada, nas imagens, as formas típicas de agulha, quando este elemento está presente. Estes defeitos estruturais, na hidratação do hemi-idrato do sulfato de cálcio, podem ocorrer também pela adição de íons estranhos à composição e a pela adição de moléculas orgânicas [11]. Isto explica a forma desordenada e aleatória do composto mostrada nas imagens da microscopia eletrônica de varredura (MEV), proporcionais ao aumento dosagem. A introdução de íons orgânicos do acetato de etila e do glicerol, as moléculas orgânicas da argila montmorilonita e do poliestireno assim como as moléculas de água resultante da hidratação formadas na reação tenderão a quebrar a estrutura cristalina, ordenada, do hemi-idrato de sulfato de cálcio, pela penetração da solução nos espaços lamelares do sulfato de cálcio.



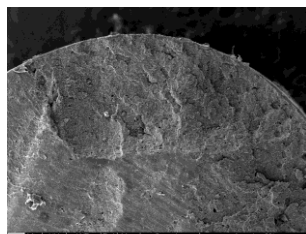
(A) GPPS-1000X



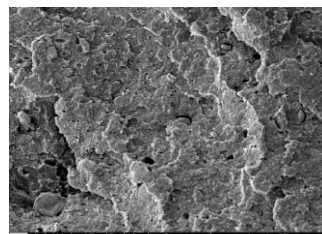
(B) PSHI-1000X



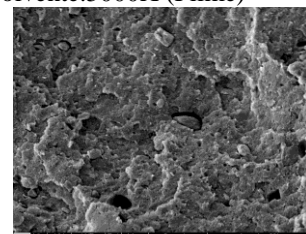
(C) Sem carga após a ação do solvente.5000X (Filme)



(D) PSMACH-3 PEL - 100X



(E) PSMACH-3 PEL - 500X



(F) PSMACH-3 PEL - 1000X

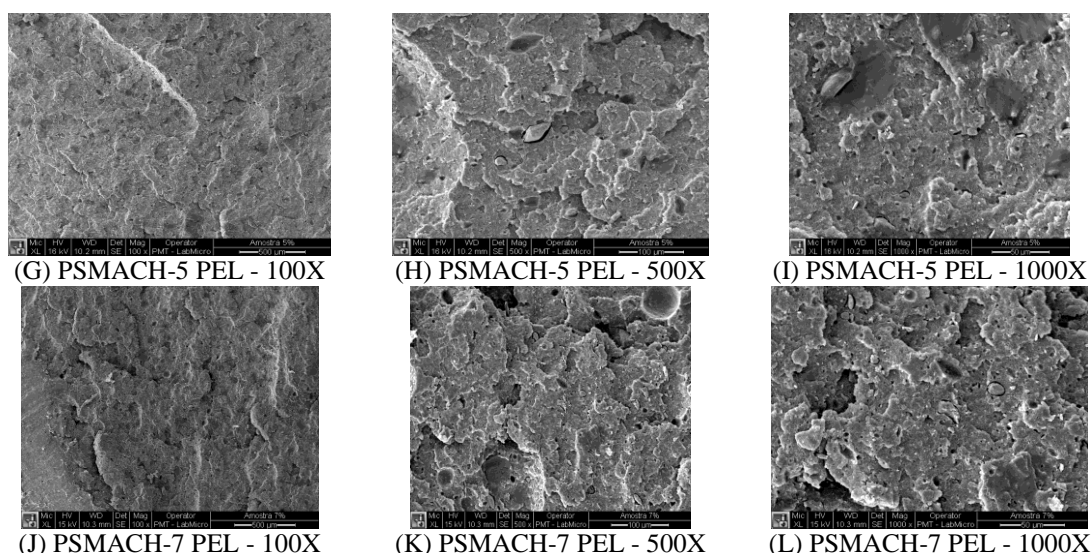


Figura 03 – Microscopia Eletrônica de Varredura evidenciando a para efeito comparativo as microestruturas do GPGS e PSHI utilizados na pesquisa e as obtidas pelo método empregado, PSMACH-3, PSMACH-5, PSMACH-7; e a de uma seção transversal de um filma sem adição de cargas.

De um modo geral o Índice de Fluidez (IF) serve como referência inicial para avaliar a possibilidade de injeção de um determinado *grade* polimérico desconsiderando-se, inicialmente, as demais variáveis como geometria da peça, refrigeração da peça e do molde além das características específicas do molde. Porém o valor de $IF > 10g/10min$ pode ser utilizado como referência para se avaliar a dificuldade aparente de injeção de um determinado *grade* [12]. Por esta ótica de análise, constata-se, observando a tabela 2, que o IF do material produzido apresentou valores interessantes comparados com o GPPS e o PSHI, indicando serem mais fluidos, principalmente em relação ao PSHI em análise.

A resistência à flexão e a resistência à tração para cada uma das três composições produzidas (PSMACH3, PSMACH5 E PSMACH7) apresentaram valores também superiores ao PSHI com destaque para a que recebeu maior percentual de carga, ou seja 7%.

As resistências ao impacto também se mostraram favoráveis comparadas com o GPPS porém, inferiores ao PSHI. Percebe-se, ainda, um ganho na elasticidade do material.

Os resultados acima podem ser explicados pelas características dos filmes de nanocompósitos produzidos inicialmente, que geraram os grânulos, e os filmes, por sua vez, influenciados pelo *grade* que produziram copos descartáveis.

Tabela 2 - Comparação entre as propriedades mecânicas avaliadas.

MATERIAL	RESISTÊNCIA A FLEXÃO (MPa)	MÓDULO A FLEXÃO (Mpa)	RESISTÊNCIA A TRAÇÃO (Mpa)	ALONGAMENTO (%)	RESISTÊNCIA AO IMPACTO IZOD (J)	ÍNDICE DE FLUIDEZ (190°C / 5Kg)
N1921 GPPS	136,271	22939,101	28,589	2,089	14,9	6,78
484 PSHI	78,398	13655,29	24,658	93,175	129,6	0,92
PSMACH3	99,892	16679,608	25,741	38,399	43,7	4,26
PSMACH5	91,863	14424,483	27,249	16,778	18,3	7,08
PSMACH7	100,405	16262,492	28,227	36,268	34,5	4,26

Conclusões

Comparados com as referências, o GPPS e o HIPS, o material produzido apresentou ganhos em propriedades significativas com as dos materiais que são comercializados, indicando um potencial de reciclagem para os copos descartáveis de poliestireno, tal como estão sendo produzidos atualmente. Estes resultados estimulam a continuidade das pesquisas para a produção de protótipos dos produtos em que se pretende aplicar este material, notadamente na confecção de artefatos para a indústria da construção.

Agradecimentos.

Agradeço a Juliana Galvão Santana pela ajuda na preparação dos materiais, ao Eng. Nelson do IPEN, pela ajuda na extrusão, ao Eder Baroni e Kleber Vaccioli, Mestrando e Doutorando do PMT, pela ajuda na Injeção dos corpos de prova, a Milena Varjão, Daisy Mendonça do Laboratório de Qualidade da empresa NZ Copolimer do Grupo NZ, São Paulo e a Mariana Sartori pelos contatos com a empresa para realização dos ensaios. Ao Valdir Ostorero da Engflex do Brasil pela doação do GPPS e HIPS.

Referências Bibliográficas

- 1- L.B. de Paiva; A. R. Morales; F.R.V. Diaz; *Cerâmica*.2008, 54, 213-226.
- 2- Machado, Messias Dos Santos. Justo, Valquíria Fátima. Valenzuela, Maria das Graças da Silva. Valenzuela-Diaz, Francisco Rolando. Wiebeck, Hélio. In. *Characterization of Minerals, Metals and Materials 2014*. Ed. Wiley –TMS, Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. Published simultaneously in Canada. 2014,p.147-155. ISBN 978-1-118-88786-8.
- 3- Machado, Messias dos Santos; Osuka, William Hiroyuki Naruto; Valenzuela, Maria das Graças da Silva; Espinosa, Denise Croce Romano; Tenório, Jorge; Valenzuela-Diaz, Francisco Rolando; Wiebeck, Hélio. In Anais do 12.º Congresso da Água / 16.º ENASB / XVI SILUBESA, Lisboa, Portugal, 2014.p.1-16.
- 4- Machado, Messias dos Santos; Valenzuela, Maria das Graças da Silva; Telles, Victor Bridi; Valenzuela-Diaz, Francisco Rolando; Wiebeck, Hélio. In Anais do 21º CBCIMAT, Cuiabá, MT, 2014.p.8060-8069
- 5- American Society for Testing and Materials. ASTM D-1238-10: *Standard Test Method for Melt Flow Rates of Thermoplastics by Extrusion Plastometer*, 2010.
- 6- American Society for Testing and Materials. ASTM D-256 -10: *Standard Test Methods for Determining the Izod Pendulum Impact Resistance of Plastics*, 2010.
- 7- American Society for Testing and Materials. ASTM D-638-10: *Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics*, 2010.
- 8- American Society for Testing and Materials. ASTM D-790 -10. *Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials*, 2010.
- 9- Garbim, V.J. Divulgação Técnica, Empresa: ELASTOTEC Artefatos de Borracha.
- 10 – Rovere, Juliana; Correa, Carlos A.; Grassi, Vinicius G.; Dal Pizzol, Marcos F. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, 2008, Volume 18, nº 1, p. 12-19.
- 11- S. Follner; A. Wolter; K. Helming; C. Silber; H. Bartels;H. Follner. *Crystal Research Technology*.2002, 37, 207-218.
- 12-]. Harada, Julio; Ueki, Marcelo M. Injeção de termoplásticos: Produtividade com Qualidade. São Paulo: Arliber Editora, 2012.