

## INTRODUÇÃO:

Espumas poliméricas são materiais que tem apresentado crescente interesse, principalmente devido à sua baixa densidade e boas propriedades específicas. A dispersão de cargas lignocelulósicas nas espumas poliméricas representa um grande apelo devido ao seu baixo custo, caráter renovável e biodegradabilidade. As propriedades das espumas dependem do tamanho e formato das células presentes<sup>(1)</sup>. O PP, apesar de ser um polímero de larga aplicação, possui baixa resistência no estado fundido, tornando difícil a produção de espumas com células pequenas e bem distribuídas. A combinação com outros polímeros tem se mostrado uma alternativa viável para a preparação de sistemas expandidos de PP<sup>(2)</sup>. Estudos anteriores<sup>(3)</sup> mostraram que o uso de um agente de expansão disperso em masterbatch de PE produziu as espumas de PP com a melhor morfologia. No presente estudo, foram preparadas espumas de PP com diferentes PE comerciais, utilizando-se farinha de madeira como fase dispersa, visando a obtenção de espumas com propriedades otimizadas. Foi testada, também, a substituição do agente de acoplamento à base de PP modificado com anidrido maleico por outro à base de PE modificado com ácido itacônico.

## EXPERIMENTAL:

**Materiais:** PP (HH503- Braskem); PE (EB853- Braskem); Farinha de madeira (Artecola); PP-MA (DW10 – Daewoon); PE-AI (Braskem); LLDPE (LF0720 – Braskem); HDPE (HM150 – Braskem); Hydrocerol 1004 – NaHCO<sub>3</sub> + ácido cítrico em um masterbatch de PE.

**Equipamentos:** Câmara de mistura Haake Rheomix 600p; Prensa Hidráulica Carver Monarch; Tensiômetro Emic DL; Microscópio Eletrônico de Varredura Jeol 6060.

**Procedimentos:** Os compósitos foram preparados em câmara de mistura Haake, a 170 e 190°C, com velocidade dos rotores de 50rpm. PP, farinha de madeira seca (10g%), PP-MA (10g%)<sup>(1)</sup> ou PE-AI(10g%), foram adicionados juntos e processados durante três minutos. Então os agentes de expansão foram adicionados e processados durante mais dois minutos. Os produtos foram cortados e prensados em moldes com pré-aquecimento a 190°C (5 min.), seguidos de compressão a 2500lbf, na mesma temperatura (2 min.).

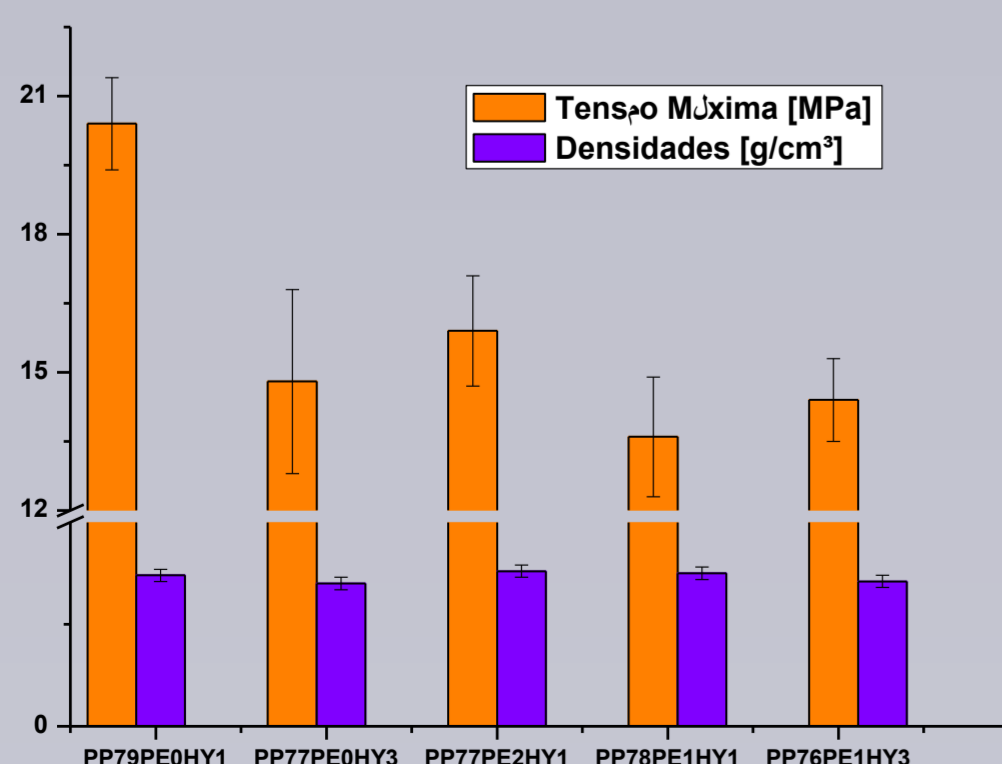
**Caracterização:** Testes de tração: célula de carga de 5KN, com velocidade de 5mm/min. MEV: faces fraturadas criogenicamente, 20Kv. Testes de densidade: ASTM D 792-08, utilizando hexano como líquido de imersão.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO:

### 1- Efeito da adição de LDPE:

Visando avaliar o efeito da adição de LDPE à matriz de PP nos compósitos expandidos com farinha de madeira, foram utilizados 1 e 2% de LDPE e avaliadas as densidades e propriedades mecânicas dos produtos. Os resultados estão mostrados na Figura 1.

Figura 1: Densidade e tensão máxima dos compósitos contendo LDPE e expandidos com Hydrocerol.



Verificou-se que não houve alteração significativa na densidade, mas houve diminuição na tensão máxima. A amostra contendo 2% de LDPE apresentou melhor valor de tensão máxima que a amostra contendo 1% de LDPE, para o mesmo teor de agente de expansão (1%).

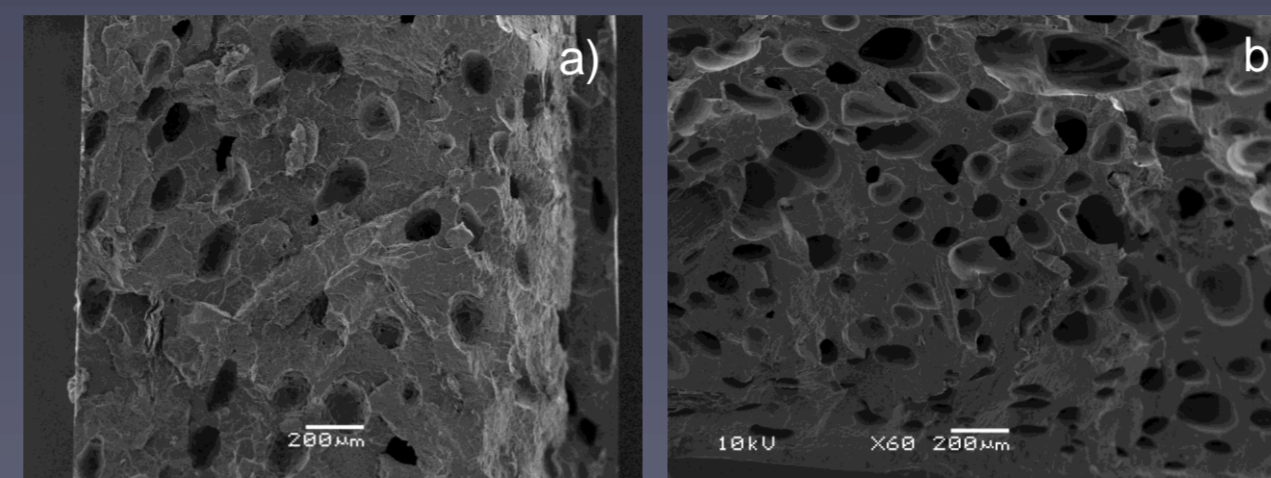


Figura 2: MEV dos compósitos expandidos com 1% de Hydrocerol: a) 2% LDPE (d=0,76g/cm³); b) sem LDPE (d=0,70g/cm³).

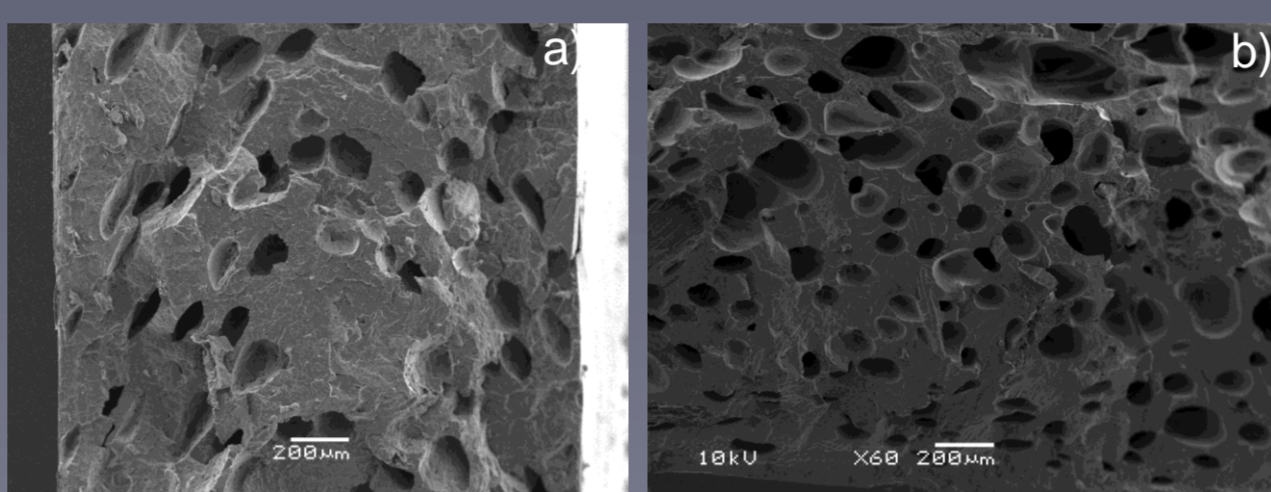


Figura 3: MEV dos compósitos expandidos com 1% de Hydrocerol: a) 1% LDPE (d=0,75g/cm³); b) sem LDPE (d=0,74g/cm³).

A adição de LDPE à matriz de PP nos compósitos expandidos mostrou um efeito negativo, aumentando a densidade e diminuindo o número de vazios na estrutura.

### 2- Efeito da adição de diferentes tipos de PE:

Visando testar outros tipos de PE como auxiliares na obtenção dos compósitos expandidos de PP foram, também, empregados LLDPE e HDPE. As composições e propriedades dos produtos obtidos estão mostradas na Tabela 1.

Tabela 1: Torques finais e tensão máxima dos compósitos contendo PE na composição.

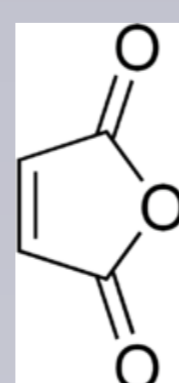
Amostra	Torque Final [Nm]	Tensão [Mpa]
PPPURO	8,0	31,8 ± 0,4
PP99HDPE1	6,4	27,9 ± 1,7
PP98HDPE2	6,6	26,8 ± 2,0
PP99LLDPE1	6,5	27,5 ± 0,9
PP98LLDPE2	7,6	25,5 ± 3,1
PP99LDPE1	7,2	27,4 ± 1,1
PP98LDPE2	6,5	26,9 ± 1,7

Verificou-se que a adição de 1 e 2% de HDPE e LLDPE levaram à diminuição nos valores de torque do PP, assim como foi observado para o LDPE, indicando um possível efeito plastificante. Os valores de tensão máxima também diminuiram, provavelmente devido à maior mobilidade das cadeias nas blendas.

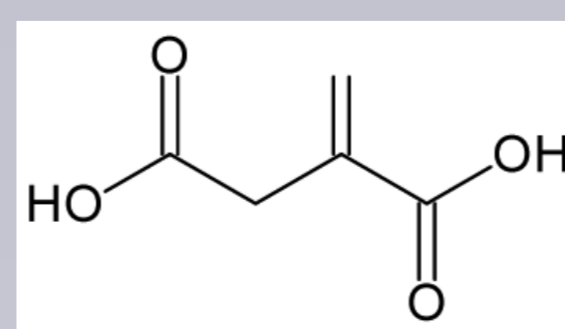
### 3- Efeito dos agentes de acoplamento:

Foram utilizados dois agentes de acoplamento, visando aumentar a adesão da carga com a matriz e um possível efeito nas propriedades das espumas:

- PP-MA: produto comercial à base de PP modificado com anidrido maleico.
- PE-AI: sintetizado em laboratório, à base de PE modificado com ácido itacônico.



Anidrido maleico.



Ácido itacônico.

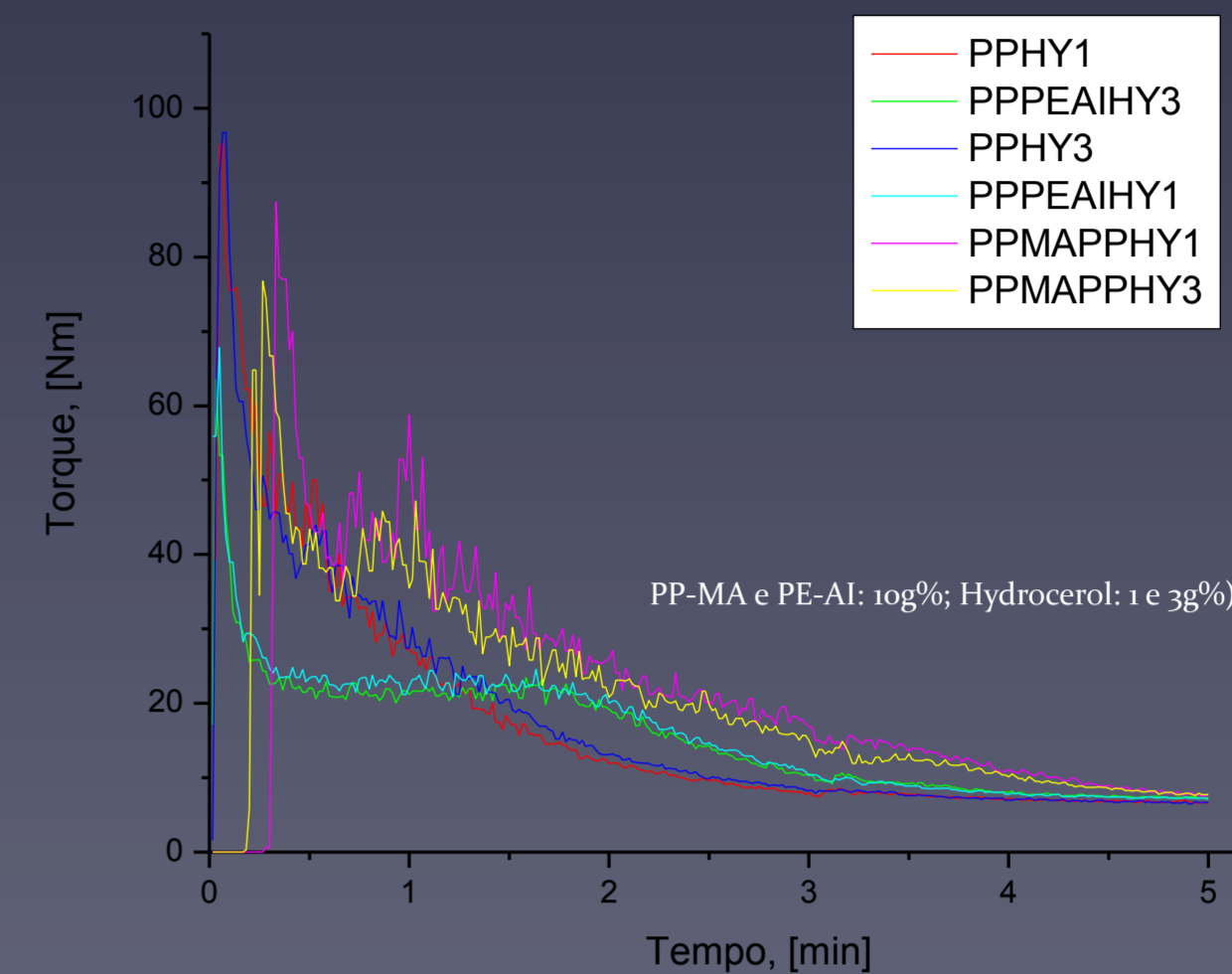


Figura 4: Curvas de torque dos sistemas contendo PP-MA e PE-AI, expandidos com Hydrocerol

Observou-se que o torque final não se modificou significativamente com o teor e tipo de agente de acoplamento utilizado, embora o comportamento do torque durante o processamento tenha mostrado menores valores iniciais para os sistemas contendo PE modificado com ácido itacônico.

Tabela 2: Propriedades mecânicas e densidades dos compósitos contendo diferentes agentes de acoplamento.

Amostra	Teor de PP-MA [g%]	Teor de PE-AI [g%]	Tensão Máxima [Mpa]	Densidade [g/cm³]
PPHY1	0	0	17,0 ± 1,2	0,82
PPHY3	0	0	12,4 ± 1,4	0,75
PPPEAIHY1	0	10	13,7 ± 1,8	0,76
PPPEAIHY3	0	10	8,9 ± 1,1	0,75
PPMAPPHY1	10	0	16,5 ± 2,2	0,74
PPMAPPHY3	10	0	14,8 ± 1,9	0,70

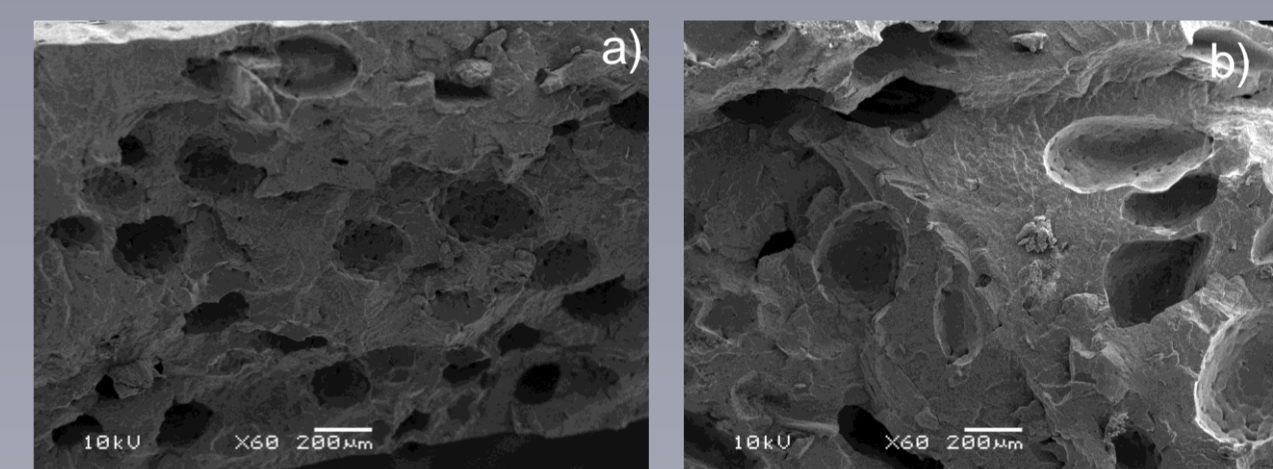


Figura 5: MEV dos compósitos expandidos com 1% de Hydrocerol: a) sem agente de acoplamento; b) com PE-AI

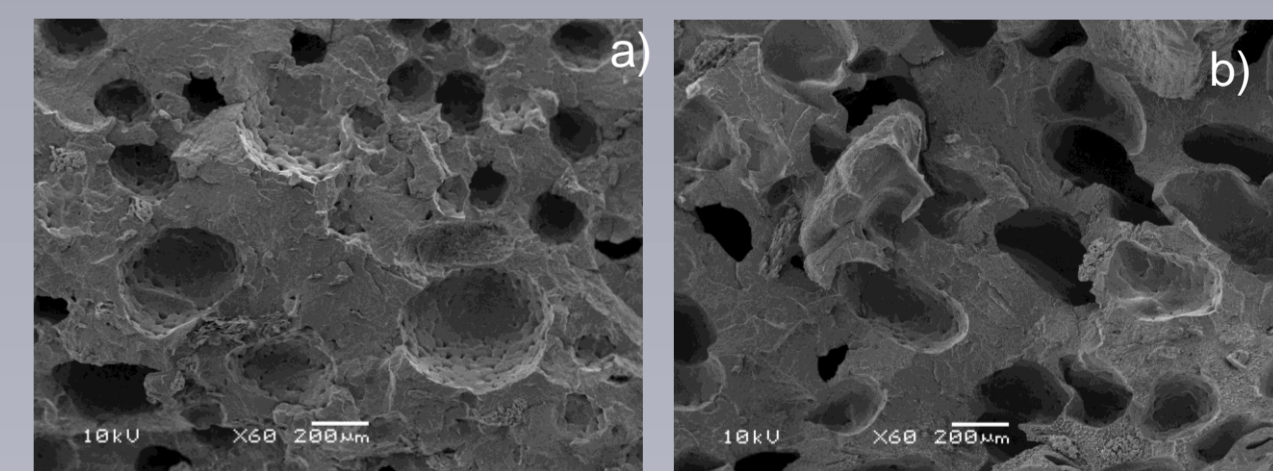


Figura 6: MEV dos compósitos expandidos com 3% de Hydrocerol: a) sem agente de acoplamento; b) com PE-AI.

Em comparação com os compósitos expandidos compatibilizados com PP-MA, a adição de PE-AI produziu materiais com menores propriedades mecânicas e maiores densidades, mostrando que esse agente de acoplamento é menos eficiente que o PP-MA comercial nesses sistemas.

## CONCLUSÕES:

• A adição de 1 e 2% de LDPE, HDPE ou LLDPE diminuiu as propriedades mecânicas dos compósitos expandidos de PP com farinha de madeira, sem produzir menores densidades.

• A substituição de PP modificado com anidrido maleico por PE modificado com ácido itacônico como agente de acoplamento nos compósitos levou à diminuição das propriedades mecânicas e aumento da densidade, mostrando que o PE-AI é menos eficiente que o PP-MA comercial nesses sistemas.

## Agradecimentos:

BIC – UFRGS; CME; ARTECOLA; BRASKEM.

## Referências:

1. X.-L. Jiang, T. Liu, L. Zhao, Z.-M. Xu, W.-K. Yuan, *J. Cell. Plast.* 2009, 45, 225; 2. M. Frounchi, A. Sharif-Pakdaman, S. A. Mousavi, S. Dadbin, *J. Cell. Plast.* 2007; 43; 455; 3. F. A. Soares, S. M. B. Nachtigall, XXII SIC, UFRGS-2010.