

POLICARBONATO RECICLADO EM POLIPROPILENO: DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E PROPRIEDADES

Mariana Vilas Boas Santana¹, Baltus Cornelius Bonse²

^{1,2} Centro Universitário da FEI

mahvbs@hotmail.com, bcbonse@gmail.com

Resumo: Objetiva-se estudar o efeito de incorporação de policarbonato (PC) reciclado em uma matriz de polipropileno (PP), por meio de um delineamento experimental. Como não há compatibilidade entre esses dois termoplásticos, foram comparados dois agentes compatibilizantes, o PP-g-MA e o P(E-co-MA-co-GMA) (conhecido como Lotader), sendo que o último apresentou melhores resultados em relação à melhora na resistência ao impacto da blenda.

1. Introdução

O polipropileno (PP) é um termoplástico semicristalino polimerizado a partir do gás propileno (propeno, segundo a IUPAC), e é uma das principais poliolefinas usadas nas indústrias de plásticos, devido a suas ótimas propriedades, tais como alta resistência a corrosão química, baixa permeabilidade à água e custo relativamente baixo. Além, o PP apresenta alta rigidez, boa resistência a tração e facilidade de reciclagem, porém, ele apresenta algumas características pouco atrativas, principalmente, baixa resistência ao impacto, o que limita bastante suas aplicações. O policarbonato (PC) é um termoplástico amorfo, que apresenta uma alta temperatura de transição vítrea, o que lhe confere boas propriedades térmicas e boa estabilidade dimensional. É um poliéster linear, gerado através da reação entre o bisfenol A (difenilol propano, segundo a IUPAC) e o gás fosgênio (cloro de carbonila). O PC é um plástico de engenharia que apresenta muitas vantagens em relação aos convencionais, em termos de propriedades mecânicas e físicas.[1] Baseado no conceito “rigid-rigid polymer”, surgiram estudos que avaliam a possibilidade de que sejam feitas blendas de PP/PC, porém, devido a sua imiscibilidade, há a necessidade de incorporação de compatibilizantes, que geralmente são copolímeros em bloco ou grafitizados, sendo que sua eficiência depende de sua composição, estrutura e peso molecular, entre outros.[2]

2. Metodologia

Foram utilizados PP foi fornecido pela empresa Braskem na forma de grânulos (pellets) sob o código KM 6100; PC reciclado moído proveniente de galhos de injeção e de peças injetadas descartadas do laboratório de materiais; e dois compatibilizantes: PP enxertado com anidrido maleico (PP-g-MA, Polybond 3200) e um terpolímero aleatório de etileno, éster acrílico e metacrilato de glicidilo, P(E-co-MA-co-GMA), código Lotader AX8900.

As blendas foram preparadas por pré-mistura, por tamboreamento, do PP, PC e compatibilizante, extrusão em extrusora dupla rosca, e injeção em corpos de prova para ensaios de impacto, flexão, tração e HDT. Destes corpos de prova foram extraídas amostras para realização do teste de TGA.

As composições utilizadas foram preparadas conforme um delineamento experimental ²², ou seja, duas variáveis em dois níveis, apresentado na Tabela 1. As variáveis foram as razões entre teor de compatibilizante e a soma dos teores de PP e PC ($R1=[C]/[PP]+[PC]$), e entre teor de PC e teor de PP ($R2=[PC]/[PP]$).

Tabela 1 – Variáveis do delineamento experimental ²².

Razões				% em massa		
$R1=[C]/([PP]+[PC])$		$R2=[PC]/[PP]$		[PC]	[C]	[PP]
codif.	descod.	codif.	descod.			
+1	0,1110	+1	0,800	40	10	50
+1	0,1110	-1	0,125	10	10	80
-1	0,0526	+1	0,800	42,22	5,01	52,77
-1	0,0526	-1	0,125	10,56	4,98	84,46
0	0,0818	0	0,463	29,25	7,57	63,18

Os ensaios foram realizados uma vez para cada compatibilizante, com o número de rodadas recomendados pelas respectivas normas. Após a aquisição dos resultados faltantes, foi feita a análise estatística usando o software Statistica® e devido a aderência não ser satisfatória, foi criado mais um modelo, conforme tabela 2 abaixo. Nele, o tipo de compatibilizante foi considerado como uma variável qualitativa, variando também dois níveis e sem ponto central. Este novo modelo apresentou melhora na aderência em boa parte das propriedades, principalmente na resistência ao impacto.

Tabela 2 – Segundo modelo de delineamento experimental.

Razões						% em massa		
$R1=[C]/([PP]+[PC])$		$R2=[PC]/[PP]$		R3		[PC]	[C]	[PP]
codif.	descod.	codif.	descod.	codif.	descod.			
+1	0,111	+1	0,8	+1	Lotader	40	10	50
+1	0,111	-1	0,125	+1	Lotader	10	10	80
-1	0,0526	+1	0,8	+1	Lotader	42,22	5,01	52,77
-1	0,0526	-1	0,125	+1	Lotader	10,56	4,98	84,46
0	0,0818	0	0,463	+1	Lotader	29,25	7,57	63,18
+1	0,111	+1	0,8	-1	PP-g-MA	40	10	50
+1	0,111	-1	0,125	-1	PP-g-MA	10	10	80
-1	0,0526	+1	0,8	-1	PP-g-MA	42,22	5,01	52,77
-1	0,0526	-1	0,125	-1	PP-g-MA	10,56	4,98	84,46
0	0,0818	0	0,463	-1	PP-g-MA	29,25	7,57	63,18

3. Resultados e discussão

Os resultados do ensaio de impacto Charpy com entalhe, conforme norma ASTM D6110, são apresentados na figura 1. Observa-se que para todas as composições investigadas o agente compatibilizante Lotader forneceu as maiores resistências ao impacto.

As figuras 2 e 3 apresentam os resultados para módulo de elasticidade e alongamento na ruptura, obtidos no ensaio de tração, realizado de acordo com a norma ASTM D638. Nestes testes, observa-se que o PP-

g-MA apresenta melhores resultados para o módulo de Young e o Lotader apresenta melhores resultados para o alongamento na ruptura. Essa diferença pode ser resultante do comportamento muito mais borrachoso do Lotader comparado ao PP-g-MA, o que explica a maior absorção de energia no teste de impacto e os menos valores alcançados no ensaio de tração.

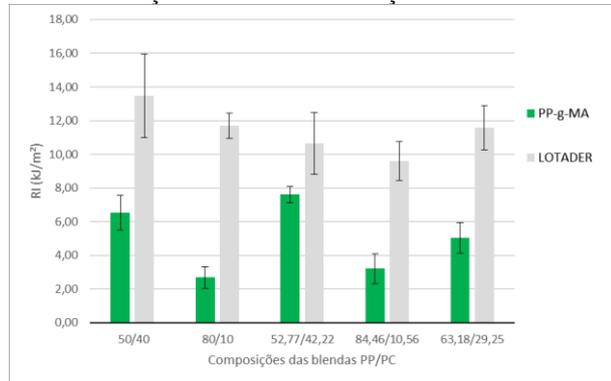


Figura 1 - Resistência ao impacto Charpy das blendas.

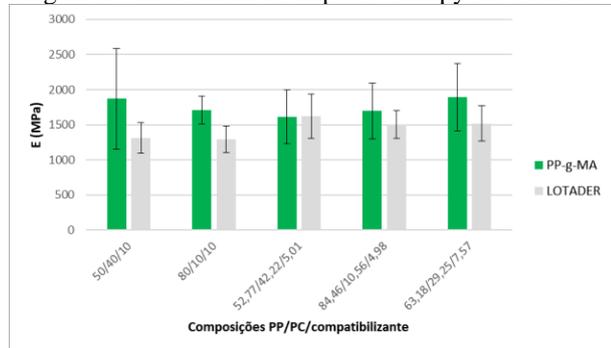


Figura 2 – Módulo de elasticidade das blendas.

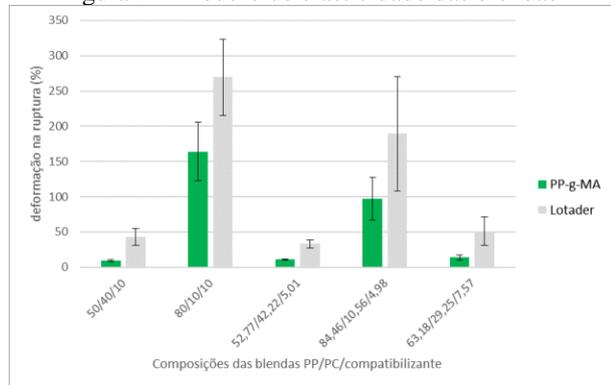


Figura 3 – Deformação na ruptura das blendas.

A tabela 3 apresenta o teste de aderência do modelo, referente a resistência ao impacto, utilizando o Lotader como compatibilizante. De uma forma geral, o modelo gerado pelo delineamento apresenta alguns problemas, pois em algumas propriedades, houve grandes discrepâncias entre os valores médios medidos nos ensaios e os valores previstos. Tal fato se deve ao projeto se basear em razões, e pequenas variações na composição podem afetar fortemente o resultado.

A tabela 4 apresenta o teste de aderência, também para a resistência ao impacto, já nesse caso considerando o tipo de compatibilizante como variável qualitativa.

Tabela 3: Teste de aderência para resistência ao impacto

Variáveis codificadas		Valor medido	Valor previsto	Variação (%)
R1	R2			
+1	+1	13,49	14,14	4,6
+1	-1	11,70	14,14	17,3
-1	+1	10,65	8,79	21,2
-1	-1	9,59	8,79	9,1
0	0	11,58	11,47	0,96

Polinômio gerador: $11,4668 + 2,672 \cdot R1$

Tabela 4: Teste de aderência para resistência ao impacto

Variáveis codificadas			Valor médio medido	Valor previsto	Variação (%)
R1	R2	R3			
+1	+1	+1	13,49	18,40	26,7
+1	-1	+1	11,70	15,65	25,2
-1	+1	+1	10,65	12,25	13,1
-1	-1	+1	9,59	9,51	0,84
0	0	+1	11,58	13,95	14,4
+1	+1	-1	6,52	5,48	19,0
+1	-1	-1	2,68	-2,72	1,99
-1	+1	-1	7,60	7,02	8,26
-1	-1	-1	3,21	-1,17	174
0	0	-1	5,04	2,15	134

4. Conclusões

Com base nos resultados alcançados, pode-se verificar que o PP-g-MA apresentou um melhor desempenho nas propriedades avaliadas, sendo o melhor em 71,4% delas. Contudo, para o objetivo principal, melhorar a resistência ao impacto do PP, o Lotader apresentou um resultado bastante superior, o que leva a conclusão de que a escolha de qual o melhor compatibilizante é relativa e dependente de qual propriedade há a intenção de melhorar.

Conclui-se também que o segundo modelo de delineamento experimental proposto é razoável, apresentando boa aderência em boa parte das propriedades avaliadas, porém apresenta alguns problemas que podem ser melhorados com novas abordagens.

Logo, como conclusão geral pode-se ter que houve sucesso na incorporação de PC ao PP para obter uma melhora na resistência ao impacto do PP e que o Lotader é o melhor compatibilizante para o objetivo principal de estudo.

5. Referências

- [1] Shayuti, M. S. M.; Abdullah, M. Z.; Yusoff P. S. M. M., International Conference on Environment and Industrial Innovation, 2011.
- [2] Dai, S-S, INPL en cotutelle avec l'Université de Sichuan - SKLPME – Chine.

Agradecimentos

À FEI pela bolsa e disponibilização dos recursos, aos técnicos do laboratório por toda a ajuda prestada e ao Prof. Me. Ricardo Aurelio da Costa pela ajuda na montagem do delineamento experimental.

1 Aluna de IC do Centro Universitário FEI. Projeto com vigência de 03/17 a 02/18.