



ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE TEOR DE ADIÇÃO DE RESÍDUOS DE EVA E GRAU DE RETICULAÇÃO DO EVA EXPANDIDO

Carlos E. Avelleda^{1,2*}, Edson L. Francisquetti², Laura de A. Souza², Ruth M. C. Santana¹

1-Departamento de Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS
carlos.avelleda@farroupilha.ifrs.edu.br

2-Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – IFRS, Farroupilha, RS

Resumo: A produção de espuma de EVA, ou EVA expandido, utiliza agentes de expansão e reticulação, resultando em material com estrutura reticulada de reaproveitamento muito limitado pelo seu comportamento imprevisível em muitas situações. Como consequência, sua reciclagem tem sido muito pouco praticada destinando-se enorme quantidade de resíduos ao meio ambiente. Contrariando a ideia que hoje predomina de que este material se transforma totalmente em termofixo ao ser processado, aborda-se aqui o fato de que sua reticulação não é total e que no reprocessamento este resíduo é, na verdade, parte carga e parte matéria prima. Nesse sentido o objetivo deste trabalho foi determinar o grau de reticulação do EVA reciclado pela técnica do teor de gel. Usou-se EVA com 28 % de acetato de vinila e resíduo industrial de espumas de EVA (EVAri) para três tipos de amostra, uma padrão e duas com a incorporação de EVAri, 10 e 40 per respectivamente. Resultados deste estudo mostraram que no reprocessamento parte do EVAri adicionado como carga ainda reage com o reticulante reduzindo a ação deste e interferindo na qualidade do produto final.

Palavras-chave: EVA, teor de gel, espuma, reticulação, reciclagem.

Analysis of the relationship between adding content and degree of crosslinking of EVA expanded

Abstract: EVA foam production, or EVA expanded, uses expansion and Crosslinking agents, resulting in material with cross-linked structure of very limited reuse by your behavior unpredictable in many situations. As a result, your recycling has been very little practised and huge amount of waste to the environment. Contrary to the idea that today predominates that this material becomes entirely in the thermofix be rendered, addresses the fact that your crosslinking is not full and that the reprocessing this residue is actually part and part load raw material. In this sense the aim of this study was to determine the degree of Crosslinking of EVA recycled by the technique of gel content. Used EVA with 28% of vinyl acetate and EVA foams industrial residue (EVAri) for three sample types, a default and two with the incorporation of EVAri, 10 and 40 per respectively. Results of this study showed that the reprocessing part of the added cargo EVAri still reacts with the Crosslinking agent reducing the action of this and interfering in the quality of the final product.

Keywords: EVA, gel, foam content, reticulation, recycling.

Introdução

O EVA é um copolímero termoplástico utilizado em diversas aplicações e segmentos industriais e devido à sua flexibilidade e baixo custo vem sendo a cada dia mais utilizado [1,2]. Espumas de EVA são constituídas, essencialmente, por uma matriz polimérica além de agentes de expansão, ativadores, agentes de reticulação, lubrificantes, cargas e pigmentos. Entre estes, o agente reticulante é um dos mais importantes componentes por ser diretamente responsável por gerar reticulações entre cadeias que formam a matriz [3,4]. No processamento do material estas reticulações acontecem em conjunto com a expansão do material, fatores fundamentais para que se obtenha células com forma e dimensões dentro dos padrões estabelecidos por exercerem influência sobre a viscosidade da massa polimérica assim como sobre a estrutura final [5].

Por outro lado os peróxidos também podem provocar reações químicas indesejáveis proporcionando o surgimento de degradações e/ou recombinações, etc. Agentes reticulantes promovem a formação das ligações cruzadas fundamentais para a formação da espuma, elevando a resistência do fundido da matriz até o nível suficiente para suportar a pressão exercida pelo gás na expansão e evitando, desta forma, fluxos inadequados deste gás para fora da matriz polimérica enquanto a expansão acontece. Além disso, a ação do reticulante também leva à formação de espumas com células de dimensões menores e mais homogêneas, otimizando propriedades térmicas e adequando as propriedades mecânicas da espuma obtida como, por exemplo, resistência à tração, flexão, módulo de elasticidade, deformação permanente sob compressão e a dureza [6, 7].

A morfologia da estrutura celular guarda relação direta com a viscosidade da massa polimérica no processo expansivo durante a formação da espuma. A estrutura resultante se define a partir de fatores como viscosidade do fundido e concentração de ligações cruzadas [6, 8].

Na obtenção do EVA expandido o uso de peróxidos orgânicos resulta na formação dos radicais livres que reagem com o polímero na decomposição térmica do reticulante, abstraindo hidrogênio do polímero ao mesmo tempo que formam ligações primárias entre macromoléculas e, conseqüentemente, retículos tridimensionais entre cadeias poliméricas resultando em cadeias cruzadas [7, 9].

A Fig. 1 mostra a estrutura química do peróxido de dicumila usado na produção de espuma de EVA e também a reação de reticulação do copolímero com decomposição do peróxido.

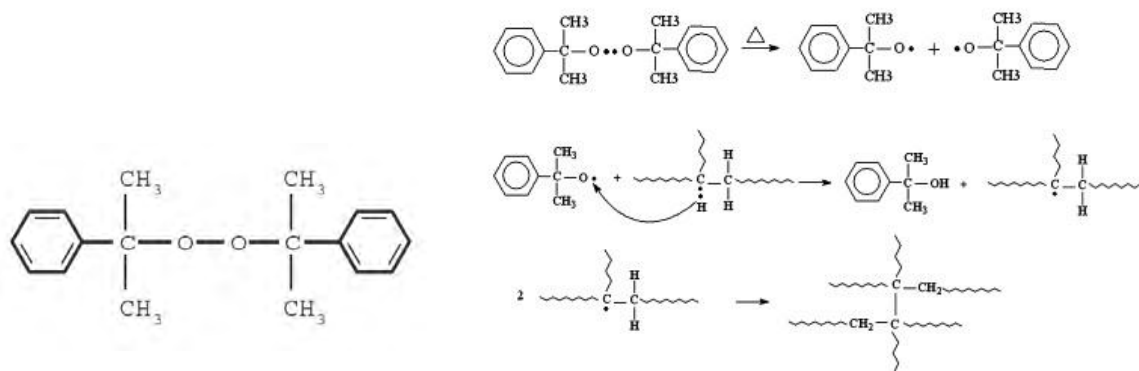


Figura 1: Estrutura química do peróxido de dicumila (a) e reação de reticulação do copolímero (b) .

A reticulação se dá por abstração do hidrogênio ligado ao carbono terciário, uma reação decorrente dos radicais livres formados quando da decomposição de peróxidos orgânicos. O teor de acetato de vinila tem influência nas reações de reticulação que, por sua vez, definem a quantidade de carbonos terciários na cadeia [3, 8, 9].

O mecanismo de reticulação se torna crítico no reprocessamento do material, multiplicando-se as variáveis envolvidas em novas reações que ocorrem com novas proporções entre os componentes. Dentro deste contexto, o objetivo do trabalho foi determinar reais valores de reticulação em EVA expandido com diferentes teores de resíduos de espuma de EVA, buscando maior controle do processo em questão. Este reprocessamento consiste na incorporação de resíduos como carga e afeta negativamente a morfologia e, conseqüentemente, determinadas propriedades mecânicas bem como o aspecto de produtos assim obtidos[10].

Experimental

Materials

Usou-se EVA com 28 % de acetato de etila da Braskem, reticulante peróxido bisfenol Perkadox 14/40 da Akzo, expensor azodicarbonamida Porofor BR da Lanxess, kicker óxido de zinco BS 300 da Brazinco, lubrificantes estearato de zinco Rhodia e estearina da Barlocher, carga carbonato de cálcio e resíduos de EVA expandido pré-uso (resíduo industrial) de EVA (EVAri) na forma de lâminas e placas com espessura entre 6 e 8 mm.

Processamento

Foram 3 formulações, uma padrão, uma 10 pcr e outra com 40 pcr de resíduo no tamanho de partícula entre 2,38 e 4,76 mm (8 mesh). Mistura e homogeneização em calandra seguindo-se expansão térmica a 200°C por 10 minutos, pressão de 8 ton.

Caracterização

Buscando-se agentes contaminantes ou alterações na composição das misturas usou-se espectro fotômetro FTIR-ATR Perkin Elmer FTIR-ATR modelo Frontier com faixa de 4000 a 600 cm^{-1} e dez varreduras (ASTM D3677). Determinou-se o grau de reticulação de amostras com 0,30 g pelo teor de gel (ASTM D2765) com extração dos solúveis sob refluxo em xileno a 144 °C (12 horas – duplicata) e secagem em estufa a 150 °C por 24 horas, atingindo peso constante.

A Eq. 1 fornece a quantidade de extraídos (%) e a Eq. 2 o teor de gel (%) das amostras.

$$\% \text{ extraídos} = \frac{\text{massa inicial} - \text{massa final}}{\text{massa inicial}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{Teor de gel} = 100 - \% \text{ extraídos} \quad (2)$$

Resultados e Discussão

Na Fig. 2 são apresentados os espectros de FTIR observando-se que a incorporação dos resíduos não alterou a composição química das amostras avaliadas.

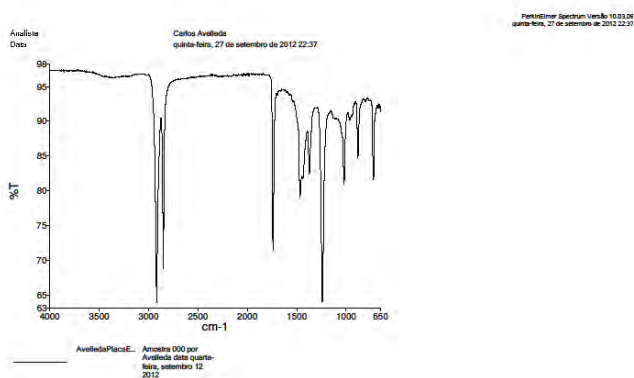
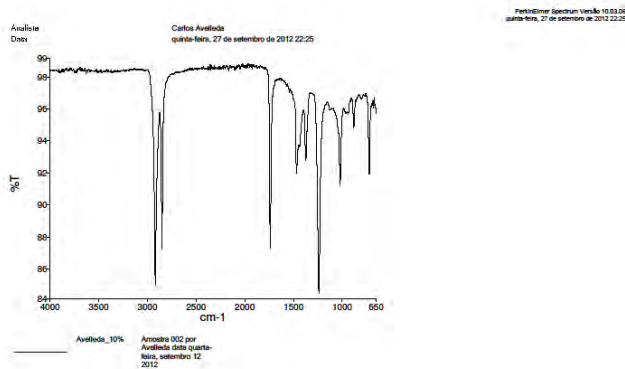
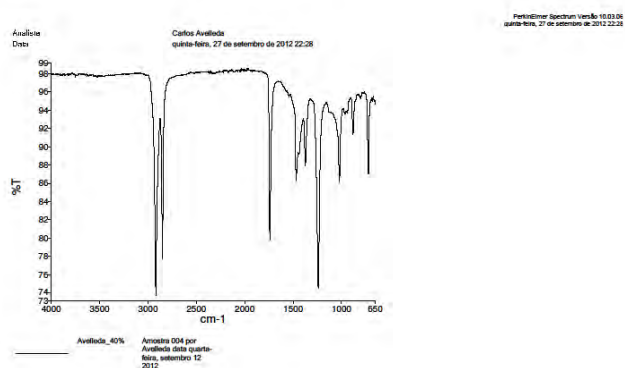


Figura 2(a): Resultado de ensaio de FTIR em amostra sem incorporação de resíduo.



Página 1

Figura 2(b): Resultado de ensaio de FTIR em amostra com incorporação de 10 pcr de resíduo.



Página 1

Figura 2(c): Resultado de ensaio de FTIR em amostra com incorporação de 40 pcr de resíduo.

A Fig. 3 mostra o teor de gel encontrado para as amostras avaliadas, onde observa-se que a amostra padrão produzida sem adição do EVArI apresenta um teor de gel de 74,12%. Já as amostras de EVA com 10 pcr de EVArI apresentaram um menor teor de gel, de 63,79%, um decréscimo de 13,9 % comparado ao branco; enquanto que a amostra com 40 pcr o teor de gel foi de 40,95 %, um decréscimo mais pronunciado (44,8%) quando comparado ao branco.

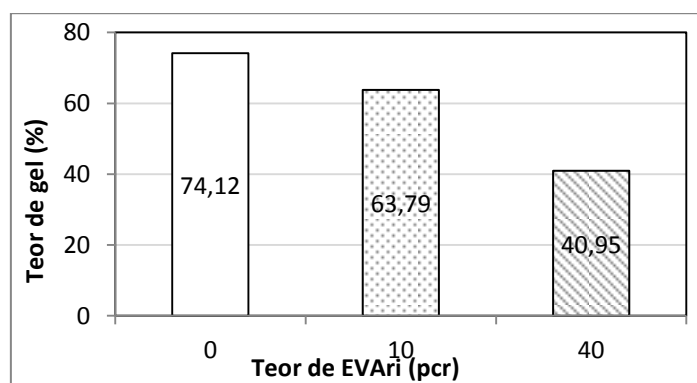


Figura 3: Teor de gel das amostras analisadas.

Os resultados indicam que a incorporação e o aumento do teor de resíduo leva à redução progressiva do teor de gel. A causa apontada estaria no princípio ativo da reticulação quando, na adição de resíduos, o material não reticulado consome parte do agente reticulante que, por sua vez, se torna insuficiente para reagir com o total da massa polimérica resultante.

A partir dos resultados verificados é possível concluir que se comprova a importância da correção nos teores de agente reticulante em função da adição de resíduos ao EVA expandido.

Conclusões

Verifica-se que as deficiências de reticulação crescem com o aumento do teor de reciclado. Este trabalho sugere a necessidade de uma correção do teor de agente reticulante em função da quantidade adicionada de resíduo deste material, objetivando viabilizar o uso de maiores índices de seu reaproveitamento com redução de custos de reprocessamento e maior sustentabilidade. Considerando-se as opções atuais de destinação do material, disposição em aterro sanitário, queima e adição ao material virgem, às duas primeiras extremamente impactantes ao meio ambiente, enquanto que a terceira necessita de desenvolvimento tecnológico, é uma opção acertada dar continuidade a trabalhos de pesquisa neste tema.

Agradecimentos

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFRS) – campus Farroupilha e ao Laboratório de Materiais Poliméricos (LAPOL) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), à Grendene S. A. e à Beplast Indústria e Comércio de Plásticos Ltda por todo o apoio recebido e pelo uso de laboratórios e materiais.

Referências Bibliográficas

1. <http://www.eurekaeva.com.br>
2. C.E. Avelleda, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2016.
3. A. Zattera, et al. Caracterização de resíduos de EVA. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, vol. 15, nº 1, p. 73-78, 2005.
4. F. Bondan, Dissertação de Mestrado, Universidade de Caxias do Sul, 2014.
5. S.M.D. Prestes, Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, 2013.
6. M. A. Chávez, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Campina Grande, 2007.
7. J. A. R. Labarta; M. M. Olaya; A. Marcilla. DSC Study of Transitions Involved in Thermal Treatment of Foamable Mixtures of PE and EVA Copolymer with Azodicarbonamide, *Journal of Applied Polymer Science*, vol. 102, p. 2015-2025, 2006b.
8. J. B. Azevedo; M. A. Chávez; M. S. Rabello. Efeito de Reticulante na Morfologia e Propriedades Físico-Mecânicas de Espumas Poliméricas Obtidas com EVA e EPDM. *Revista Polímeros: Ciência e Tecnologia*, vol. 20, p. 407-414, 2010.
9. M. Rabello. *Aditivação de Polímeros*. São Paulo. Artliber, 2000.
10. J. V. Gulmine; L. Akcelrud. Correlations between Structure and Accelerator artificial ageing of XLPE. *European Polymer Journal*, vol. 42, p. 553-562, 2006.