INFLUÊNCIA DO TEOR DE RETICULANTE NA RECICLAGEM DE EVA

Influence of Crosslinking agent content on EVA Recycling

Carlos Eduardo Avelleda[1]
Ruth Marlene Campomanes Santana[2]

Av. Bento Gonçalves, 9500, Porto Alegre, RS, Brasil - CEP: 91501-970, Fone: 55(51) 33089419, Fax: 55(51) 33089414, ruth.santana@ufrgs.br

Abstract

The use of plastics in almost all sectors of industrial production such as construction, agriculture, footwear, furniture, textile, food, leisure, telecommunications, consumer electronics, automotive, healthcare and packaging in general grows significantly, generating a huge amount of waste and bringing as consequence the concern about their fate in the environment. Recycling is a way to reintegrate the part of matter classified as junk, causing the environment and natural resources are less beaten and also less committed. The expanded EVA, whose material recycling is covered in this work is important especially with respect to this matter be recycled and little have their waste deposited in landfills in large part. Polymers in expanded form, also called "foams", are increasingly used in applications requiring a combination of softness and elasticity of a particular product, whether for the purpose of impact absorption, sound insulation or just provide better accommodation or greater comfort to the user, often found in the footwear industry needs in automotive, furniture, sports or gymnastics or even more sophisticated in other areas as aviation, for example. But in the manufacture of these articles are generated whose waste reprocessing is infeasible by Crosslinking. One such material is the copolymer of ethylene-vinyl acetate (EVA) that makes up the solid phase where the action of an agent expander whose function is to generate a second phase, this however, gaseous. In processing has also the possibility to use additives that allow variations in material properties, among them the crosslinker, giving to a greater or lesser rigidity. Within this perspective this study aims to describe the observed effects on the physical and mechanical properties of expanded EVA due to variations in the Dicumila peroxide content in samples obtained from blends reinforced with EVA 10PCR from industrial waste (EVAri) in addition to additives and expander.The aim of this work is a study on the mechanical recycling of expanded EVA (foam), focusing on the Crosslinking agent content. The results show the changes in the mechanical performance of the same from different levels of the crosslinker.

Keywords: EVA, foams, mechanical recycling, mechanical properties.

---

[1] Docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS – Câmpus Farroupilha) nos cursos de Engenharia Mecânica, Engenharia de Automação, Técnico em Plásticos e Técnico em Metalurgia, graduado em Engenharia Mecânica (UNISINOS), Mestrando em Engenharia de Materiais da UFRGS-RS. carlos.avelleda@farroupilha.ifrs.edu.br

[2] Docente do Departamento de Materiais, Universidade Federal de Rio Grande do Sul, UFRGS, graduação em Engenharia Química (UNMSM-Lima-Perú), Mestrado e Doutorado em Engenharia Química da UNICAMP-SP (1993-1999). Pós-doutorado na UFSCar-SP (1999-2004). Participação em várias publicações de periódicos e eventos nacionais e internacionais. ruth.santana@ufrgs.br

INFLUÊNCIA DO TEOR DE RETICULANTE NA RECICLAGEM DE EVA

Resumo

O uso dos plásticos em quase todos os setores da produção industrial tais como construção civil, agrícola, de calçados, móveis, alimentos, têxtil, lazer, telecomunicações, eletroeletrônicos, automobilístico, médico-hospitalar e embalagens em geral cresce de forma significativa, gerando uma enorme quantidade de residuos e trazendo como conseqüência a preocupação com seu destino no meio ambiente. A reciclagem é uma maneira de reintegrar ao sistema parte da matéria classificada como lixo, fazendo com que o meio ambiente e os recursos naturais sejam menos agredidos e também menos comprometidos. O EVA expandido, material cuja reciclagem é abordada neste trabalho ocupa importante destaque com relação a este assunto por ser pouco reciclado e também por ter seus residuos depositados em grande parte nos aterros sanitários. Polímeros na forma expandida, também chamados de "espumas", são a cada dia mais utilizados em aplicações que exigem uma combinação entre maciez e elasticidade de um determinado produto, seja com a finalidade de absorção de impactos, isolamento acústico ou apenas proporcionar melhor acomodação ou maior conforto ao usuário, necessidades frequentemente encontradas na indústria calçadista, na automobilística, moveleira, na prática de esportes ou ginástica ou mesmo em outras áreas mais sofisticadas como a aviação, por exemplo. Porém na fabricação desses artigos são gerados resíduos cujo reprocessamento é inviável por possuir reticulação. Um desses materiais é o copolímero de etileno-acetato de vinila (EVA) que constitui a fase sólida onde a ação de um agente expansor cuja função é de gerar uma segunda fase, esta porém, gasosa. No processamento tem-se ainda a possibilidade de uso de aditivos que permitem variações nas propriedades do material, entre eles, o agente reticulante, conferindo ao material uma maior ou menor rigidez. Dentro desta ótica este trabalho tem como objetivo descrever os efeitos observados nas propriedades físicas e mecânicas do EVA expandido devido à variações no teor de peróxido Dicumila em amostras obtidas a partir de blendas reforçadas com 10PCR de EVA proveniente de resíduo industrial (EVAri) além de aditivos e agente expansor. O objetivo deste trabalho reside em um estudo sobre a reciclabilidade mecânica do EVA expandido (espuma), com foco no teor de reticulante. Os resultados demonstram as alterações ocorridas no desempenho mecânico das mesmas a partir de diferentes teores do agente reticulante.

Palavras Chave: EVA, espumas, reciclagem mecânica, propriedades mecânicas.

Introducão

A quantidade de resíduos de EVA liberado por indústrias calçadistas nos últimos anos tem superado a marca de 200 toneladas/mês, destacando-se os recortes de placas expandidas utilizadas na produção de palmilhas e entresolas [2] de calçados. A cadeia produtiva do calçado é o segmento industrial que mais gera recursos em regiões como a do Vale do Rio dos Sinos, por exemplo, mas gerando, em contrapartida, elevada quantidade de resíduos sólidos no Estado do Rio Grande do Sul. Conforme dados da FEPAM, o setor calçadista é responsável por cerca de 86% dos resíduos sólidos industriais, classe I, gerados no Estado [2].

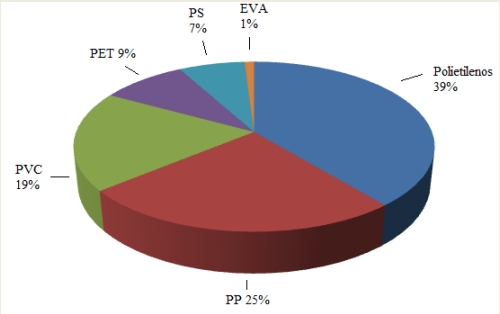

Figura 1: Demanda brasileira por tipo de resina em 2010.
Fonte: ABIPLAST, 2010.

O EVA na forma expandida (espuma) é muito usado na forma de placas ou bobinas, também conhecido no mercado por "Borracha de EVA", podendo ser laminadas em diversas cores, espessuras, durezas e densidades e após cortadas ou coladas com facilidade, as placas de EVA, são de grande versatilidade,.

Figura 2: Aplicação do EVA expandido.

Pesquisas ambientais realizadas na região Sul do Brasil mostram que, de todo o resíduo deste material gerado na região, apenas cerca de 3% é reaproveitado, o que justifica qualquer esforço no sentido de desenvolver sua tecnologia [2]. O reaproveitamento de materiais é um tema que a cada dia se torna mais presente em nossas vidas dentro do contexto da preservação ambiental. As técnicas de reciclagem do EVA são ainda pouco desenvolvidas. Pesa o fato de que o EVA, por ser reticulado, não pode ser reprocessado novamente como um termoplástico convencional, o que limita a sua reciclagem mecânica. Por outro lado, o EVA não é biodegradável, acumulando-se ao longo dos anos no ambiente, com tempo de decomposição estimado em 150 anos (Plastivida/ABIQUIM).

A questão do reaproveitamento dos resíduos gerados pelos diversos processos produtivos sempre tem um compromisso com as propriedades do material resultante[6,7], observando-se os requisitos decorrentes de sua utilização no mercado, daí a importância em se analisar as variáveis do processo de reciclagem. Uma das aplicações mais comuns e importantes na reciclagem do EVA está na produção de placas de Tatame, mostrado nas figuras 3-a e 3-b, abrangendo o uso como piso protetor para amortecimento de choques em locais para prática de esportes, salas de ginástica ou artes marciais, academias em geral, escolas, playgrounds, spas, entre outros.

De acordo com a espessura e a densidade da peça se tem maior ou menor absorção de impactos em conjunto com o Efeito Memória[13,14], ou seja, o material retorna rapidamente ao seu formato original após ser pressionado, sem ondulações na superficie, proporcionando conforto ao contato com a pele e melhor aderência, protegendo o usuário de derrapagens e escorregões para um melhor desempenho das atividades com maior segurança.

Figura 3: Aplicação do EVA expandido: placas de tatame.

Durante a produção é na etapa da prensagem que ocorre o processo de reticulação e expansão do E.V.A.[11], quando as placas são introduzidas nas prensas em seus platôs para o processo de vulcanização[23]. As principais características das placas, como as dimensões e as propriedades de dureza e densidade, são controladas nesta fase do processo[29]. A reticulação é considerada como um passo crítico durante o processamento de espumas, pois os peróxidos podem gerar reações químicas indesejáveis ocasionando degradações, ciclizações, recombinações, etc.

Figura 4: Processamento de placas de EVA expandido: (a) Prensagem, e (b) remoção de placas

Produzido desde a década de 50, o EVA (copolímero de Etileno e Acetato de Vinila), como já comentado anteriormente, encontra grande aplicação como matéria-prima junto à industria, sendo utilizado na forma expandida devido ao grande interesse nas vantagens obtidas como redução de custo e as características de maciez, flexibilidade e baixo peso, levando a uma maior versatilidade em projetos [2]. O processo de expansão é provocado pela ação de um gás que diminui a densidade do material pela formação de microcélulas internas [1-3].

Materiais e Metodologia

Utilizou-se resíduo industrial de EVA (EVAri) na forma de lâminas e placas (Figura 5-a) coletadas junto a empresas da região. Estas foram aglutinadas (Figura 5-b) e posteriormente adicionadas como carga na proporção de 10 PCR ao material virgem e os aditivos (Figura 6-a). A mistura foi então processada em uma calandra para melhor homogeneização (Figura 6-b) e após foi submetida a uma prensagem térmica em matriz, permanecendo a uma temperatura de aproximadamente 200° C por 12 minutos (Figura 7-a), dando origem a amostras (Figura 7-b) com reciclado na proporção de 10 pcr e com teores de reticulante de 0,4, 0,9 e 1,2 pcr. As amostras foram caracterizadas pelos ensaios de densidade aparente, dureza na escala Shore OO, Compression set e de Compressão (norma ASTMD 412-06 com 50% de deformação).

Figura 5: Resíduos industriais de EVA (a) in natura e (b) aglutinado.

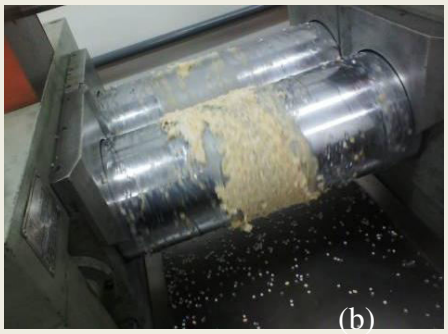

Figura 6: EVA virgem e aditivos (a) e processamento por Calandragem (b).

Figura 7: Processamento (a) prensa com aquecimento e (b) Placa EVA reciclada.

A matriz foi produzida em aço VC 131 sendo a tampa de fechamento em aço SAE 1020.

Figura 8: Matriz e placa obtida.

Resultados e Discussão

Na Figura 9 são apresentados os resultados da densidade das placas expandidas de EVA com 10pcr de EVAri antes e após o ensaio mecânico de Compression set, onde é possível visualizar um aumento desta propriedade após o ensaio mecânico; resultado esperado, pela compactação exercida, diminuindo o volume livre das células. Observa-se também que o aumento do teor do agente reticulante influenciou no aumento da densidade, resultado também esperado.

Já na Figura 10 são apresentados os resultados do ensaio de compression set das placas onde é observado que o aumento do teor do agente reticulante influi no decréscimo da deformação permanente.

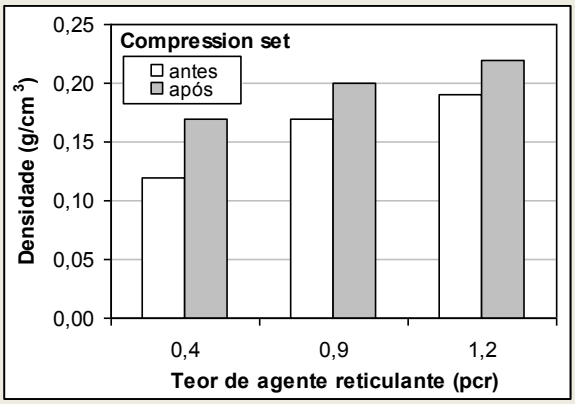

Figura 9: Densidade aparente das placas antes e após ensaio de Compression set 72 horas à temperatura ambiente (25°C)

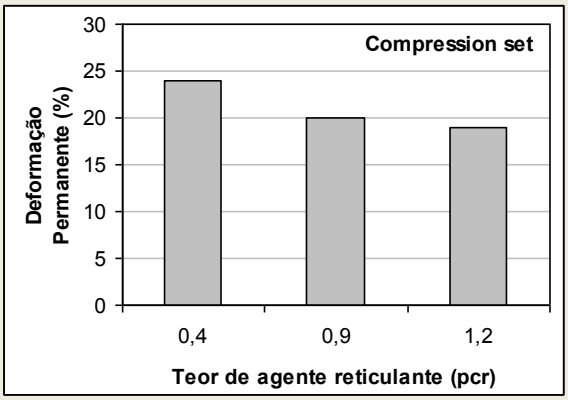

Figura 10: % de Deformação Permanente das placas.

Figura 11: Ensaio Compression Set.

Na Figura 12 são apresentados os resultados do ensaio de compressão com deformação máxima de 50%, onde é possível visualizar que o aumento do teor do agente reticulante também influenciou no aumento da resistência a compressão, isto devido ao fato da amostra apresentar maior densidade.

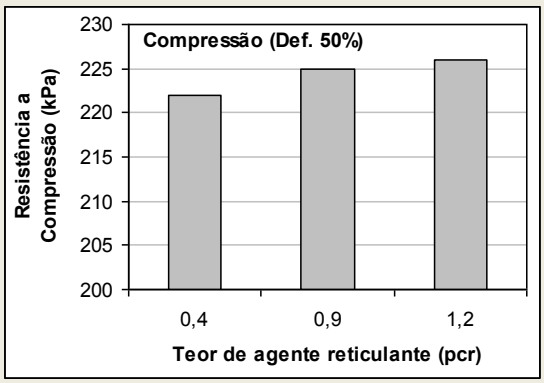

Figura 12: Resultados do ensaio de resistência à compressão com 50% de deformação.

Conclusões

Com base nos resultados apresentados neste trabalho, conclui-se que o aumento do teor do agente reticulante influi de forma significativa nas propriedades físicas e no desempenho mecânico das placas expandidas de EVA com 10 pcr de EVAri. As placas com menor teor de reticulante apresentaram baixa resistência a compressão e menor densidade mas por outro lado maior deformação permanente. Portanto, o controle do teor de reticulante é um recurso importante no processamento de EVA expandido objetivando o aperfeiçoamento de características do material que venham satisfazer às exigências do mercado em aplicações específicas. Entretanto, este recurso assume importância ainda maior quando se confirma a sua eficácia na reciclagem deste material, trazendo novas perspectivas para o reaproveitamento de resíduos e atendendo a um propósito maior, que é a preservação do meio ambiente. Apesar da crescente utilização das espumas de EVA não são muitos os trabalhos encontrados na literatura técnica tratando do processamento deste material.

É prevista a continuação do trabalho objetivando a variação dos teores de reticulante em diferentes quantidades de reciclado e com uso de outros tipos de EVA.

Agradecimentos:

Á Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), ao Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS) e à Beplast – Cores e Efeitos em Polímeros.

Referências bibliográficas

1-Mano, Eloísa Biasotto; Mendes, Luís Cláudio. *Introdução a polímeros*. 2ed. São Paulo: Editora Edgar Blücher, 2004.191p.

2-Sakai, Renato H. *Placas expandidas em EVA para indústria calçadista*. Tecnicouro. Novo Hamburgo: V. 13 n. 6, p. 39-42, ago/set. 1991.

3-J. B. Azevedo1; M. A. Chávez1; R. A. C. Junior1; R. G. P. Oliveira1; M. S. Rabello2*Propriedades físicas e mecânicas de espumas de EVA/EPDM,*Revista Eletrônica de Materiais e Processos, v.4.1 (2009)38-44, ISSN 1809-8797*.

4-Canevarolo Jr, Sebastião V. *Ciência dos polímeros : um texto básico para tecnólogos e engenheiros*. São Paulo: Artliber, 2002. 183p.

5-Callister Jr, Willian D. *Ciência e engenharia de materiais: uma introdução*. 5.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002. 589p.

6-Gruenwald,Geza. *Plastics: How structure determines properties*. Munich, Vienna, New York, Barcelona. Hanser , 1992. 357p.

7-Michaeli, Walter; GREIF, Helmut; KAUFMANN, Hans; VOSSEBÜRGER, Franz-Josef. *Tecnologia dos plásticos*. São Paulo: Editora Edgard Blücher,1995.205p.

8-Costa, Helson M; VISCONTE, Leila L. Y; NUNES, Regina C.R; Aspectos históricos da vulcanização. *Polímeros: ciência e tecnologia,* V. 13 n. 2, p. 125-129, 2003.

9. Rabello, M. S. – *Aditivação de polímeros*, Artliber Editora, São Paulo (2000).

10. Klempner, D. & Frisch, K. C. – *Handbook of polymeric foams*, Hanser, Munich (1991).

11. Alemany, F. J. S. – *Estúdio de los procesos de reticulado, espumado y decomposición y descomposición térmica de formulaciones industriales de copolímeros de EVA y PE: métodos cinéticos*, Tese de Doutorado, Universidade de Alicante (2002).

12. Youssef, H. A.; Senna, M. M. & Eyssa, H. M. - J. *Polymers. Researchs*., 14, p.351 (2007).

13. Mahapatro, A.; Mills, N. J. & Sims, G. L. A. - *Cell. Polymers*, 17, p.252 (1998).

14. Sipaut, C. S.; Sims, G. L. A. & Ariff, Z. M. - *Cell. Polymers*, 27, p.11 (2008).

15. Peters, R.; van Duin, M.; Tonoli, D.; Kwakkenbos, G.; Mengerink, Y.; van Benthem, K.; Schoenmakers, P. J. & van der Wal, S. J. - J. *Chromatography*, 1201, p.151 (2008).

16. Rai, I. & Khastgir, D. - *Plastics Rubber Composites Process Applied*, 22, p.305 (1994).

17. Blow, C. M. & Hepburn, C. – *Rubber techonology and manufacture*, Butterworths, London (1982).

18. Munteanu, D. in: *Plastics Additives Handbook*, Zweifel H. (ed.), Munich, Hanser (2001).

19. Mukherjee, A. K.; Gupta, B. D. & Sharma, P. K. - JMS - *Rev. Macromol. Chem. Phys*., C26, p.415 (1986).

20. Hofmann, W. – *Rubber Technology Handbook*, Hanser, Munich (1989).

21. Liu, C. P. & Lin, J. H. - J. *Appl. Polym. Sci*, 106, p.897 (2007).

22. Shyichuk, A. V. & Tokaryk, G. - *Polimery*, 47, p.548 (2000).

23. De Paoli, M. A. – *Degradação e estabilização de polímeros*, Artliber, São Paulo (2009).

24. Acharya, H.; Kuila, T.; Srisvastava, S. K. & Bhowmick, A. K. - *Polym. Comp*., 29, p.443 (2008).

25. Misha, S.; Balakrishnan, S. & Chandra, R. - J. *Appl. Polym. Sci*., 70, p.1929 (1998).

26. Liu, C. & Lin, J. - J. *Appl. Polym. Sci.*, 106, p.897 (2007).

27. Oliveira, M. G. & Soares, B. G. - *Polimeros*, 12, p.11 (2002).

28. Azevedo, J. B.; Alpire, M. C.; Rabello, M. S. & Oliveira R. G. P. – *Rev. Eletr. Mat. Proc*., 4, p.38 (2009).

29. Birley, A.W.; Haworth, B. & Batchelor, J. – *Physics of Plastics,* Hanser, Munich (1992).