



Reciclagem de resíduos de Elastômeros Termoplásticos

Vinicius Oliveira¹, Ruth Marlene Campomanes Santana²

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Sul (vinicius.oliveira85@gmail.com)

² Universidade Federal do Rio Grande do Sul (ruth.santana@ufrgs.br)

Resumo

A maior percepção dos problemas ambientais pela sociedade tem suscitado uma série de inovações tecnológicas, nas quais o foco é o desenvolvimento sustentável. Os elastômeros sofrem uma reação química, a qual forma um grande número de ligações cruzadas intermoleculares resultando em uma rede tridimensional formando uma estrutura reticulada, infusível e insolúvel limitando assim sua capacidade de reciclagem. A demanda por materiais para aplicações especiais como, por exemplo, os elastômeros aliado o desenvolvimento sustentável têm levado ao desenvolvimento de novos materiais entre eles os elastômeros termoplásticos (TPEs). Os TPEs apresentam propriedades do elastômero curado convencionalmente, porém com a facilidade de processamento de termoplásticos, também possuem um fácil reprocessamento permitindo assim a reciclagem e o reaproveitamento de rebarbas e sobras do processo. Contudo, muitas vezes não é possível a substituição direta dos elastômeros convencionais por TPEs, sendo necessárias adequações no projeto para que a peça ou produto possa atender as solicitações exigidas em sua aplicação.

Palavras-chave: Desenvolvimento sustentável, Elastômeros termoplásticos, Reciclagem.

Área Temática: Tecnologias Limpas.

Abstract

The greater perception of the environmental problems by society has raised a number of technological innovations, in which the focus is sustainable development. The elastomers suffer a chemical reaction which forms a large number of intermolecular cross-links resulting in a three-dimensional network forming a structure crosslinked, infusible and insoluble thus limiting their recyclability. The demand for materials for special applications as, for example, elastomers, combined with sustainable development has led to the development of new materials including the thermoplastic elastomers (TPEs). The TPEs exhibit properties of the elastomer cured conventionally, but with the processing ease of thermoplastics, also have an easy reprocessing allowing the recycling and reuse of burrs and leftovers of the process. However, often it is not possible the replacement direct of conventional elastomers by TPEs, adjustments being needed on project for parts or products for meet the required in your application.

Key words: Sustainable development, Thermoplastic elastomers, Recycling.

Theme Area: Clean Technology.



1 Introdução

A maior percepção dos problemas ambientais pela sociedade tem suscitado uma série de inovações tecnológicas, nas quais o foco é o desenvolvimento sustentável. Segundo a Brundtland Commission desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento que atende as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações de atender suas próprias necessidades (BRUNDTLAND COMMISSION, 1987).

A demanda por materiais para aplicações especiais como, por exemplo, os elastômeros, aliado o desenvolvimento sustentável tem levado ao desenvolvimento de novos materiais entre eles os elastômeros termoplásticos (TPEs).

Os TPEs surgiram na década de 50, esses materiais apresentam propriedades do elastômero curado convencionalmente, porém com a facilidade de processamento de termoplásticos, podendo ser moldados e reciclados permitindo assim o reaproveitamento de rebarbas e sobras do processo. Ainda, os TPEs geram peças mais leves, com tempos de ciclo de produção muito mais rápidos, ao serem processados pelos equipamentos dos termoplásticos tradicionais, ao contrário dos elastômeros, os quais são submetidos a um processo de cura (NICOLINI, 2007).

Por uma variada gama de razões, técnicas e ambientais alguns segmentos da indústria da borracha estão descontinuando a utilização de elastômeros termofixos, que apresentam limitações na sua capacidade de reciclagem, entres esses segmentos estão à indústria automotiva e calçadista. Dessa forma a taxa anual de crescimento do mercado de elastômeros termoplásticos é de 5-6%, enquanto que dos elastômeros termofixos, é de 2- 3%. (GHELLER, 2011).

2 Problemática

O consumo mundial de elastômeros atingiu 24,4 milhões de toneladas em 2010, 14,8% superior ao de 2009, reflexo da forte recuperação na demanda por veículos e pneus. As indústrias de transporte e automotiva são responsáveis por mais de 60% do consumo total de borracha sintética e natural, dos quais 90% são destinados aos pneumáticos e o restante a peças diversas dos veículos: mangueiras, molduras de portas e janelas, tapetes, buchas antivibratórias etc (INTERNATIONAL RUBBER STUDY GROUP, 2010).

Os elastômeros adquirem suas propriedades elásticas após sofrerem uma reação química (exotérmica), a qual forma um grande número de ligações cruzadas intermoleculares resultando em uma rede tridimensional formando uma estrutura reticulada, infusível e insolúvel não permitindo assim o reaproveitamento de rebarbas e sobras do processo. Assim esses materiais necessitam de técnicas de reprocessamento mais elaboradas dificultando a reciclagem e muitas vezes até inviabilizando a mesma (AKIBA e HASHIM, 1997).

Por essa dificuldade na reciclagem e reaproveitamento das sobras no processo alguns segmentos como o calçadista e o automotivo estão migrando, em algumas aplicações, para os elastômeros termoplásticos que possuem comportamento similar aos elastômeros e um fácil reprocessamento.

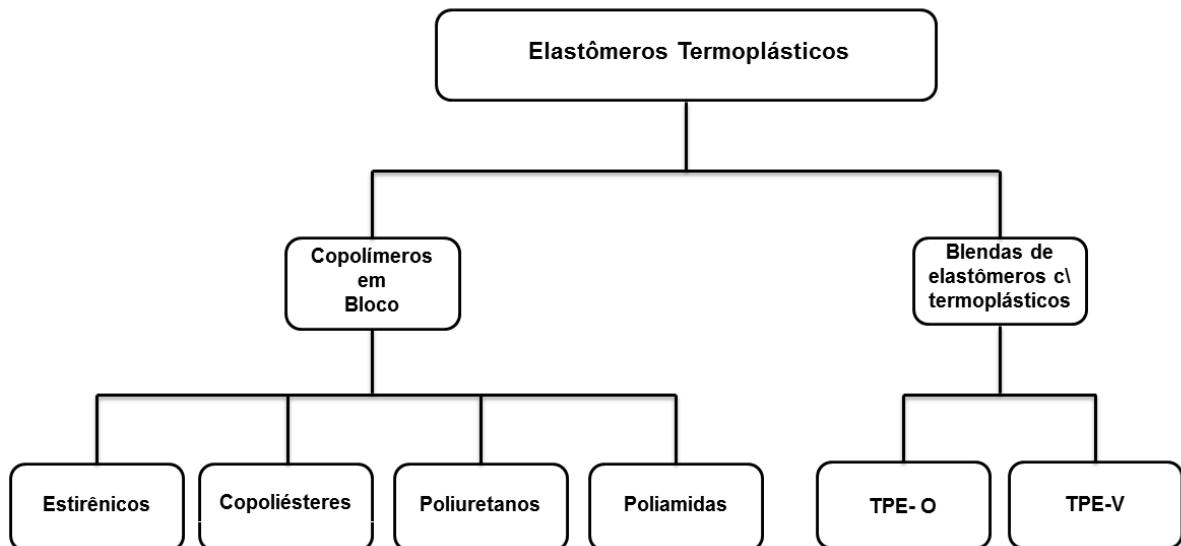


3 Elastomeros Termoplásticos

Os TPEs possuem grandes vantagens sobre as borrachas termofixas entre essas está o fácil e mais rápido processamento, a reciclagem dos rejeitos e menores custos de energia para seu processamento. Os TPEs são moldados ou extrudados em equipamentos comuns de processamento de plásticos, que têm ciclos consideravelmente menores do que aqueles utilizados para a moldagem por compressão ou transferência de borrachas convencionais (TROMBETTA, 2007).

Os TPEs subdividem-se em três categorias: copolímeros em bloco, as blendas elastômeros/termoplásticos (TPE-O) e elastômeros termoplásticos vulcanizados (TPE-Vs) (SCHNEIDER, 2004). A Figura 1 apresenta a classificação dos elastômeros termoplásticos comerciais (DICK, 2001).

Figura 1 – Classificação dos Elastômeros Termoplásticos Comerciais.



Fonte: adaptado de (Dick, 2001)

Os copolímeros em bloco são polímeros que contém dois ou mais monômeros dispostos em blocos. A formação de uma estrutura de copolímeros em bloco, que se alternam em segmentos de cadeia flexível, que conferem as características elásticas, com segmento de cadeias rígidas os quais se agrupam em domínios que, a temperatura ambiente, apresenta grande rigidez e coesão, o que dificulta o deslizamento dessas cadeias pela ação de um esforço aplicado. Esses perdem sua coesão ao elevar a temperatura acima da Temperatura de transição vítreo ou temperatura de fusão na qual o material funde e é capaz de fluir podendo ser conformado (ROCHA, LOVISON e PIEROZAN, 2007):

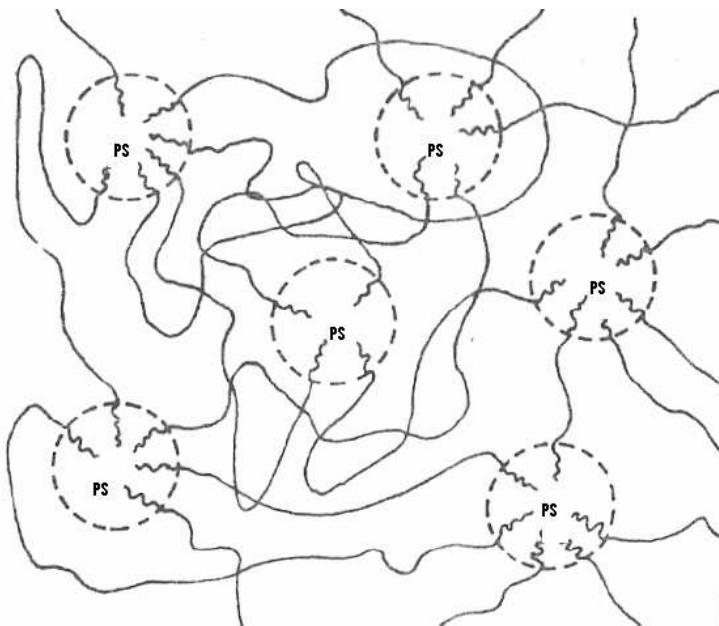
A Figura 2 apresenta, de forma esquemática, a estrutura de um elastômero termoplástico do tipo copolímero em bloco (SILVA, 2007).



3º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 25 a 27 de Abril de 2012

Figura 2 - Representação esquemática dos domínios de poliestireno na estrutura do copolímero tribloco estireno-butadieno-estireno.



Fonte: (SILVA, 2007)

Os TPEs do tipo copolímero em bloco são citados a seguir (ROCHA, LOVISON e PIEROZAN, 2007):

Estirênicos: Esses elastômeros termoplásticos são constituídos de blocos de poliestireno (fase rígida) unidos por segmentos de cadeia flexíveis, que podem ser de polibutadieno, de polisopreno, de polietileno-buteno.

Copoliésteres: Estes TPEs são constituídos por uma estrutura alternada de segmentos flexíveis, amorfos e facilmente deformáveis, a base de politereftalatos de dióis de cadeias longas, e segmentos rígidos e cristalinos a base de poliésteres de dióis de cadeia curta.

Poliuretanos: Os TPEs poliuretanos são constituídos de sequências alternadas de poliésteres ou poliéteres, amorfos e flexíveis, com segmentos rígidos de alta densidade de grupos uretanos, produzidos por reação de um diisocianato com um glicol de cadeia curta.

Poliamidas: Construídos de segmentos de poliéteres de cadeia longa, a parte flexível da cadeia, e os segmentos rígidos são de poliamida 6 ou poliamida 12.

Os elastômeros termoplásticos oleofínicos (TPE-O) são constituídos na grande maioria de elastômeros e termoplásticos oleofínicos. Exemplo comum de TPE-O é a blenda formada pela mistura polipropileno (PP) e etileno-propileno-dieno (EPDM), na qual a borracha EPDM esta dispersa em uma matriz continua de PP. Frequentemente o EPDM é utilizado para melhorar as propriedades de impacto do PP. Além das Blendas de PP\EPDM existem a possibilidade da utilização de termoplástico como, por exemplo, o polipropileno e polietileno. Já entre as borrachas destacam-se etileno-propileno (EPR) e o EPDM. Contudo essas blendas não conseguem substituir os elastômeros convencionais em algumas aplicações, pois não possuem resistência à compressão a elevada temperatura ou sob deformação prolongada.



3º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 25 a 27 de Abril de 2012

Outra desvantagem é que esses possuem um alto grau de inchamento quando exposta a óleos automotivos (NICOLINI, 2007).

Ainda existem uma terceira classes de TPEs conhecidos como elastômeros termoplásticos vulcanizados, os quais apresentam uma menor deformação permanente por compressão, maior resistência a óleos e a fadiga, melhores propriedade mecânicas e maior semelhança com o desempenho de elastômeros curados convencionalmente. Os TPE-Vs apresentam essas propriedades em função desses serem obtidos através da vulcanização dinâmica, processo no qual a borracha, componente em maior proporção, é reticulada na presença de uma matriz termoplástica fundida. Entre o exemplos dessas blandas estão o PP com EPDM e PVC com NBR ambas utilizando peróxidos como agente de reticulação (NICOLINI, 2007).

4 Repensar, Reduzir, Reutilizar, Reciclar

Entre os fatores determinantes para qualidade e o sucesso de um produto estão o Design e Seleção de materiais. Visando atender as exigências dos consumidores, os quais demonstram uma crescente preocupação com as questões ambientais, como também as legislações cada vez mais restritivas as empresas vêm desenvolvendo programas de prevenção e redução de impacto ambiental (VENZKE, 2002).

Entre as técnicas utilizadas para redução do impacto ambiental gerado pelos processos e produtos desenvolveram-se algumas técnicas. As primeiras técnicas utilizadas apenas diluíam os fatores poluentes, essas evoluíram para as chamadas “fim de tubo”, onde o controle e prevenção da poluição ambiental são realizados somente no final do processo produtivo. Nos últimos anos o enfoque tem sido dado às técnicas que atuam durante o processo produtivo, como a utilização da produção mais limpa. Além desta existe uma nova forma de prevenção dos impactos ambientais, a qual consiste em analisar o todo, desde extração da matéria prima, até o seu destino final após uso, ou seja, reutilização ou reciclagem (VENZKE, 2002).

É neste ambiente, profundamente influenciado por novos padrões de sustentabilidade ambiental que começam a ocorrer à introdução de novos materiais em aplicações onde se utilizava somente elastômeros convencionais.

O segmento automotivo vem substituindo, em algumas aplicações, borrachas convencionais por elastômeros termoplásticos. Como exemplo, algumas vedações de automóveis anteriormente em elastômero convencionais passaram a serem produzidos em TPEs. A Figura 3 ilustra a presença de TPE em automóveis (GHELLER, 2011).

Figura 3 – Presença de elastômeros termoplásticos em automóveis



Fonte: (GHELLER, 2011)



3º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 25 a 27 de Abril de 2012

Contudo muitas vezes não é possível a substituição direta de um material sendo necessárias adequações no projeto para que o peça, ou produto, possa atender as solicitações. Dessa forma utiliza-se do design para reduzir, ou seja, replanejar o produto pela parte do projeto, para a utilização de materiais que tenham menor impacto ambiental (VELHO, 2007).

A vida após o uso de peças e produtos de TPEs apresentam vantagens relação a borracha termofixas em função de sua reciclagem. Muitas das aplicações dos elastômeros termoplásticos são peças técnicas, as quais são substituídas após essas falharem impossibilitando o reuso dessas peças. Por essa razão na grande maioria essas são encaminhadas diretamente para o processo de reciclagem mecânica por esse possuírem comportamento similar aos termoplásticos “commodities”.

A separação por métodos convencionais como, por exemplo, densidade e dureza são dificultadas em função desses materiais possuírem cargas e aditivos. Sendo assim a origem dos resíduos pós-consumos deve ser conhecida evitando problemas durante o processo e no produto final em função da contaminação por outros polímeros.

Apesar de a reciclagem mecânica predominar para os TPEs nada impede á reciclagem desses polímeros por meio de reciclagem energética ou química.

A reciclagem química consiste na despolimerização dos materiais plásticos de embalagem, a recuperação e purificação dos monômeros originais, podendo, então, serem novamente polimerizados para a fabricação de novas embalagens plásticas primárias, ou de outros materiais. A reciclagem química ocorre através de processos de despolimerização por solvólise (hidrólise, alcoólise, amilose), ou por métodos térmicos (pirólise, gaseificação e hidrogenação) ou ainda método s térmicos/catalíticos (pirolise e a utilização de catalisadores seletivos) (SPINACE e DE PAOLI, 2005).

Após os polímeros sofrerem muitos reprocessamentos, degradando-se e perdendo suas propriedades, ou quando a reciclagem não é economicamente viável, é possível fazer uso do conteúdo energético através da incineração. O conteúdo de energia dos polímeros é alto e muito maior que de outros materiais. Contudo a incineração dessas matérias pode gerar emissões de dioxinas ou produzir ácidos clorídrico e fluorídrico. Ainda alguns TPEs contém nitrogênio em sua estrutura, os quais liberam NOx como, por exemplo, os copolímeros em bloco de poliamidas e poliuretanos. Além disso, na combustão pode ocorrer a liberação de metais, compostos orgânicos provenientes de tintas, pigmentos, cargas ou estabilizantes presentes nos polímeros (SPINACE e DE PAOLI, 2005).

5 Conclusão

Visando atender as exigências dos consumidores, os quais demonstram uma crescente preocupação com as questões ambientais, como também as legislações cada vez mais restritivas as empresas vêm desenvolvendo programas de prevenção e redução de impacto ambiental. Para isso alguns segmentos vêm realizando substituições dos elastômeros convencionais por elastômeros termoplásticos, os quais possuem um fácil reprocessamento quando comparado com a borracha termofixas.

Contudo muitas vezes não é possível a substituição direta de um material sendo necessárias adequações no projeto para que o peça, ou produto, possa atender as solicitações. Sendo assim torna-se necessária o uso do Design e Seleção de Materiais para a utilização de materiais que possuam um menor impacto ambiental.



3º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 25 a 27 de Abril de 2012

Referências

AKIBA, M.; HASHIM, A.S. **Vulcanization and Crosslinking in Elastomers.** Progress in Polymer Science, Pittsburgh, n. 3, v. 22, p. 475-521, abr. 1997

BRUNDTLAND COMMISSION. **Brundtland report: our Common Future. World Commission on Environment and Development.** ONU, 1987. Disponível em: <<http://www.un-documents.net/ocf-02.htm>>. Acesso em: 07 Jan 2012.

DICK, J. S. **Rubber Tehcnology: Compounding and Testing for Performance.** Munich: Hanser, 2001.

GHELLER, J.J., **Influência da Microestrutura, Sistema de Cura e Aditivos sobre Propriedades dos TPV'S a Base de PP/EPDM.** Dissertação de Mestrado em Ciência dos Materiais. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

HOPPE, D.A., **Proposta de Procedimento de Identificação das Interfaces Críticas entre as Partes Envolvidas com o Ciclo de Vida de um Sistema-Produto Sustentável.** Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

INTERNATIONAL RUBBER STUDY GROUP. **Latest Rubber Statistical Bulletin and Rubber Industry Report now Available from IRSG.** 2010. Acesso em: 07 Jan 2012: <<http://www.rubberstudy.com/news-article.aspx?id=5012&b=default.aspx>>

LINDEN, J. C. S. V. D.; KUNZLER, L. S. Q. **A Seleção de Materiais e o Conforto Percebido em Produtos: investigação da percepção relativa a três materiais utilizados em cadeiras-altas de trabalho.** In:

NICOLINI, A. **Desenvolvimento de elastômeros termoplásticos a partir de PP e EPDM.** Dissertação de Mestrado em Química. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

SCHNEIDER, L. K. A. **Desenvolvimento de Elastômeros Termoplásticos a Partir de SBR Epoxidada e Polipropileno.** Dissertação de Mestrado em Química. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004

SILVA, P. A., **Nanocompósitos de Borrachas Termoplásticas do Tipo Poli(estireno-b-butadieno-b-estireno) – SBS e Poli(estireno-butadieno) – SSBR.** Dissertação de Mestrado em Química. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

TROMBETTA, F. **Elastômeros Termoplásticos.** Dossiê Técnico. Serviço Brasileiro de Resposta Técnicas, 2007. Disponível em: <<http://www.respostatecnica.org.br/acessoDT/156>>. Acesso em: 07 Jan 2012.

VELHO, S.R.K, **Reciclagem de Calçados: Atualidades e Oportunidades.** Vol. 1, Nº 226 Revista Tecnicouro, Junho2007.



3º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 25 a 27 de Abril de 2012

VENZKE, C. S. A Situação do Ecodesign em Empresas Moveleiras da Região de Bento Gonçalves, RS: Análise da Postura e das Práticas Ambientais. Dissertação de Mestrado em Administração. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

FORLIN, F. J.; FARIA, J. A. F. Considerações Sobre a Reciclagem de Embalagens Plásticas. Polímeros [online]. 2002, vol.12, n.1, pp. 1-10.

SPINACE, M. A. S.; DE PAOLI, M. A. **A tecnologia da reciclagem de polímeros.** Quím. Nova [online]. 2005, vol.28, n.1, pp. 65-72.

ROCHA. E. C.; LOVISON, V. M. H. P.; PIEROZAN, N. J. **Tecnologia de transformação dos elastômeros.** 2. ed. São Leopoldo: Centro Tecnológico de Polímeros SENAI CETEPO, 2007