

FORMAÇÃO DE COMPÓSITOS POLIMÉRICOS COM EVA RECICLADO

Alan Oliveira Goulart ⁽¹⁾

Aluno de graduação do curso de Engenharia Química da Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC). Laboratório de Polímeros (LAPOS). email: alogoulart@gmail.com

Celso Carlino Maria Fornari Jr. ⁽²⁾

Orientador. Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC). Laboratório de Polímeros (LAPOS). e-mail: celso@uesc.br

RESUMO

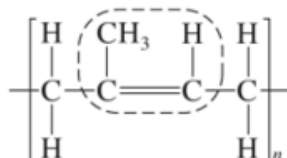
Este projeto de pesquisa busca desenvolver técnicas para o reaproveitamento do EVA (etileno acetato de vinila) descartado durante o processo de fabricação de materiais esportivos, como bolas e calçados. Esse reaproveitamento foi feito a partir da confecção de tapetes de borracha combinando-se diferentes proporções de resíduos de EVA com látex natural, levando-se em conta as características morfológicas do etileno acetato de vinila e a concentração de látex. Ensaio mecânicos foram realizados para estudar a eficiência do composto e suas propriedades físicas comparado com o EVA original e com a borracha natural, visando a aplicação deste material na indústria.

PALAVRAS-CHAVE: EVA, compósitos, látex natural.

INTRODUÇÃO

O látex é uma emulsão de cadeias poliméricas presentes em solução aquosa, podendo ser de origem natural ou sintetizado, sendo extraído a partir de secreções produzidas por plantas como a seringueira e a papoula [1]. A borracha natural (BN) proveniente da coagulação do látex tem diversas aplicações, sendo utilizado na fabricação de pneus de aeronaves e automóveis, equipamentos médicos, adesivos, calçados, isolantes etc. A borracha natural é formada principalmente pela *cis-1,4 poli-isopreno*, misturada com pequenas quantias de proteínas, lipídios, sais orgânicos e outros inúmeros componentes. A *cis-1,4 poli-isopreno* é um polímero de cadeia comprida que apresenta a seguinte fórmula estrutural [2]:

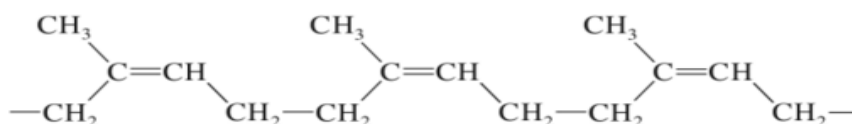
Figura 1 - cis-1,4 poli-isopreno



Fonte: William F. Smith, Javad Hashemi

As cadeias poliméricas da borracha natural são compridas, emaranhadas, enroladas a temperatura ambiente, permanecendo em um estado de agitação contínua. A flexão e o enrolamento das cadeias poliméricas da borracha natural são atribuídos às características do grupo metil e do átomo de hidrogênio do mesmo lado da ligação dupla carbono-carbono. O arranjo das cadeias poliméricas é representado na figura abaixo [2]:

Figura 2 - Cadeias poliméricas de borracha natural



Fonte: William F. Smith, Javad Hashemi

O látex extraído da seringueira apresenta as mesmas características descritas anteriormente, em que uma emulsão de partículas negativamente carregadas de vários tipos estão suspensas em solução. O látex recém-coletado tem pH na faixa de 6,0 a 7,0 e densidade de 0,975 e 0,980g/cm³, com viscosidade variável. Três tipos de partículas predominam: partículas de borracha que constituem 30 a 45% (em massa) do látex, os lutóides que constituem 10 a 20% e os chamados complexos de Frey-Wyssling (FW) [3]. A composição média do látex natural recém-coletado é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 - Composição do látex da seringueira (*Hevea brasiliensis*).

Composição	% em massa no látex
Borracha	25 – 45
Proteínas	1,0 – 1,8
Carboidratos	1,0 – 2,0
Lipídio	0,90 – 1,7
Inorgânicos	0,40 – 0,60
Aminas	0,40 – 0,60
Água	49 – 71

O etileno acetato de vinila ou E.V.A (em inglês) é um material sintético formado a partir de compostos de polietileno e poli-acetato de vinila. O EVA é um material que possui uma flexibilidade e resistência a impactos maior em comparação a outros materiais com propriedades semelhantes, como o polietileno de baixa densidade (PEBD) [4]. O EVA é amplamente empregado nas indústrias calçadista e de materiais esportivos na forma de placas expandidas, sendo estas recordadas e utilizadas na estampagem e revestimento de solados de calçados e confecção de gomos para bolas esportivas. Durante a confecção de calçados, o EVA é combinado com diferentes componentes poliméricos e pigmento, fazendo com que o restante do material seja tratado como resíduo. O mesmo ocorre na fabricação de bolas esportivas, onde o etileno acetato de vinila é misturado com outros materiais para propiciar um acabamento de maior qualidade e resistência, além da aderência necessária para esse tipo de produto. Em ambos os casos, Os rejeitos de EVA são recolhidos e transportados para locais de destinação final dentro das fábricas e então, é realizado o transporte para locais de incineração do material, processo que libera quantidades significativas de gases tóxicos, como o monóxido de carbono.

O EVA descartado ainda possui características físicas que permitem que esse material possa ser empregado em outros setores da indústria, ou até mesmo no setor onde ele é tratado como resíduo. O reaproveitamento desses rejeitos é impulsionado pela necessidade do mercado em refletir a preocupação com a questão ambiental, sendo os resíduos de EVA um material com grande potencial de reaproveitamento. Uma maneira para a reutilização desse material envolve fabricação de compósitos que combinam os resíduos de EVA com látex, um polímero natural de baixo custo, produzido naturalmente por plantas como a papoula e a seringueira [5]. A combinação desses materiais poderia tornar o processo de reutilização do EVA mais eficiente em termos de custo e de energia, podendo ser aplicado diretamente na indústria.

Procurando uma forma eficaz de reaproveitar esses resíduos, o desenvolvimento de estudos para reciclagem do EVA descartado nas indústrias de calçados e fabricas de materiais esportivos permitiria um aproveitamento maior do material antes que este seja descartado definitivamente. Com este propósito, este projeto tem como objetivo desenvolver técnicas para o aproveitamento dos rejeitos de etileno acetato de vinila, originado durante o processo de fabricação de bolas e calçado, através de compósitos de borracha natural mais EVA, determinando-se as propriedades físicas do material a partir de ensaios mecânicos para comprovar a eficiência do composto reciclado para emprego na indústria.

OBJETIVO

Este projeto busca desenvolver técnicas para reutilização dos resíduos de EVA, obtidos, gerado durante a produção de bolas de futebol e outros esportes. Para isso, o EVA descartado será combinado com látex natural de concentração determinada para formar um composto em formato de tapetes de borracha, para verificar a viabilidade da reciclagem dos resíduos de EVA.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

• MATERIAIS

O resíduo de EVA utilizado nesse trabalho foi destinado pela empresa Penalty, localizada no município de Itabuna, Bahia. Esses resíduos foram caracterizados de acordo com sua coloração, sendo estes separados em três cores de EVA : branco, cinza e preto. Os teores de acetato de vinila não foram fornecidos pela empresa.

Figura 3 - Resíduos de EVA destinados pela Penalty.



O látex para obtenção da borracha natural utilizado no compósito foi obtido em fazendas, localizadas entre os municípios de Itabuna e Ilhéus, sendo este extraído da *Hevea brasiliensis* ou seringueira, apresentando concentrações entre 53 e 54% de borracha, misturada em solução contendo água e amônia. Também foi utilizado ácido acético na forma de vinagre para coagulação rápida de látex, já que a emulsão é perturbada sendo o pH do meio inferior a 5,0, fazendo com que o látex natural coagule rapidamente.

• MÉTODOS

MOAGEM DOS RESÍDUOS

Os resíduos de EVA foram moídos utilizando-se um micro moinho tipo Willey, pertencente a Universidade Estadual de Santa Cruz, localizado no Laboratório de Polímeros (LAPOS). Antes da moagem, o material foi cortando em pedaços menores para que facilitar a operação do moinho. O procedimento então foi realizado em duas etapas: A primeira foi a trituração do resíduo bruto, utilizando uma peneira de 3,0 mm de abertura localizada no interior do equipamento. A segunda etapa foi o refino do material moído para obtenção de partículas de EVA com menores granulometria. Para esse estudo, foi utilizado somente o EVA de cor preta, devido ao longo tempo necessário para a moagem desse resíduo.

Figura 4 - Micro moinho de facas tipo Willey (LAPOS)



DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE

A determinação da densidade dos resíduos de EVA foi realizada como critério de comparação entre o material original e o compósito de EVA e látex. Para isso, utilizou-se um picnômetro de 50,00 mL, previamente calibrado a partir de água destilada. O procedimento foi realizado utilizando-se uma balança eletrônica com uma precisão de quatro dígitos, onde o picnômetro foi pesado vazio e em seguida com água destilada. Com os valores anotados, o picnômetro foi novamente pesado vazio e em adicionou-se os resíduos de EVA com água destilada, onde foi realizado a determinação da massa do conjunto determinando-se assim o volume e a massa dos rejeitos de EVA de cor preta. O mesmo procedimento foi realizado para determina a densidade dos compósitos de etileno acetato de vinila e borracha natural, assim como a densidade do material moído.

CONCENTRAÇÃO DE LÁTEX

Para determinar a concentração do látex utilizado nesse trabalho, inicialmente foi colocado cerca de 50,00g de látex natural em três placas metálicas utilizando-se uma balança semi-analítica, cuja tara era o peso da placa metálica. Após a medição, foi realizada a coagulação e a secagem do látex em um forno, com temperatura de 95 °C para evitar a rápida

evaporação de água e o surgimento de bolhas. As placas permaneceram durante 7 horas no forno. Sabendo a massa inicial de borracha natural em cada uma das placas, as amostras foram retiradas do forno e realizou-se novamente a pesagem de cada uma delas.

CONFECÇÃO DO COMPÓSITO

Para confecção dos compósitos, os resíduos de EVA moídos foram separados em cinco peneiras, onde foram classificados de acordo com sua granulometria. Essas peneiras possuíam aberturas de 15 mesh, 18 mesh, 32 mesh, 35 mesh e 48 mesh. Após a classificação dos resíduos, o EVA foi misturado ao látex previamente diluído, tendo concentração de 40,00% (m/m). A massa de etileno acetato de vinila moído utilizada nesse estudo foi de 35,00g para todas as granulometrias, sendo a massa de látex determinada a partir da proporção de EVA adicionada, sendo esta igual à 25%, ou seja, para cada 100,00g de material, foi adicionado 25,00g de látex. Um corante a base de água foi adicionado a mistura para dar uniformizar a cor da mistura.

Figura 5 - Mistura de EVA e látex para confecção dos tapetes de borracha.



Após a mistura, o material foi colocado em uma chapa metálica com dimensões 196 x 147 x 3,75 mm, onde foram compactados, adicionando-se em seguida ácido acético para acelerar o processo de coagulação da borracha natural. Em seguida, o composto foi levado á uma prensa hidráulica com aquecimento, modelo SL 11, onde foi a placa foi submetida a uma pressão de 2,5 toneladas durante 15 minutos, para que as partículas do EVA fossem espalhadas uniformemente pela chapa metálica. Este processo foi realizado também para a coagulação do látex no interior da mistura. Após a prensagem, o material foi levado ao forno para secagem da água e cura do material.

Figura 6 - prensa hidráulica com aquecimento, modelo SL 11.



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os compósitos foram confeccionados para todas as granulometrias previamente estabelecidas e encontram-se nas figuras abaixo. A partir de análises no microscópio, pôde-se avaliar a distribuição de látex no compósito, para verificar se houve ou não uma boa mistura entre a borracha natural e o EVA em todas as granulometrias estudadas (figura 7 e 8).

Figura 7- Tapetes confeccionados a partir de EVA e látex, utilizando-se granulometrias de 15, 18, 32, 35 e 48 mesh, respectivamente.

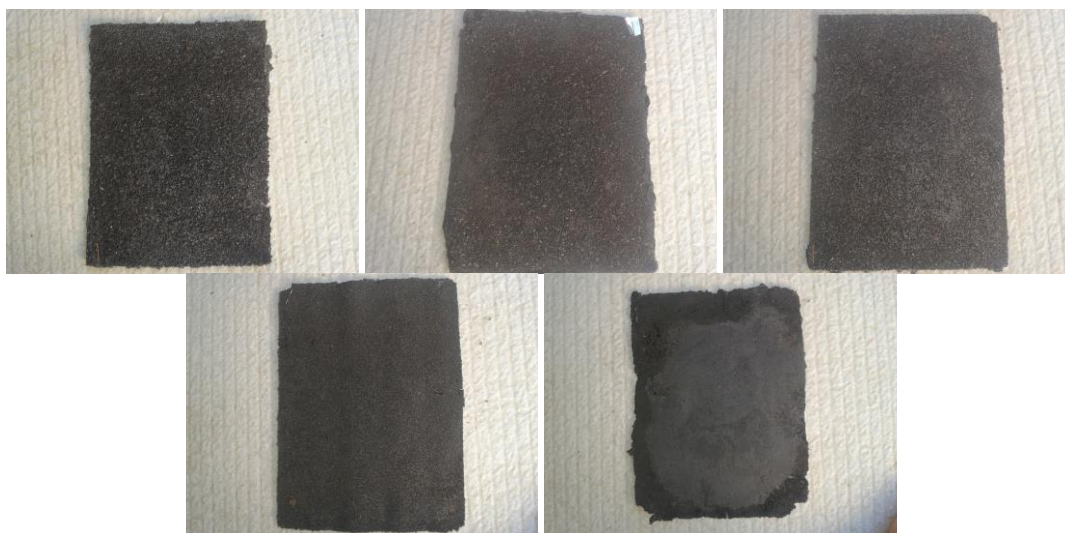
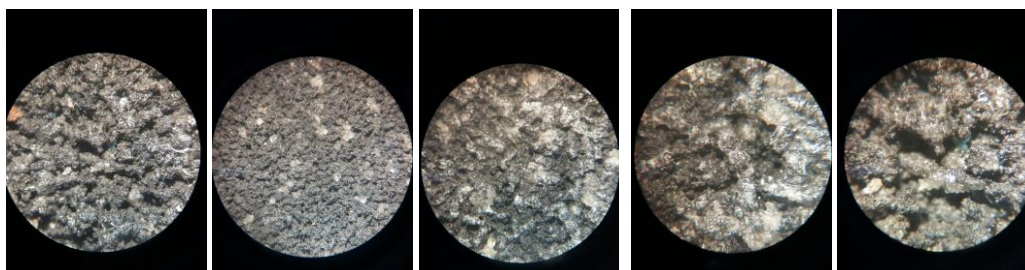


Figura 8 - Imagens obtidas em com microscópio para as granulometrias de 15, 18, 32, 35 e 48 mesh, respectivamente.



Observou-se a granulometria com 18 mesh obteve uma distribuição mais homogênea quando foi feita a análise da distribuição de látex no composto, além da placa apresentar poucas falhas em sua estrutura. Para outras granulometrias era esperado que o látex tivesse melhor distribuição em tamanhos de grãos menores, mais devido a adsorção de água por parte do EVA fez com que o látex coagulasse rapidamente, deixando o material pouco uniforme. Com base nesses resultados, estudos futuros serão realizados, levando em conta a adsorção de água por parte do EVA, indicando que compósitos futuros de borracha natural e etileno acetato de vinila devem conter uma quantidade maior de látex, em relação a granulometria do elastômero.

A densidade do material foi determinada, já que uma das principais características do EVA é sua maior resistência a impacto e baixo valor de elasticidade e baixo custo. Podemos verificar a relação do aumento da densidade em função da granulometria, o que sugere que durante a prensagem os compostos que possuem EVA com tamanhos menores do que 32 mesh sofrem maiores compactações. Futuramente, a vulcanização desse material deverá fornecer tapetes de maior densidade e características mais uniformes.

Tabela 2 - Densidade dos resíduos de EVA original e triturado

Material	Densidade (g/cm ³)
Resíduo de EVA	0,1676
Compósito com EVA 15 mesh	0,4938
Compósito com EVA 18 mesh	0,5472
Compósito com EVA 32 mesh	0,5606
Compósito com EVA 35 mesh	0,6273
Compósito com EVA 48 mesh	0,6540

A avaliação do processo de reaproveitamento desses resíduos indicou que para uma reciclagem desses resíduos pode ser feita em escala industrial, utilizando-se granulometrias entre 15 e 20 mesh. Essa afirmação vem do fato que, para obter compósitos com menores granulometrias, o aquecimento das facas do moinho tornam o EVA mais plástico, fazendo com que ele seja vulcanizado com o calor do equipamento, tornado o custo com manutenção um problema constante.

CONCLUSÃO

Após a confecção dos tapetes, conseguiu-se desenvolver uma forma de reaproveitamento dos resíduos de EVA de forma simples e barata, pois o compósito precisaria de um moinho, uma prensa hidráulica e um misturador para ser confeccionado. Outro fator que contribui para a utilização dessa técnica de misturar o etileno acetato de vinila com látex natural, é a facilidade de obtenção do látex, já que este é um produto abundante na região sul da Bahia, encontrado principalmente em fazendas que já extraem o látex que é utilizado em indústrias de fabricação de pneumáticos.

Quanto as características morfológicas, térmicas e mecânicas desse material, deverá ser estudadas nos próximos trabalhos, tendo em vista que esses experimentos foram iniciados no início do ano de 2016. Por hora, foi confirmado que um composto de EVA e látex natural podem ser feito de maneira simples, possuindo boas características externas.

REFERÊNCIAS

- [1] GALIANI, D., P. *Avaliação e caracterização da borracha natural de diferentes clones de seringueira cultivados nos estados de Mato Grosso e Bahia*, 2010. Tese de Doutorado – Pós-Graduação em Química, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
- [2] SMITH, F. W.. HASHEMI, J. *Fundamentos de Engenharia e Ciência dos Materiais*. 5ª edição. AMGH Editora Ltda, 2012. São Paulo.
- [3] J. M. FILHO. *Caracterização dos constituintes do látex e da borracha natural que estimulam a angiogênese*. 2009. – Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Materiais, Universidade Estadual Paulista – UNESP. Presidente Prudente.
- [4] ZATTERA, A. J., BIANCHI O., ZENI, M., FERREIRA, C. A., *Caracterização de Resíduos de Copolímeros de Etileno-Acetato de Vinila – EVA*. Universidade de Caxias do Sul, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- [5] PAULA, L., S. *Utilização de resíduos de EVA como agregado graúdo em concretos*. 2011. Projeto de Graduação. Departamento de Engenharia Estrutural e Construção Civil, Universidade Federal Do Ceará.