



## **DESENVOLVIMENTO DE UM ECO-COMPÓSITO USANDO REJEITOS DE EVA PARA CONSTRUÇÃO DE PLACAS DE DIVISÓRIAS**

### **DEVELOPMENT OF AN ECO-COMPOSITE USING EVA REJECTS FOR CONSTRUCTION OF LIVING PLATES**

*Anderson Henrique Souza Rocha<sup>1</sup>*

*Felipe Reis Rodrigues<sup>2</sup>*

*Gabriel Fernando Nazário<sup>3</sup>*

*Vitor Crescencio da Silva<sup>4</sup>*

*Fernando Parra dos Anjos Lima<sup>5</sup>*

**RESUMO:** Este artigo apresenta uma metodologia para o desenvolvimento e produção de um eco-compósito a base de rejeitos de EVA (Etil Vinil Acetato) descartados pela indústria calçadista, visando a construção de placas de divisórias. Atualmente, uma grande quantidade de resíduos sólidos é descartado no meio ambiente, um desses resíduos é o EVA. O volume crescente de resíduos de EVA descartados compromete o meio ambiente, seja pela geração de resíduos não biodegradáveis ou acúmulo de material não degradável. Desta forma, muitos estudos têm buscado soluções voltadas ao reaproveitamento destes materiais, especialmente na Construção Civil, onde este material pode ser empregado

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Civil, UNITOLEDO, 2016.

<sup>2</sup> Graduando em Engenharia Civil, UNITOLEDO, 2016.

<sup>3</sup> Graduando em Engenharia Civil, UNITOLEDO, 2016.

<sup>4</sup> Graduando em Engenharia Civil, UNITOLEDO, 2016.

<sup>5</sup> Doutro em Engenharia Elétrica, UNESP, 2016.

como agregados na produção de argamassas, entre outras aplicações. Neste trabalho, os rejeitos de EVA são aplicados para construção de placas de divisória. O processo é simples, uma vez moído, os rejeitos são colados e moldados em formato de placas, onde a cola é totalmente feita de material reciclado, neste caso o isopor (poliestireno) dissolvido com tiner etílico. Assim, após a secagem, obtém-se uma placa que é utilizada para construção de divisórias. O EVA moldado desta forma, tem características como dureza, isolante térmico e durabilidade, sem contar a contribuição ambiental e reciclagem de materiais. Assim está é uma solução promissora e eficaz no reaproveitamento de rejeitos de EVA descartados.

**Palavras-chave:** Eco-Compósito; Reciclagem; Placas de Divisória; Eva; Poliestireno

**ABSTRACT:** This paper presents a methodology for the development and production of an eco-composite based on EVA waste (Ethyl Vinyl Acetate) discarded by the footwear industry, aiming at the construction of partition boards. Currently, a large amount solid waste is disposed of in the environment, one of these wastes is EVA. The increasing volume of discarded EVA waste compromises the environment either by generating non-biodegradable wastes or by accumulating non-degradable material. In this way, many studies have sought solutions aimed at the reuse of these materials, especially in Civil Construction, where this material can be used as aggregates in the production of mortars, among other applications. In this work, the EVA tailings are applied for the construction of partition plates. The process is simple, once ground, the tailings are glued and molded in plate format, where the glue is made entirely of recycled material, in this case styrene (polystyrene) dissolved with ethyl ether. Thus, after drying, a plate is obtained which is used for the construction of partitions. The EVA molded in this way, has characteristics such as hardness, thermal insulation and durability, not counting the environmental contribution and recycling of materials. Thus, this is a promising and effective solution for the reuse of discarded EVA waste.

**Keywords:** Eco-Composite; Recycling; Partition Boards; Eve; Polystyrene

## 1. Introdução

A evolução das civilizações bem como a necessidade de criar novos processos de produção aumentando a produção de matérias-primas para abastecer uma população em crescimento, forçou as indústrias a crescerem de forma sistemática. Como consequência, tem-se uma maior necessidade de consumir matérias-primas industriais (minerais, derivados de petróleo, madeira, produtos agrícolas, etc), fontes de energia (combustíveis fósseis, hidrelétrica, nuclear, etc). Assim, o homem tem interferido cada vez mais no meio ambiente (GIANSANTI, 1998).

Tal desenvolvimento tecnológico traz consigo consequências que se refletem prejudicando direta ou indiretamente. Segundo North (1997), “a produção industrial envolve a extração de recursos naturais, a utilização deles na manufatura de produtos industriais, e a disposição de materiais indesejados que não são utilizados no produto final”. A destinação desses materiais indesejados vem tornando-se cada vez mais problemática devido às exigências ambientais.

A reciclagem é uma das três principais iniciativas que estão começando a ser adotadas como meio de reduzir a quantidade de resíduo a ser enviada para a disposição em aterros. As três iniciativas, segundo Maclaren et al., (1997), são a redução na origem, a reutilização e a reciclagem.

Atualmente, em todo o Brasil, e no mundo verifica-se que a demanda por produtos que sejam sustentáveis e cativantes tem aumentado. Isso implica em duas questões, de um lado já notamos positivamente uma tímida transição da sociedade impulsionada pelo consumismo para uma sociedade que respeita e aprecia os aspectos de ecoeficiência e aparência, por outro, o aumento da oferta de produtos no mercado sem uma preocupação mínima com os seus processos fabris, pode nos levar aos mesmos ciclos de produção e consumo que gera desperdício de recursos e degradação ambiental.

Então, uma crescente atenção científica e tecnológica vem sendo dada aos estudos e a utilização de novos materiais, especialmente os ecológicos, nos mais diversos segmentos da indústria (MANZINI, 2008).

Um material ecológico se caracteriza por um impacto ambiental mínimo e um rendimento máximo para a tarefa requerida pelo design. Estes são muito fáceis de

reintroduzir nos ciclos naturais. Os materiais da biosfera reciclam-se na natureza e os da tecnosfera, reciclam-se nos processos elaborados pelo homem. A partir disso se tem algumas classificações de materiais em potencial, são os materiais que sejam renováveis ou com matéria-prima abundante, os com baixa energia incorporada, com alta porcentagem de reciclados, com zero ou baixa emissões de poluentes em sua fabricação, com certificação ambiental ou de procedência e materiais orgânicos.

Resíduos antes tidos como lixo, agora geralmente são destinados a produção de novos materiais. Os materiais compósitos têm se destacado, visto que oferecem atributos físicos–mecânicos não alcançados por outros materiais e são economicamente mais viáveis. A partir disso, observa-se o surgimento de uma nova geração de compósitos ecologicamente corretos, os chamados biocompósitos ou eco-compósitos. Melhor dizendo, eles são formados por fibras naturais e polímeros sintetizados por fontes renováveis com alto potencial para serem novos materiais biodegradáveis, compostáveis ou recicláveis (MANZINI, 2005).

Neste sentido na literatura, podem-se destacar trabalhos que buscam obter novos materiais para construção civil e reduzir o impacto ambiental gerado por este setor, estudos como (ARAÚJO et al., 2011; HERMAIS, 2016; HILLIG, 2006; OHARA, 2011; SPINACÉ, PAOLI, 2005) têm sido feitos utilizando agregados oriundos de resíduos industriais visando uma solução para o problema, tendo como objetivo o reaproveitamento e reciclagem dos rejeitos.

Neste trabalho, o objetivo é o desenvolvimento e produção de um eco-compósito a base de rejeitos de EVA (Etil Vinil Acetato) descartados pela indústria calçadista, visando a construção de placas de divisórias. O EVA (Etileno Acetato de Vinila) é obtido através do processo de copolimerização dos monômeros de acetato de vinila e etileno em um sistema de alta pressão. O EVA é um resíduo que possui baixa massa específica, grande capacidade de se deformar, boas características acústicas e térmicas, é estável, inerte e não suscetível a fungos. Pode-se, a partir dele, desenvolver-se um tipo de material que permita associar as funções de vedação e conforto térmico com a leveza (ARAÚJO et al., 2011; LIMA, 2004). Os EVA's utilizados na indústria de calçados, em geral, possuem teores de

acetato de vinila, variando entre 18% e 28% (ZATTERA, 2005). O EVA é um polímero semicristalino e de fácil reticulação (VARGAS et al., 2005).

Vale destacar, que este a partir deste estudo, tem-se uma possível solução para o problema de reaproveitamento dos rejeitos de EVA's descartados nas indústrias calçadistas, onde a contribuição principal é a sustentabilidade do novo material, e o impacto ambiental.

## **2. Materiais Utilizados na Produção do Eco-Compósito**

Nesta seção apresentam-se os materiais utilizados para produzir o eco-compósito apresentado neste trabalho.

### **2.1 Matéria Prima**

Para uma maior compreensão sobre o eco-compósito que está sendo proposto, aqui apresenta-se uma análise de cada material que compõe o compósito. Como é estudado um material para ser usado em divisórias, é imprescindível que chegue a características de durabilidade, resistência e rigidez, para os resultados serem excelentes.

Neste compósito serão utilizados: Poliestireno (rejeitos de isopor), EVA e Thinner como solvente. Para inicialmente apresenta-se um estudo breve do Poliestireno, buscando a fundo a sua composição e sua criação. Posteriormente foca-se no EVA.

#### **2.1.1 Poliestireno**

O poliestireno, é um sintético feito com o monômero de estireno, um líquido derivado da indústria petroquímica. O poliestireno pode ser rígido ou em espumado, mas geralmente é usado na sua forma sólida, é branca, dura e quebradiça. Levando em consideração seu peso, é uma resina muito barata, sendo bastante usada como uma eficiente barreira contra o oxigênio e vapor de água, tendo um ponto de fusão relativamente baixo. O poliestireno é um dos plásticos mais utilizados no mundo, sendo produzidas milhões de toneladas anualmente. O poliestireno pode ser naturalmente transparente, mas geralmente é colorido com o uso de corantes. Geralmente, é usado como uma embalagem de proteção.

Como polímero termoplástico, o poliestireno permanece em estado sólido à temperatura ambiente, mas derrete quando aquecido à uma temperatura superior 100 ° C, sendo capaz de tornar-se rígido novamente quando resfriado. Este comportamento é explorado para durante o processo de moldagem, uma vez que pode ser convertido em moldes com altos níveis de detalhes. Ele é muito lento para se biodegradar, gerando, portanto, um foco de polêmica, já que muitas vezes seus restos são notados no ambiente ao ar livre, especialmente ao longo das costas e canais de água.

O poliestireno foi descoberto em 1839, por Eduard Simon, um boticário, em Berlim. Segundo a história ele destilou uma substância oleosa, uma resina de uma árvore turca chamada de árvore-do-âmbar, onde um monômero a que deu o nome de estírol. Vários dias depois, Simon descobriu que o estírol havia engrossado, presumivelmente pela oxidação, tornando-se uma geleia, que ele chamou de óxido de estireno. Em 1845, os químicos John Blyth e August Wilhelm von Hofmann, inglês e alemão, respectivamente, provaram que a mesma transformação de estírol ocorria mesmo na ausência de oxigênio. Eles chamaram a substância de "metastyrol". Análises feitas posteriormente mostraram que era quimicamente idêntica ao óxido de estireno. Em 1866, Marcelin Berthelot identificou corretamente que a formação do "metastyrol" era resultado de um processo de polimerização. Cerca de 80 anos mais tarde, percebeu-se que o aquecimento do estírol desencadeia uma reação que produz macromoléculas, seguindo a tese do químico orgânico alemão Hermann Staudinger (1881-1965). Esta descoberta levou à substância que se conhece hoje por poliestireno.

O poliestireno é resultado da ligação entre os monómeros de estireno. Na polimerização, a ligação carbono-carbono pi (do grupo de vinilo) é quebrada e uma nova ligação carbono-carbono simples é formada, anexando um outro monômero de estireno para a cadeia. Essa nova ligação é muito mais forte do que a ligação que anterior, tornando mais difícil de despolimerizar poliestireno. Geralmente, são necessários alguns milhares de monómeros para uma cadeia de poliestireno, que lhe dá um peso molecular de 100,000 a 400,000, e uma densidade de 1050 kg/m<sup>3</sup>.

O poliestireno é, quimicamente, muito inerte, resistente à substâncias ácidas e básicas. Devido à sua resistência e à inércia, é utilizado para a fabricação de muitos objetos

do comércio. É atacada por muitos solventes orgânicos, os quais se dissolvem o polímero. Um dos problemas do isopor é sua composição: 95% de ar e 5% de plástico. Por isso, quando é derretido, o volume final do poliestireno cai para 10% daquilo que foi coletado. Por essa razão, a maioria das empresas de reciclagem se recusam a lidar com esse material. Além de ocupar muito volume, o que encarece seu transporte e, conseqüentemente, a sua reciclagem, exigindo quantidades muito grandes para se viabilizar economicamente o processo como um todo. Quando é descartado como lixo, ele pode levar cerca de 150 anos para se decompor. Se queimado, produz grande quantidade de gás carbônico, contribuindo para a poluição e para o aquecimento global.

Como se encontra o poliestireno fácil na natureza, por ser um material muito utilizado na forma de isopor ou copos, pratos e talheres plásticos, e não ter reciclagem em larga escala, obtivemos custo baixo para este projeto, no entanto, para se obter o material foi necessário um fluido para diluir o isopor e outros materiais provenientes de poliestireno: o Thinner, usado na diluição de tinta, esse que também é um material plástico, que pode ser feito a diluição do isopor com combustível fóssil, como gasolina e querosene, porém não se obtém a composição necessária, já que o combustível fóssil dilui o poliestireno obtendo-se uma característica de massa, já o thinner sede características colantes, e é essa cola que irá ajudar na composição com EVA. O thinner é composto a partir de uma mistura de hidrocarbonetos aromáticos, ésteres, glicóis, álcoois e cetonas. A simples reação química do thinner com isopor é a separação do poliestireno do oxigênio, já que o isopor ou copos plásticos são providos de poliestireno expandido com oxigênio, simplesmente faz-se o retrocesso da criação do isopor, retornando-o novamente ao poliestireno.

Tendo esse conhecimento do poliestireno, e sabendo da função do thinner nesse projeto, resta-nos verificar alguns dados importantes do material EVA.

### **2.1.2 EVA**

Neste trabalho, o EVA tem características de um agregado, que irá ajudar na leveza e flexibilidade do compósito, fornecendo-se melhores características para a placa de divisória, entre outras características que serão verificadas.

O Etileno Acetato de Vinila, muito conhecido como E.V.A., é um copolímero. O copolímero chamado E.V.A. é produzido pela copolimerização do gás etileno com o acetato de vinila, que surgiu nos Estados Unidos na década de 50 e passou a ser utilizado na indústria de transformação. Na década de 70, a indústria de calçados começou a procurar materiais alternativos ao couro, pois havia escassez do produto e, conseqüentemente, preço elevado. Uma das alternativas encontradas foi desenvolver partes do calçado com a utilização de E.V.A.

Com o passar dos anos, o E.V.A. passou a ser utilizado em diversas aplicações e segmentos industriais, mostrando-se um material extremamente versátil devido suas características físicas mecânicas específicas.

Hoje o E.V.A. está presente em solados, entressolas, palmilhas, brinquedos, brindes, material escolar, entre outros. Dentre as muitas vantagens do E.V.A. destacam-se: leveza, cores vivas, muitas opções de tamanhos e espessuras, facilidade de “conformação”, resiliência (efeito memória), além do custo atrativo.

O EVA é um material plástico, de fácil manuseio e boa durabilidade, como é muito utilizado na indústria calçadista que já vem aplicando o EVA com poliestireno, em calçados bolas esportivas, entre outros. E é um material com boa isolamento termo acústica.

Com o grande crescimento da demanda de eco-compósitos, vem sendo efetuados muitos projetos científicos para a elaboração de materiais ecologicamente sustentáveis com base no EVA, projetos misturando EVA em gesso; EVA e argamassa; entre outros.

Ao realizar uma pesquisa para este projeto, pode-se verificar que existem projetos com aeronaves revestidas em seu interior com esse tipo de mistura, porém com o posicionamento que denominam de “sanduiche”, ficando assim várias camadas de placas do eco-compósito.

### **3. Metodologia Proposta**

Nesta seção apresenta-se o processo para produção do eco-compósito a base de EVA para produção de placas de divisória.

#### **3.1 Processo de Moldagem do Eco-Compósito**



O Processo de moldagem e construção de uma placa de divisória com o eco-compósito se divide basicamente em 6 etapas, conforme ilustrado no fluxograma a seguir:

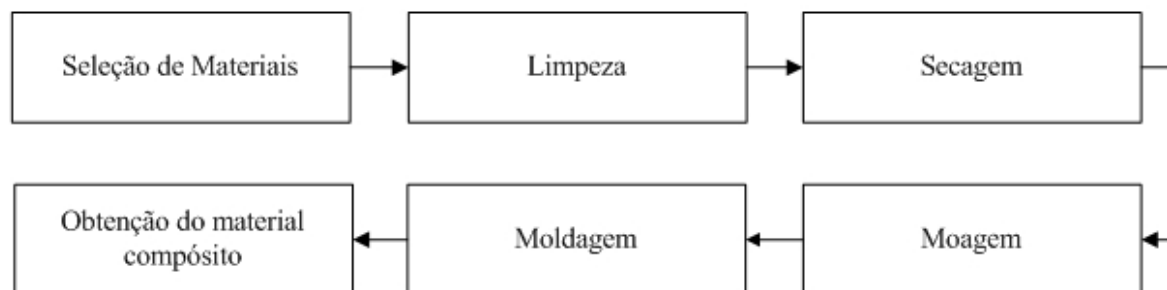


Figura 1. Processo de produção do eco-compósito.

A seleção e separação de materiais é necessária devido ao fato de poder existir resíduo de outros tipos de materiais junto com os rejeitos de EVA. A estrutura desta seleção pode ser baseada em uma coleta seletiva, pois pode-se realizar a seleção dos rejeitos em meios aos resíduos gerados na coleta e ainda ocorre a eliminação de possíveis itens contaminantes. Tais procedimentos, são possíveis de realizar-se no próprio local da reciclagem, em usinas de triagem ou em ponto de geração (AMARAL, 2009).

Os processos de limpeza e secagem podem ser realizados em conjunto, pois para retirar possíveis sujeiras e algumas impurezas que estejam presentes nos rejeitos selecionados, realiza-se uma lavagem do material, e posteriormente uma secagem do material.

O processo de moagem, vem afim de moer os rejeitos de EVA e transformá-los em grânulos, facilitando a homogeneidade na moldagem.

Após o processo de moagem, o produto passa a ganhar forma sendo realizado um processo de moldagem. Assim ocorre a mistura dos grânulos de EVA com a cola a base de isopor dissolvido (poliestireno). Essa mistura é depositada em uma forma, e deve descansar até secar por completo. Ao final tem-se uma placa moldada do material eco-compósito.

As figuras a seguir ilustram o processo de desenvolvimento e construção de 2 placas de divisória, construídas como exemplo para este trabalho.

Conforme ilustrado na Figura 2, inicialmente tem-se o EVA que foi selecionado, limpo e moído, obtendo-se os grânulos.



Figura 2. Grânulos de EVA utilizados.

A Figura 3 ilustra os moldes utilizados para moldar as placas de divisória, onde as formas possuem as seguintes medidas:

- 1 placas com medidas de 30cmX30cm e 1,25cm de profundidade;
- 1 placas com medidas de 12,5cmX12,5cm e 1,25cm de profundidade.



Figura 3. Formas utilizadas para moldar as placas.

A Figura 4 ilustra o processo de obtenção do poliestireno através da dissolução do isopor em Thinner. Neste processo obtém-se uma cola que é utilizada para fixar os grânulos de EVA, dando formato a placa.



Figura 4. Processo de obtenção do poliestireno.

A Figura 5 ilustra o processo de mistura da cola a base de poliestireno com os grânulos de EVA, dando origem a um material a ser moldado.



Figura 5. Processo de Mistura da cola com os grânulos de EVA.

Na figura 6, o material misturado é moldado nas formas de madeira, dando origem ao formato da placa da divisória.



Figura 6. Processo de moldagem das placas.



Após esse processo de moldagem as placas descansam por algumas horas, até ocorrer a secagem da cola a base de poliestireno, dando origem assim a placa de uma divisória sem acabamento.

### 3.2 Material Obtido

Através de todo o processo descrito anteriormente, obtém-se como resultado uma placa de uma divisória sem acabamento, no entanto com características de durabilidade, rigidez e aplicabilidade para esse fim.

A Figura 7 a seguir ilustra em detalhes as placas obtidas através da formação deste eco-compósito. As placas possuem uma espessura de 1,5 cm, e apresentaram boa resistência.



Figura 7. Placas obtidas com o eco-compósito.

#### **4. Discussões e Considerações**

Nesta seção apresentam-se algumas discussões e considerações a respeito das vantagens e desvantagens deste eco-compósito.

Dentre inúmeras vantagens da produção deste compósito, destaca-se os aspectos benéficos da reciclagem ao meio ambiente. A obtenção de um material que pode ser invulnerável a inúmeras situações e climas, resistente a pragas, fungos e cupins, e é um material impermeável.

O poder de customização do eco-compósito é outro atrativo, afinal pode-se moldar este eco-compósito em diversas formas e aplica-lo em diversos locais.

Em valores, quando comparado a placas de divisória do tipo drywall por exemplo, apresenta uma grande vantagem. Com relação a durabilidade, o eco-compósito apresenta uma boa durabilidade, já que é um produto composto de plástico. As vantagens continuam quando o assunto é limpeza, onde não são necessários produtos químicos, mas apenas, água e sabão.

Os aspectos sociais e econômicos devem ser evidenciados por também serem grandes favorecidos desta política verde, através de geração de empregos, tanto na parte de coleta seletiva quanto na abertura de novas fábricas, gerando assim, capacitação e oportunidades de emprego as pessoas, além disso, com a remuneração salarial a economia passa a contar com uma população economicamente ativa, gerando desenvolvimento ao país.

#### **5. Conclusão**

O presente artigo apresentou o processo de desenvolvimento e produção de um eco-compósito para produção de placas de divisórias a base de rejeitos de EVA. O EVA é um matéria maleável, de fácil trabalhabilidade e boa resistência mecânica. Este trabalho possui como escopo ampliar a visão da sociedade para assuntos sustentáveis através desta aplicação, e neste caso, em especial sobre o desenvolvimento deste material, com seus benefícios e contribuição para a redução de impactos ambientais, bem como todo o processo de produção e a discussão, visando agregar conhecimento sobre as vantagens e desvantagens deste produto.

Por fim, pode-se concluir que a produção de uma placa de divisória utilizando um eco-compósito a base de EVA é uma solução alternativa a diversos problemas ambientais e também uma proposta para reaproveitamento de rejeitos das indústrias calçadistas. Assim, a partir deste estudo, fica claro e evidente que os novos eco-materiais como o apresentado neste trabalho, são de fácil produção, com muitas vantagens para o meio ambiente, e uma grande contribuição com a sociedade.

### **Agradecimentos**

Os autores deste trabalho gostariam de agradecer a Empresa calçadista JR Dublados ([www.jrdublados.com](http://www.jrdublados.com)) por ceder rejeitos de EVA para fins acadêmicos, e contribuir com o desenvolvimento desta pesquisa. Os autores ainda agradecem ao Laboratório de Engenharia Civil do Centro Universitário Toledo (UniToledo Araçatuba), pela disponibilização do local e maquinário que contribuíram com este trabalho.

### **Referências Bibliográficas**

- AMARAL, G. Estudo da Influência da Natureza das Cargas Nas Propriedades da Madeira Plástica. Trabalho de Diplomação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/24743/000747660.pdf>>. Acesso em: 17 de julho de 2016.
- ARAUJO, M.B. et al. Climate change threatens European conservation areas, *Ecology Letters*, v. 14, n. 5, p. 484-492, 2011.
- GIANSANTI, R; O desafio do desenvolvimento sustentável, Atual: São Paulo, 1998.
- HERMAIS, C. A. Eloisa Mano e seus oitenta anos. *Polímeros*, v. 14, n. 4, 2004. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0104-14282004000400003>>. Acesso em: 16 de julho de 2016.
- HILLIG, E. A viabilidade técnica de produção de compósitos de polietileno (HDPE) reforçados com resíduos de madeira e derivados das indústrias moveleiras. 193 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.
- MACLAREN, V. W.; Yu, C. C.; Solid Waste Recycling Behavior of Industrial-Commercial-Institutional Establishments. *Growth and Change*, v. 28, p. 93-109, 1997.
- MANZINI, E. Design para a inovação social e sustentabilidade. *Cadernos do Grupo de Altos Estudos, Programa de Engenharia de Produção da Coppe/UFRJ*, Rio de Janeiro, v. 1, 2008.
- NORTH, K. *Environment Business Management*. Second edition, International Labour Office, Geneva, 1997.
- OHARA, W. S. Estudo das propriedades mecânicas da madeira plástica. Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Engenharia Mecânica), Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2011.
- Revista Engenharia em Ação UniToledo, Araçatuba, SP, v. 01, n. 01, p. 184-199, out./dez. 2016.

SPINACÉ, M.A.S; PAOLI, M.A. A tecnologia da reciclagem de polímeros. Química nova, v. 28, n. 1, p. 65-72, 2005.

ZATTERA, A. J. et al. Caracterização de resíduos de copolímeros de Etileno Acetato de Vinila –EVA. Polímeros ciência e tecnologia, v. 15, n. 1, p. 73-78, 2005

VARGAS, E. R. et al. Degradation effects on the rheological and mechanical properties of multiextruded blends of impact-modified polypropylene and poly. Polymer degradation and stability, p. 301-307, 2004.