

Pesquisa e desenvolvimento de produtos a partir de resíduos sólidos descartados por indústrias da região sul fluminense

Research and products development the solid residue from discarded for industries the south fluminense

SILVA, Ana Livia Henrique Pinheiro da¹

SILVÉRIO, Fernanda Junqueira²

OLIVEIRA, Thaís Gonçalves de³

RODRIGUES, Luciano Monteiro⁴

FERNANDES, Cristiana de Almeida⁵

MAGNAGO, Roberto de Oliveira⁶

MULINARI, Daniella Regina⁷

1 Discente do Curso de Design do Centro Universitário de Volta Redonda - UniFOA.

2 Discente do Curso de Design do Centro Universitário de Volta Redonda - UniFOA.

3 Técnico de Laboratório das Engenharias do Centro Universitário de Volta Redonda - UniFOA.

4 Discente do Curso de Design do Centro Universitário de Volta Redonda - UniFOA.

5 Me. Docente do Curso de Design do Centro Universitário de Volta Redonda - UniFOA.

6 Dr. Docente do Centro Universitário de Volta Redonda - UniFOA, Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ.

7 Dra. Docente do Centro Universitário de Volta Redonda - UniFOA, Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ.

Resumo

Neste trabalho, pretende-se demonstrar os resultados da ação de caracterizar materiais provenientes de descarte das Indústrias da Região Sul Fluminense, apontando possíveis caminhos para que tais resíduos tenham seu ciclo de vida prolongado, por meio da sua utilização em compósitos e, posteriormente, em produtos com maior durabilidade. O objetivo deste trabalho foi pesquisar o material no intuito de reciclar, reutilizar e reduzir resíduos sólidos, a partir de placas de Polionda® descartadas pela empresa PSA Peugeot-Citroën, situada em Resende-RJ. O material descartado foi usado como reforço em um compósito novo e desenvolvido junto a uma matriz polimérica de Polietileno de Baixa Densidade (PEBD). Esses compósitos foram submetidos a tais testes mecânicos. O objetivo é indicar uma tendência de uso para os compósitos obtidos em duas porcentagens de reforço, 5% e 10%. Com esses materiais poliméricos descartados, espera-se uma utilização de cunho ambiental, focado nos métodos projetuais inerentes ao Design.

Palavras-chave

Sustentabilidade; Reutilização; Polionda®; PEBD.

Abstract

This paper aims to demonstrate the action results of materials characterizing from disposal of Industries of the Southern Region of Rio de Janeiro State, identifying ways to ensure that such residues have prolonged life cycle, through their use in composites and, subsequently, in products with higher durability. The objective of this study was to investigate the material in order to recycle, reuse and reduce solid waste from Polionda® cards discarded by the company PSA Peugeot-Citroën, located in Resende City. The discarded material was used as reinforcement in a new composite and developed with a polymeric matrix of Low Density Polyethylene (LDPE). These composites were subjected to mechanical tests. The purpose is to indicate a usage trend for the obtained composites in two reinforcement percentages, 5% and 10%. With these discarded polymeric materials is expected an environmental nature use, focused on projective methods inherent to the design scope.

Keywords

Sustainability; Reuse; Polionda®; LDPE.

Como você deve citar?

MULINARI, Daniella Regina et al. Pesquisa e desenvolvimento de produtos a partir de resíduos sólidos descartados por indústrias da região sul fluminense. **Cadernos UniFOA Especial Design**, Volta Redonda, n. 2, p. 89-101, jan. 2015.

1 INTRODUÇÃO

Grandes problemas decorrem da sociedade atual. Entre eles estão o consumo desenfreado e o descarte de lixo de forma indevida. Tal fenômeno é conhecido como "obsolescência programada", que, segundo o pesquisador da IDEC, João Paulo do Amaral, trata-se de uma estratégia das empresas que programam o tempo de vida útil de seus produtos (PLANETA SUSTENTÁVEL, 2014). Sendo assim, os considerados bens duráveis "sobrevivem" menos do que a tecnologia permite, agravando consideravelmente a situação. O consumidor se desfaz de seus aparelhos inutilizados, consome novos e, conseqüentemente, gera lixo de forma constante, resultando em um ciclo vicioso, onde o tempo de vida útil dos produtos é reduzido. Ainda ocorre o problema do descarte, que não recebe a atenção devida, gerando conseqüências catastróficas, como o aumento do volume de lixo, poluição de ecossistemas e danos irreparáveis ao meio ambiente.

O design, como competência projetual, se preocupa com os sistemas, criando ambientes sustentáveis. Segundo a Comissão Mundial para o Meio Ambiente e Desenvolvimento, sustentabilidade é

a expressão que se refere às condições sistêmicas segundo as quais, em nível regional e planetário, as atividades humanas não devem interferir nos ciclos naturais em que se baseia tudo o que a resiliência do planeta permite e, ao mesmo tempo, não devem empobrecer seu capital natural, que será transmitido às futuras gerações. (apud MANZINI E VEZZOLI, 2002).

De forma sucinta, o design sustentável precisa ser coerente e consciente de suas escolhas, além de levar a sustentabilidade em consideração durante todo o ciclo de vida do produto, que, segundo Manzini e Vezzoli (2002), "refere-se as trocas (**inputs** e **outputs**) entre o meio ambiente e o conjunto dos processos que acompanham o nascimento, vida e morte de um produto."

Nesse contexto, é importante ressaltar que o Brasil é o quarto maior mercado de veículos automotivos no mundo (CONSULTOR JURÍDICO, 2014) e a região Sul Fluminense abriga grandes empresas como as montadoras de veículos Peugeot-Citröen, Hyundai, Nissan e Volkswagen.

Espera-se, então, com o estudo, uma utilização focada nos métodos projetuais inerentes ao design de produto e o prolongamento do ciclo de vida dos materiais descartados, pois, segundo Manzini e Vezzoli (2002),

o profundo conhecimento da propriedade e previsibilidade dos comportamentos dos materiais nos dão a condição de saber quando e como os materiais podem ser utilizados racionalmente para responder, de modo adequado, a determinadas exigências comportamentais.

Justifica-se à pesquisa em questão pelo reconhecimento das propriedades físicas de um material, uma vez que soluções serão desenvolvidas a partir deste. Segundo Gilberto Strunck (2011, p. 161), designer e autor de vários livros sobre imagem e marca de empresas, "ao projetar uma peça tridimensional, uma atenção especial deve ser dada a três fatores: a carga que ela irá sustentar, seu tempo pretendido de permanência, e o tipo de utilização". Strunck avalia que o plástico é uma matéria de fácil projeção, pois pode ser cortado e colado, estampado, injetado e extrudado, o que pode ser uma opção barata.

Os ensaios com o material pretendiam caracterizar plásticos provenientes de descarte das Indústrias da Região Sul Fluminense, apontando possíveis caminhos para que tais resíduos tenham seu ciclo de vida prolongado, através da sua utilização em compósitos e, posteriormente, transformados em produtos com maior durabilidade. Encontrar soluções inteligentes e eficazes para reduzir os impactos

gerados pelo descarte de materiais se torna um desafio cada vez maior, fazendo com que o lixo desperdido pelas empresas automobilísticas citadas acima sejam de grande contribuição a esse desafio.

O objetivo deste trabalho é a pesquisa para fins de reciclar, reutilizar e reduzir resíduos sólidos a partir de placas de Polionda® descartadas pela empresa PSA Peugeot Citroën, situada em Resende-RJ. Os perfis de Polionda® foram triturados e moídos e, em seguida, foram injetados na temperatura de 230 °C com Polietileno de Baixa Densidade (PEBD) nas proporções de 95:5 e 90:10. Testes de impacto poderão ser realizados futuramente e indicarão uma tendência de uso para os compósitos. Com esses materiais poliméricos descartados, espera-se uma utilização de cunho ambiental, focado nos métodos projetuais inerentes ao Design.

2 METODOLOGIA

O trabalho em questão foi construído com base em um levantamento bibliográfico e com a identificação da quantidade de descarte do material estudado, recolhido entre os resíduos da montadora. Em seguida, foram analisados os 3Rs, que segundo Trigueiro (2005), consistem em:

- Reduzir (o uso de matérias-primas e energia, a quantidade de material a ser descartado);
- Reutilizar (os produtos usados, dando a eles outras funções);
- Reciclar (retornar o que foi utilizado ao ciclo de produção).

O material foi escolhido a partir da justificativa de reciclagem para a continuidade do projeto. Optou-se pelo Polionda® por ser o que mais gera impacto em relação à degradação dos demais. Além disso, a proposta de redução da quantidade de matéria plástica na fabricação de produtos é uma saída que pode gerar menos degradação.

Após a escolha do material, foram destacadas as propriedades do Polionda®, realizando testes de tração e tensão com o material em questão, a fim de viabilizar a documentação dos resultados para um possível estudo de reutilização do material na formação de blendas⁸. A seguir, foram realizados testes manuais com tipos de tintas, colas e dobras, de forma a viabilizar a reciclagem. Seja reutilizando ou reciclando, o projeto buscará reduzir o descarte desse material e aumentar a sua vida útil.

3 LEVANTAMENTO DE MATERIAIS

Se durante determinado período, nossa produção coletiva de bens e serviços nos faz extrair uma quantidade maior de recursos do que a produção de qualquer um dos sistemas, então essas ações podem ser definidas como “não sustentáveis” (DOUGHERTY, 2011).

Com base na observação direta e entrevista não estruturada com pessoas do setor de meio ambiente, foi constatado que a empresa PSA Peugeot-Citroën descarta cinco tipos de materiais de maneira mais massiva: madeira pinus em diversas espessuras, papelão duplo ondulado, papelão prensado em “L”, cubos de espuma de poliestireno e chapas de Polionda®. Atualmente, o volume é entregue para uma empresa terceirizada, especializada em reciclagem. Há um descarte mensal de, aproximadamente, 12 toneladas de cada material. Diante disso, para uma categorização, foram elaboradas fichas para levantamento e reconhecimento, com a categoria, avaliando a qualidade dos mesmos:

⁸ Blenda Polimérica é a mistura física de mais de um polímero (AKCELRUD, 2007).



Madeira

Tipo: Pinos

Origem: Desconhecida

Uso: Caixotes para transporte de peças.

Tamanho: 36 cm de largura x 109cm de comprimento x 10 cm de espessura.

Fonte: dos autores, 2015.



Madeira

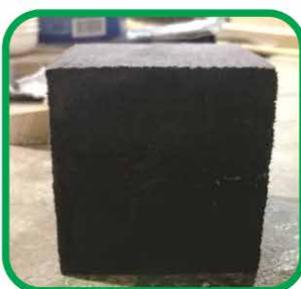
Tipo: Pinos

Origem: Desconhecida

Uso: Fabricação de pallets.

Tamanho: 9,5 cm de largura x 1,5 cm de espessura; comprimentos de 80 a 150 cm.

Fonte: dos autores, 2015.



Espuma de Poliestireno

Cor: Preto

Origem: Desconhecida

Uso: É colocada dentro de caixas como proteção para peças transportadas.

Tamanho: Cubos com padrão de 5 cm x 5 cm

Fonte: dos autores, 2015.





Papelão

Tipo: Duplo ondulado

Origem: Desconhecida

Uso: Caixas, divisórias, cantoneiras e calços.

Tamanho: Variado, de caixas pequenas a caixas de 150 cm x 120 cm.

Fonte: dos autores, 2015.



Papel Craft Prensado

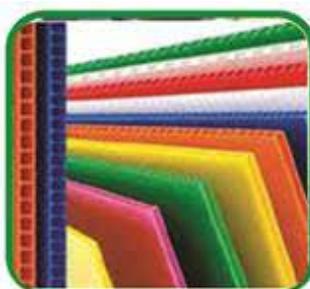
Tipo: papel craft prensado

Origem: Desconhecida

Uso: Reforço nas laterais (cantos).

Tamanho: 0,5 cm de espessura, formato em L de 6 cm x 6 cm e 10,5 cm x 10,5 cm, com comprimentos variados de 100cm a 142 cm.

Fonte: dos autores, 2015.



Polionda

Cor: Preto e Azul

Origem: Desconhecida

Uso: Parte estrutural interna de caixas para peças automotivas.

Tamanho: 100 x 80 cm

Fonte: dos autores, 2015.

3.1 Polionda®

Apesar de ter sido realizado o levantamento desses materiais, analisado suas características visualmente reaproveitáveis, coube à pesquisa se direcionar ao maior entendimento do Polionda®, uma vez que é o que apresenta maior problema de impacto ambiental à empresa e à sociedade, cabendo a realização de testes para averiguação de sua reciclabilidade.

Esse material está presente em produtos com desempenho invejável, desde a popular pasta escolar, passando por embalagens industriais, promocionais, de alimentos, componentes de veículos e de eletrodomésticos, entre outros. É um produto forte, leve, flexível, atóxico, impermeável, resistente à intempérie e a algumas substâncias químicas. Ideal para aplicações, em que seja imprescindível usar um produto com múltiplas qualidades, resistente e de excelente aparência.

Polionda® é uma chapa com estrutura alveolar. Formada por duas lâminas planas e paralelas, unidas por meio de nervuras longitudinais. Extrusada em corpo único, forma uma chapa de estrutura rígida, sendo 70% de seu volume formado por ar, alcançando assim, um alto "ratio" de leveza e resistência. Essa estrutura combinada com a consistência do Polipropileno, resulta em uma chapa versátil para uma ampla gama de aplicações. (POLIONDA, 2015).

Segundo o site oficial do produto, o material possui uma densidade que pode variar de 0,90 a 0,92g/cm³, é atóxico (certificado pelo Ministério da Saúde), apolar, inodoro e inerte, além de possuir baixa flamabilidade e passar por um processo produtivo não poluente e ser 100% reciclável. Outras características pontuadas pela página são de extrema relevância também, como o fato de ser facilmente impresso, esterilizável e resistente. Com leveza aliada à resistência, alta adaptabilidade, versatilidade e excelente durabilidade, Polionda® é o material ideal comparando sua performance e durabilidade com outros materiais, como chapas de papelão, madeira e plástico injetado. A facilidade em produzir embalagens diferenciadas, em qualquer tamanho, cor, peso e resistência, impressas, com ou sem acessórios, significa para vários segmentos industriais um diferencial que contribui na implantação de soluções as mais diversas. (IBID, 2015).

3.2 Matriz de Polietileno de Baixa Densidade (PEBD)

Polietileno de baixa densidade (PEBD), em inglês Low Density Polyethylen (LDPE) são flexíveis, leves, transparentes e impermeáveis. Aqui foram escolhidos para atuarem como matrizes dos compósitos desenvolvidos devido às suas propriedades físicas, custo e facilidade de obtenção. As propriedades físicas são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Propriedades físicas do PEBD.

Propriedades	Valor
Densidade (g/cm ³)	0,910 – 0,925
Temperatura de Fusão (°C)	106-112
Tensão de ruptura (MPa)	6.9-17.2
Elongação até a ruptura (%)	100-700
Módulo de Flexão (MPa)	415-795
Resistência ao Impacto Izod (J/m)	0.67-21
Dureza (Shore D)	45-60

Fonte: (PEACOCK, 2000).

4 DESENVOLVIMENTO DOS COMPÓSITOS

4.1 Procedimentos para Obtenção dos Compósitos

Neste trabalho, os compósitos, 5% e 10% em massa de reforço, foram obtidos em um homogeneizador para plásticos, **Dryser**. O processo completo de obtenção dos compósitos foi realizado, conforme mostrado no fluxograma da Figura 1.

Figura 1 - Fluxograma realizado no desenvolvimento dos compósitos deste trabalho



Fonte: dos autores, 2015.

Após mistura entre reforço e matriz no homogeneizador "Dryser", passou-se o material fundido entre rolos de aço inox, denominadas calandras, como evidenciado na Figura 2. Posteriormente, o material foi moído em moinho granulador.

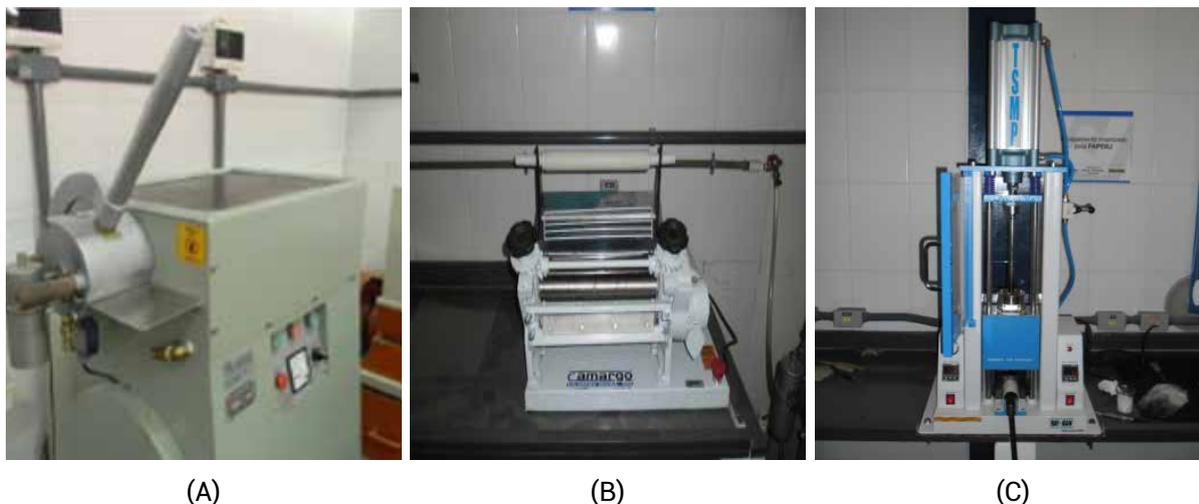
Os compósitos moídos foram injetados em molde, contendo cavidades com dimensões específicas para ensaios mecânicos, utilizando uma Injetora RAY RAM - modelo TSMP (Figura 2), disponível no Laboratório de Processamento de Materiais do Centro Universitário de Volta Redonda. Os compósitos foram obtidos com diferentes proporções de Polionda® como evidenciados na Tabela 2.

Tabela 2- Descrição dos compósitos de PP reforçados com Polionda®

Amostra	Quantidade de PEBD (% m/m)	Quantidade Polionda® (% m/m)
PEBD	100	--
CP5%	95	5
CP10%	90	10

Fonte: dos autores, 2015.

Figura 2 - (A) Hogeneizador (Dryser), (B) Calandra, (C) Máquina Injetora



Fonte: dos autores, 2015.

4.2 Testes mecânicos de tração e flexão

As propriedades mecânicas dos materiais compósitos são de grande interesse científico e tecnológico, devido aos requisitos que os diversos polímeros devem atender, na maior parte de suas aplicações. Valores de propriedades mecânicas, tais como, resistência à tensão, módulo de elasticidade, alongação, entre outros, podem servir como base de comparação de desempenho mecânico dos diferentes polímeros. Esses valores de propriedades mecânicas são obtidos por meio de ensaios mecânicos padronizados, dentre os quais se destacam os ensaios de solicitação mecânica sob tração, flexão, impacto, entre outros (CANEVAROLO, 2004).

Todos os testes mecânicos foram realizados com cinco amostras, ou seja, cinco corpos de prova para cada teste mecânico. Todos identificados por 5.1, 5.2, 5.3, 5.4 e 5.5 para a proporção de 5% de reforço. Da mesma maneira, identificados por 10.1, 10.2, 10.3, 10.4 e 10.5 para a proporção de 10% de reforço de Polionda®.

1.4.1 Tração

O ensaio de tração é usado para o levantamento de informações básicas sobre a resistência dos materiais. O ensaio consiste na aplicação de uma carga uniaxial crescente a um corpo de prova, ao mesmo tempo em que são medidas as variações no comprimento. A deformação na tensão máxima indica o último ponto em que a deformação no corpo de prova é elástica, ou seja, se o corpo se deformar além desse valor, isso indica que as cadeias poliméricas estão se movimentando entre si e, caso a tensão cesse, o corpo não mais retornará às dimensões iniciais, sofrendo deformação permanente.

O módulo de Young ou módulo de elasticidade é um parâmetro mecânico que proporciona uma medida da rigidez de um material sólido. É um parâmetro fundamental para a engenharia e aplicação de materiais, pois está associado à descrição de várias outras propriedades mecânicas, como, por exemplo, a tensão de escoamento, a tensão de ruptura, a variação de temperatura crítica para a propagação de trincas sob a ação de choque térmico, etc." (CALLISTER JR, 2013).

É uma propriedade intrínseca dos materiais, dependente da composição química, microestrutura e defeitos (poros e trincas), que pode ser obtida da razão entre a tensão exercida e a deformação

sofrida pelo material. Tensão corresponde a uma força ou carga, por unidade de área, aplicada sobre um material e deformação é a mudança nas dimensões, por unidade da dimensão original. Assim, o módulo de Young é dado por:

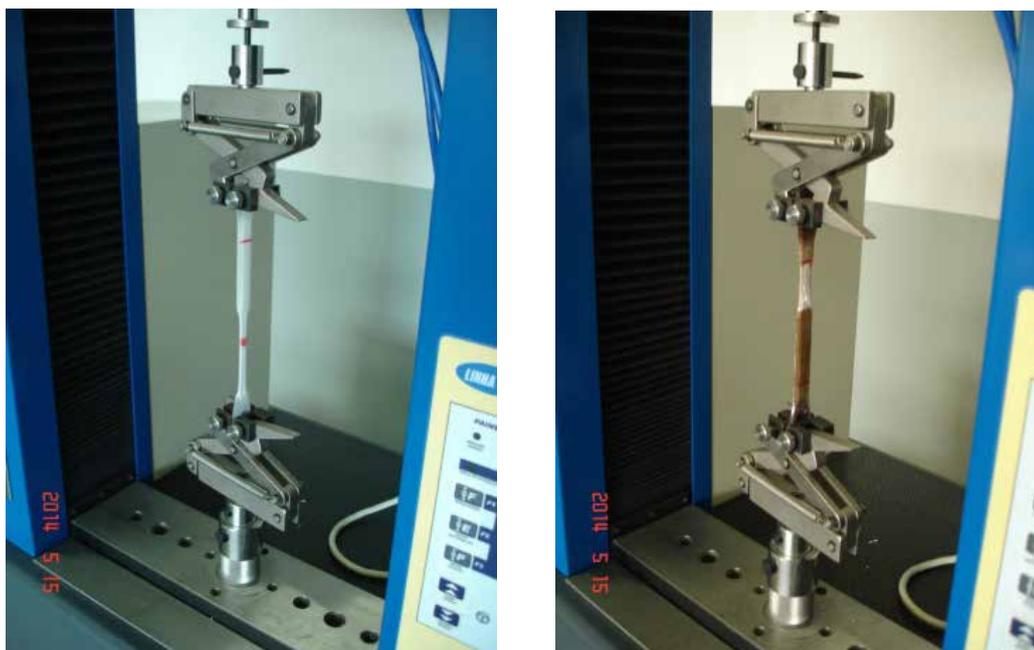
$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{\frac{F}{A}}{\frac{\Delta l}{l_0}} = \frac{F \cdot l_0}{A \cdot \Delta l}$$

Equação 1

onde: **E** é o módulo de elasticidade ou módulo de Young, medido em unidades de pressão (Pa; N/m²; m⁻¹.kg.s⁻²). As unidades mais praticadas são megapascal (MPa; N/mm²) ou gigapascal (GPa; kN/mm²). **σ** é tensão aplicada medida em Pascal (N/m²). **ε** é a deformação elástica longitudinal do corpo de prova (adimensional). **F** é a força, medida em Newton. **A** é a área da seção, por meio da qual é exercida a tensão, medindo-se em metros quadrados. **Δl** é a variação do comprimento medido em metros. **l₀** é o comprimento inicial medido em metros.

Os ensaios de tração foram realizados no Laboratório de Ensaio Mecânicos do Centro Universitário de Volta Redonda - UniFOA, com a máquina de marca EMIC modelo DL-10000, com capacidade de 100kN, célula de carga de 5 kN e velocidade de ensaio de 3mm/min. Para cada compósito avaliado, foram ensaiados cinco corpos de prova, como mostrados na figura X4, com dimensões de acordo com a norma ASTM-D638-03 com 13 mm de largura, 165 mm de comprimento e 3 mm de espessura. As propriedades mecânicas de resistência à tração, alongamento e módulo de elasticidade em tração foram avaliadas. Aqui serão apresentadas somente os módulos de Young das amostras avaliadas.

Figura 3 - Testes de Tração realizados em Máquina Universal EMIC.



Fonte: dos autores, 2015.

Nos testes realizados, o Polionda® já cortado em cubos com tesoura e colocado no moinho granulador para ser triturado, foi colocado em um saco plástico para ser misturado ao Polietileno de Baixa Densidade (PEBD).

As misturas para as análises foram feitas de acordo com a norma 0638, 95% de PEBD, com 5% de Polionda® e 90% de PEBD com 10% de Polionda®, formando duas blendas, para a realização de testes mecânicos para a avaliação de suas propriedades.

As misturas foram colocadas no homogenizador de plásticos. Os materiais foram fundidos pela rotação das paletas, a massa foi retirada e aberta com um rolete para esfriar. Esse material foi colocado no moinho para formar as partículas, para delas, serem feitos os corpos de prova, que possibilitaram os testes.

1.4.2 Flexão

O ensaio de flexão consiste na aplicação de uma carga crescente em determinados pontos de uma barra geometricamente padronizada. A carga aplicada parte de um valor inicial igual a zero e aumenta lentamente até a ruptura do corpo de prova. Os principais resultados dos ensaios são: módulo de ruptura na flexão, módulo de elasticidade, módulo de resiliência e módulo de tenacidade. Uma das propriedades avaliadas é a tensão de flexão.

Aplicando um esforço numa barra bi apoiada, ocorrerá uma flexão e a sua intensidade dependerá de onde essa carga está sendo aplicada. A flexão será máxima se for aplicada à força no centro da barra. O produto da força pela distância do ponto de aplicação da força ao ponto de apoio origina o que chamamos de "momento", que no caso da flexão é o momento fletor (M_f).

Nos ensaios de flexão, a força é sempre aplicada na região média do corpo de prova e se distribui uniformemente no resto do corpo. Devido a isso, se considera para calcular o momento fletor a metade da força e do comprimento útil. A Equação 2 mostra o cálculo do Momento Fletor:

$$M_f = F/2 \cdot L/2 = FL/4 \quad \text{Equação 2}$$

Para calcular a tensão de flexão, é necessário calcular o momento de inércia que, para corpos de seção retangular, é dado pela Equação 3:

$$J = \frac{b \cdot h^3}{12} \quad \text{Equação 3}$$

Falta ainda um elemento para, enfim, calcular a tensão deflexão, o módulo de resistência da seção transversal, representado por W , medida de resistência em relação a um momento. O valor de módulo é, conhecendo e dividindo o momento de inércia pela distância da linha neutra à superfície do corpo de prova, dado pela Equação 4:

$$W = \frac{J}{c} \quad \text{Equação 4}$$

Dessa maneira, pode-se calcular com a Equação 5a tensão de flexão.

$$TF = M_f/W \quad \text{Equação 5}$$

O valor da carga obtido varia conforme o material seja dúctil ou frágil. No caso de materiais dúcteis, considera-se a força obtida no limite de elasticidade. Quando se trata de materiais frágeis, considera-se a força registrada no limite de ruptura.

Outras propriedades que podem ser avaliadas no ensaio são a flexão máxima e o módulo de elasticidade. A Equação 6 é usada para o cálculo da flexão máxima:

$$f = \frac{1}{48} \cdot \frac{FL}{EJ} \quad \text{Equação 6}$$

Por fim, pode-se calcular o Módulo de Elasticidade de Flexão com a Equação 7:

$$E = \frac{1}{48} \cdot \frac{FL}{fJ} \quad \text{Equação 7}$$

Foi realizada a moldagem por injeção de corpos de prova normatizados pela ASTM-D790-10 em uma injetora marca Ray-Ran, modelo RR/TSMP, com temperatura de processo de 300 °C.

5 RESULTADOS

Espera-se que com os resultados dos testes mecânicos que foram realizados, os compósitos obtidos possam ser caracterizados quanto às suas propriedades mecânicas, e, em seguida, possam ser aplicados em projetos de produtos inerentes ao Design (RODRIGUES, 2011). Com a associação de materiais descartados, que são dificilmente absorvidos pelo meio ambiente, espera-se uma redução no descarte inapropriado e, conseqüentemente, redução do impacto gerado por esses materiais (MULINARI, 2009). Nos testes de ensaios mecânicos, a comparação foi realizada entre os compósitos propostos e o polímero PEBD puro.

Analisando os resultados apresentados na Tabela 4, dos testes mecânicos realizados neste trabalho, entre os compósitos desenvolvidos e o PEBD puro, pode-se observar que, para qualquer proporção de mistura do compósito desenvolvido, os resultados para o módulo de elasticidade de tração ou Módulo de Young obtiveram valores piores, em relação ao PEBD puro. Nos testes de flexão, obtiveram-se os módulos de elasticidade de flexão e estes apresentaram resultados melhores, comparados ao PEBD puro. A justificativa está na quebra das cadeias poliméricas com a inserção da Polionda® como reforço.

A palavra polímero vem do grego poli (muitas) + mero (partes), e é exatamente isso, a repetição de muitas unidades (poli) de um tipo de composto químico (mero). E polimerização é o nome dado ao processo, no qual as várias unidades de repetição (monômeros) reagem para gerar uma cadeia de polímero (CANEVAROLO, 2006).

Tabela 4 - Resultados dos módulos de Elasticidade de Tração e Flexão.

Amostras (Corpos de Prova)	MÓDULO DE ELASTICIDADE	
	Tração (MPa)	Flexão (MPa)

PEBD 95% + POLIONDA® 5%		
5.1	570 ± 00	740 ± 10
5.2	540 ± 00	780 ± 10
5.3	580 ± 00	850 ± 10
5.4	610 ± 00	930 ± 10
5.5	520 ± 00	800 ± 10
PEBD 90% + POLIONDA® 10%		
10.1	490 ± 00	670 ± 10
10.2	490 ± 00	870 ± 10
10.3	570 ± 00	800 ± 10
10.4	550 ± 00	650 ± 10
10.5	470 ± 00	950 ± 10
PEBD PURO 100%		
PEBD PURO	655 ± 90	450 ± 1

Fonte: dos autores, 2015.

6 CONCLUSÃO

Os resultados encontrados do material gerado e testado, quanto a sua tração e resistência, demonstraram propriedades satisfatórias no seu uso para fins de aplicar em produtos.

Quanto à reutilização, foram administrados testes de dobra, corte e colagem, apresentando grande desempenho no trabalho com desenvolvimento de embalagens e outros produtos, podendo ser desenvolvidos até objetos de mobiliário, principalmente, àqueles que serão expostos à ação do tempo.

Acerca do objetivo de redução de material, é importante ressaltar que o fato do Polionda® ter sido retirado do lixo da montadora, sua permanência de uso aumenta, com a possibilidade de se pensar no Design como agregador de valor. Seu ciclo de vida perdura por mais tempo, evitando que este seja descartado desordenadamente.

Há necessidade, a título de informação, de esclarecer que o Curso de Design do UniFOA faz uso do Polionda®, bem como dos outros materiais elencados, para fins de aplicabilidade dos testes de produtos dentro e fora das disciplinas.

Conclui-se, então, que, além dos testes realizados para atingir o objetivo da reciclagem terem se apresentado satisfatórios, que os demais objetivos foram prontamente cumpridos, demonstrando que o Polionda® possui a performance esperada para o desenvolvimento de produtos.

Cabe, como desdobramento dos testes realizados, bem como os levantamentos efetuados para a presente pesquisa, como averiguação e recorte de análise, que futuros pesquisadores realizem outros testes, avaliando demais propriedades físicas, impermeabilidade, compressibilidade, elasticidade, etc.

Com relação aos testes mecânicos realizados nos compósitos oriundos de matriz e reforço com o material descartado e reaproveitado, pode-se indicar o uso destes em qualquer situação, de acordo com a necessidade de esforço solicitado. Evidencia-se também que, para produtos com solicitação de grande flexão, os compósitos melhoraram as suas propriedades.

REFERÊNCIAS

AKCELRUD, Leni. **Fundamentos da ciência dos polímeros**. São Paulo: Manole, 2007.

Consultor Jurídico - Lixo automotivo é responsabilidade da cadeia produtiva. Disponível em: <<http://www.conjur.com.br/2013-ago-24/cid-barcellos-lixo-automotivo-responsabilidade-cadeia-produtiva>>. Acesso em: 10 nov. 2014.

CANEVAROLO, S. V. **Técnica de Caracterização de Polímeros**. São Paulo: Artliber Editora, p.209-229, 2004.

CANEVAROLO JÚNIOR, S. V. **Ciência dos polímeros**. 2. ed. São Paulo: Editora Artliber, 2006.

CALLISTER JR, W. D. **Fundamentos da ciência e engenharia de materiais: uma abordagem integrada**. 8 ed. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora S. A., 2013.

DOUGHERTY, Brian. **Design gráfico sustentável**. São Paulo: Rosari, 2011.

Planeta Sustentável. **O que é obsolescência programada?** Disponível em: <<http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/desenvolvimento/obsolescencia-programada-os-produtos-sao-feitos-para-durar-pouco-778525.shtml>>. Acesso em: 11 nov. 2014.

MANZINI, Ezio; VEZZOLI, Carlo. **O desenvolvimento de produtos sustentáveis: os requisitos ambientais dos produtos industriais**. 1. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2002.

MULINARI, D. R. **Comportamento térmico, mecânico e morfológico dos compósitos de polietileno de alta densidade reforçados com fibras de celulose do bagaço de cana de açúcar**. 2009, 112 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica). Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, SP.

PEACOCK, A. J. **Handbook of polyethylene: Structures, Properties and Applications**. New York: CRC Press, 2000.

POLIONDA. Disponível em: <www.polionda.com.br>. Acesso em: 20 nov. 2014.

RODRIGUES, Elton de Oliveira. **Desenvolvimento de uma linha de mobiliário utilizando como base materiais reutilizáveis**. Volta Redonda, 2011. Monografia (Graduação) – Centro Universitário de Volta Redonda - UniFOA. Curso de Design, 2011.

STRUNCK, Gilberto. **Compras por impulso!:** trade marketing, merchandising e o poder da comunicação e do design no varejo. Rio de Janeiro: 2AB, 2011.

TRIGUEIRO, André. **Mundo sustentável:** abrindo espaço na mídia para um planeta em transformação. São Paulo: Editora Globo, 2005.