

**15º Congresso Brasileiro de Polímeros**  
**27 a 31 de outubro de 2019**

## **AVALIAÇÃO DA INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS TÊXTEIS EM POLÍMERO DE SBS**

**Robson Kauer<sup>1</sup>, Vinicius Vitorel Pereira<sup>1</sup>, Carlos Leonardo Pandolfo Carone<sup>1</sup>, Cláudia Trindade Oliveira<sup>1</sup>,  
Sandra Raquel Kunst<sup>2</sup>, Jane Zoppas Ferreira<sup>2</sup>, Luiz Carlos Robinson<sup>1</sup>, Eduardo Luis Schneider<sup>2</sup>, Fernando Dal  
Pont Morisso<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup> ICET, Universidade Feevale, RS-239, 2755, Novo Hamburgo – RS - Brasil.

<sup>2</sup> LACOR, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Avenida Bento Gonçalves, 9500, Porto Alegre – RS – Brasil.

\*E-mail: morisso@feevale.br

**Resumo:** A reutilização de resíduos vem sendo estudada em soluções para diminuir os impactos ambientais, aumentar a produtividade e diminuir custos de produção. Neste contexto, as empresas calçadistas utilizam mais de 40 tipos de componentes na construção do calçado, como têxteis de algodão e poliéster. Com isso, o objetivo deste trabalho foi utilizar resíduos têxteis de algodão e poliéster no desenvolvimento de compósitos a base de SBS (Styrene-Butadiene-Styrene). Os resíduos foram moídos, gerando formulações com diferentes percentuais em uma extrusora monorosca. Os resultados de espectroscopia no infravermelho mostraram que as cargas foram efetivamente incorporadas à matriz polimérica. As propriedades de densidade e dureza aumentaram proporcionalmente ao teor de resíduo. Com isso, o presente trabalho apresentou viabilidade técnica para a preparação dos compósitos com rejeitos têxteis, como alternativa na produção de componentes no próprio cluster industrial gerador do resíduo.

**Palavras-chave:** *Resíduo Têxtil, Algodão, Poliéster, SBS, Compósito.*

### ***Evaluation Of SBS Polymers In Textile Residues***

**Abstract:** Waste reuse has been studied in solutions to reduce environmental impacts, increase productivity and reduce production costs. In this context, footwear companies use more than 40 types of components in the construction of footwear, such as cotton and polyester textiles. Therefore, the objective of this work was to use cotton and polyester textile residues in the development of SBS (Styrene-Butadiene-Styrene) composites. The residuals were ground, generating formulations with different percentages in a monoroscan extruder. Infrared spectroscopy results showed that the charges were effectively incorporated into the polymer matrix. The properties of density and hardness increased proportionally to the residue content. With this, the present work presented technical feasibility for the preparation of composites with textile waste, as an alternative in the production of components in the industrial cluster that generates the waste.

**Keywords:** *Textile residue, Cotton, Polyester, SBS, Composite.*

### **Introdução**

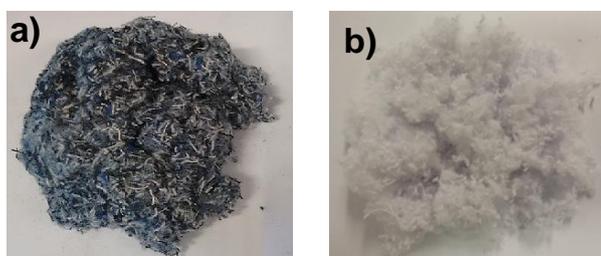
Em tempos de desaceleração na economia, as empresas têm investido fortemente na busca de diferenciais competitivos para manterem-se atuantes no mercado em que estão inseridas. Dentre os diferenciais almejados citam-se melhorias na produtividade, qualidade, potencial de venda, prospecção de soluções inovadoras e uma gestão eficiente dos resíduos. Dentre as empresas que buscam esses diferenciais, podem ser citadas as empresas do ramo têxtil, sejam de fabricação ou de serviços de industrialização. Conforme Gutarowska e Michalsk [1], no início do século 21 o consumo mundial anual de tecidos e não-tecidos já superava as 46 milhões de toneladas, dos quais os sintéticos e o algodão representavam 49% e 42% respectivamente, com tendência crescente nos anos subsequentes. Admitindo que um valor ínfimo de 2% se converte em resíduo, o problema aproxima-se a 920.000 toneladas/ano de resíduo têxtil. Dentro deste contexto, introduz-se a gestão de resíduos, sob os aspectos do reaproveitamento, da reciclagem e do reuso sob. Jardim, Yoshida e Filho [2]

afirmam que as sobras dos processos de produção devem ser consideradas como realmente são: matérias-primas excedentes e tributadas como tal. Deste modo, não inserir esses excedentes em processos que resultem em produtos alternativos caracteriza-se desperdício. A reincorporação desses excedentes em um novo processo proporciona outras vantagens como a minimização dos impactos ambientais, além das que advêm do cumprimento das normas regulamentadoras e do aumento na lucratividade. Neste sentido, neste trabalho, sugere-se a utilização do resíduo têxtil proveniente do cluster calçadista (grupo que tem atividades semelhantes no desenvolvimento no setor calçadista, como curtume, indústria de componentes para calçados, indústria de calçados e serviços) como carga para a fabricação de compósitos a base de polímero estireno-butadieno-estireno (SBS), utilizados pelo próprio segmento industrial.

### Experimental

O SBS utilizado foi o Prismaprene® HPR 325/60B fornecido pela empresa Prisma Montelur Compostos Termoplásticos, na forma de pellets. Com o objetivo de obter amostras para preparação e caracterização dos compósitos, os resíduos de algodão de poliéster foram moídos em moinho de facas (Figura 1), marca SEIBT, modelo MGHS 1.5/85, com motor de potência 2 Hp e peneira de 8 mm.

**Figura 1: Resíduo moído de algodão (a) e poliéster (b).**



Os resíduos têxteis moídos e o polímero SBS, foram misturados conforme proporções indicadas na Tabela 1. A amostra 1, é o polímero puro para fins de comparação com os demais compósitos. O planejamento experimental foi elaborado visando a preparação dos compósitos utilizando somente resíduo têxtil de algodão e poliéster, separados, em quantidades equivalentes em massa. Também foram preparadas amostras com uma mistura de 1:1 de algodão e de poliéster, em percentuais de 10 e 20% em função dos dados da literatura de IBRAHIM et al., 2013 [3]. Estas formulações também estão descritas na Tabela 1.

**Tabela 1: Composição dos compósitos SBS/Resíduos têxteis de algodão/poliéster.**

Amostra	Quantidade de	Quantidade de resíduo de	Quantidade de resíduo de
TR VIRGEM	100	0	0
PO10	90	0	10
PO20	80	0	20
PO30	70	0	30
PO40	60	0	40
AL10	90	10	0
AL20	80	20	0
AL30	70	30	0
AL40	60	40	0
POAL10	90	5	5
POAL20	80	10	10

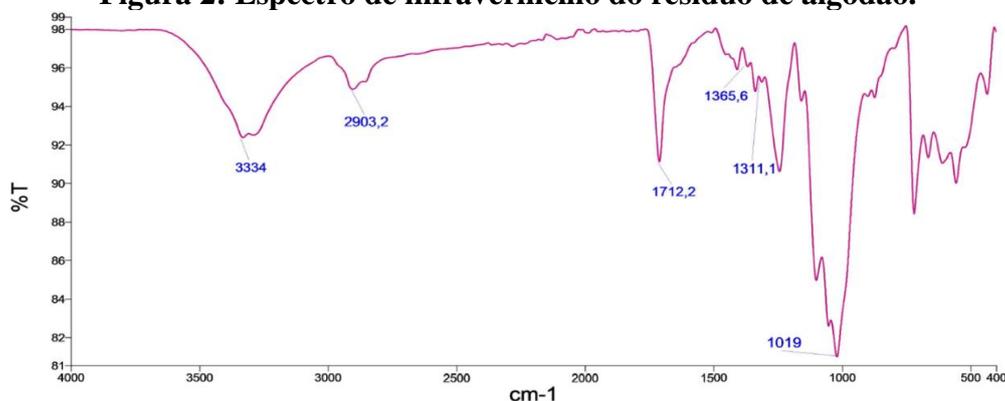
Para o processo de aglutinação das formulações descritas na Tabela 1 foi utilizado um aglutinador da marca FL MOSSMANN, modelo AGL-112. Em seguida, os materiais foram extrusados em uma extrusora monorosca da marca SEIBT, modelo ES25, com quatro zonas de aquecimento. As

temperaturas utilizadas neste processamento foram de 110°C, 120°C, 130°C e 140°C, com oscilação de  $\pm 3^\circ\text{C}$ . A velocidade de rotação da rosca da extrusora foi fixada em 22 rpm devido a recomendações do fabricante do equipamento, a fim de se obter condições equivalentes aos equipamentos industriais e facilitar sua posterior reprodutibilidade. Após o processo de extrusão das amostras, elas foram peletizadas em um picotador da marca AXPLÁSTICOS, modelo GR 01, com velocidade de 1000 rotações por minuto. Após este processo, as amostras foram novamente extrusadas e peletizadas, com o intuito de promover uma melhor homogeneização dos componentes dos compósitos. Após a peletização das mostras, foram preparados os corpos de prova dos compósitos, por processo de injeção em uma injetora marca Bonmaq, modelo APTA 80, com três zonas de temperaturas de 160°C, 170°C, 180°C. A temperatura do bico de injeção foi de 190°C. Para a caracterização de espectroscopia de infravermelho por Transformada de Fourier foi utilizado o equipamento Spectrum Two, da Perkin Elmer, com acessório Universal (UATR), na faixa de varredura de 450 a 4000  $\text{cm}^{-1}$ . Tanto o espectro de fundo (background) quanto os das amostras foram coletados a partir de 4 varreduras. Os espectros tiveram suas linhas de base corrigidas computacionalmente pelo software de controle do equipamento. O ensaio de determinação da densidade foi realizado conforme norma ABNT NBR 2781:2015 (Borracha vulcanizada ou termoplástica - Determinação da densidade). O ensaio de dureza foi realizado conforme norma ABNT NBR 14454:2007 (Construção inferior do calçado - Solas, solados e materiais afins - Determinação da dureza Shore A).

## Resultados e Discussão

Os espectros de infravermelho obtidos a partir das amostras de resíduos têxteis utilizados neste trabalho são apresentados na Figuras 2. O espectro de IV do algodão, Figura 2, está de acordo com o estudo de Portella et al. (2016) [4] que avaliou as propriedades mecânicas dos compósitos de poliéster reforçados com fibras de vidro e algodão. Da mesma forma que os autores, observam-se aqui, também, a banda em 3334  $\text{cm}^{-1}$ , característica dos grupos hidroxilas presentes nos polissacarídeos celulósicos, bem como a banda 2903  $\text{cm}^{-1}$ , característica dos estiramentos das ligações C-H presente na celulose e hemicelulose. Diferentemente do trabalho citado, aqui é possível observar a banda 1712  $\text{cm}^{-1}$ , característica dos grupos carboxila presentes na hemicelulose. A absorção nas bandas 1365  $\text{cm}^{-1}$  e 1311  $\text{cm}^{-1}$  estão associadas respectivamente aos grupos C-H e C-O dos anéis aromáticos presentes nos polissacarídeos celulósicos. A vibração intensa na banda 1019  $\text{cm}^{-1}$ , está relacionada com grupo C-O e O-H também presentes nos polissacarídeos celulósicos. É importante notar que a amostra de algodão utilizada para a preparação dos compósitos é uma mistura de algodões comerciais e assim, é possível que alguns sinais do espectro de infravermelho correspondam a aditivos do material original, sobre os quais não tivemos controle ou conhecimento para uma descrição mais detalhada.

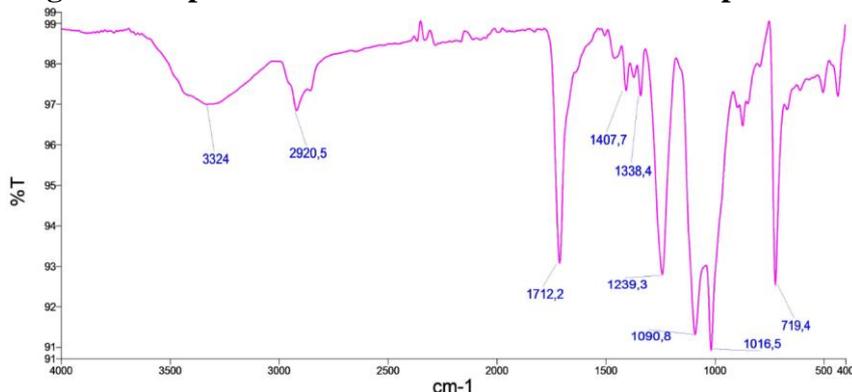
**Figura 2: Espectro de infravermelho do resíduo de algodão.**



O espectro do poliéster (assumindo este como um derivado aromático), Figura 3, obtido na análise de IV está de acordo com o assinalamento de Assis (2012) [5], onde se pode observar o estiramento dos grupos OH em 3324  $\text{cm}^{-1}$ , bem como os estiramentos de CH em 2920  $\text{cm}^{-1}$ . O estiramento C=O

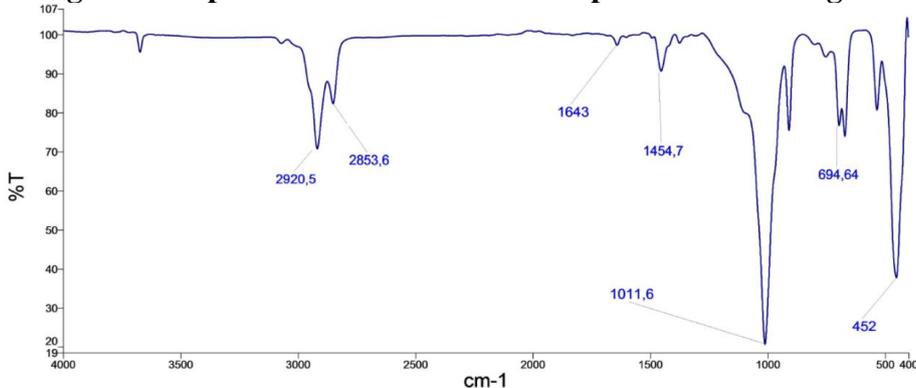
(carbonila) de grupos carboxílicos de éster é possível observar em  $1712\text{ cm}^{-1}$ . É possível observar, ainda, as vibrações de  $\text{C}=\text{C}$  e  $\text{C}=\text{C}-\text{H}$  do anel aromático em  $1407\text{ cm}^{-1}$  e  $719\text{ cm}^{-1}$  (interações entre o grupo éster e o anel aromático), vibrações relacionadas ao grupo tereftalato em  $1090\text{ cm}^{-1}$  e  $1239\text{ cm}^{-1}$ , o estiramento do grupo  $\text{C}-\text{O}$  e deformação do grupo  $\text{O}-\text{H}$  nas bandas em  $1338\text{ cm}^{-1}$  (que pode confundir-se a deformações de  $\text{CH}$ ) e em  $1016\text{ cm}^{-1}$ .

**Figura 3: Espectro de infravermelho do resíduo de poliéster.**



A Figura 4 apresenta o espectro de infravermelho da amostra de SBS utilizada neste trabalho. De acordo com a literatura [6] as bandas características principais do SBS estão nas faixas de  $2920\text{ cm}^{-1}$  e  $2853\text{ cm}^{-1}$  associadas ao estiramento assimétrico  $\text{C}-\text{H}$  ( $\text{CH}_3$ ,  $\text{CH}_2$ ) e ao estiramento simétrico  $\text{C}-\text{H}$  ( $\text{CH}_2$ ) dos segmentos da cadeia de hidrocarbonetos, enquanto a banda em  $1454\text{ cm}^{-1}$  resulta das vibrações da ligação  $\text{C}-\text{H}$  e a banda de  $1643\text{ cm}^{-1}$  corresponde à ligação  $\text{C}=\text{C}$  no anel de benzeno e à vibração de estiramento da ligação  $\text{C}-\text{H}$ . Em  $1011\text{ cm}^{-1}$  é possível observar deformação angular no plano de ligações  $\text{CH}$ , em  $694\text{ cm}^{-1}$  e em  $452\text{ cm}^{-1}$  as deformações angulares fora do plano das ligações  $\text{C}=\text{C}$  do anel aromático.

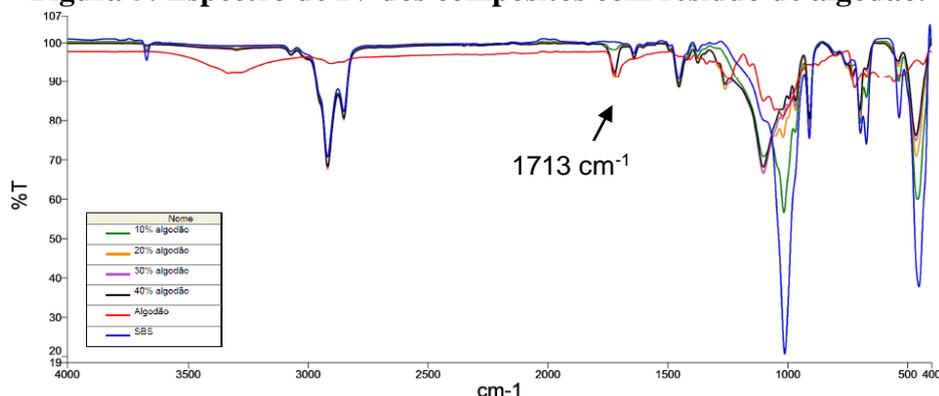
**Figura 4: Espectro de infravermelho do polímero SBS virgem.**



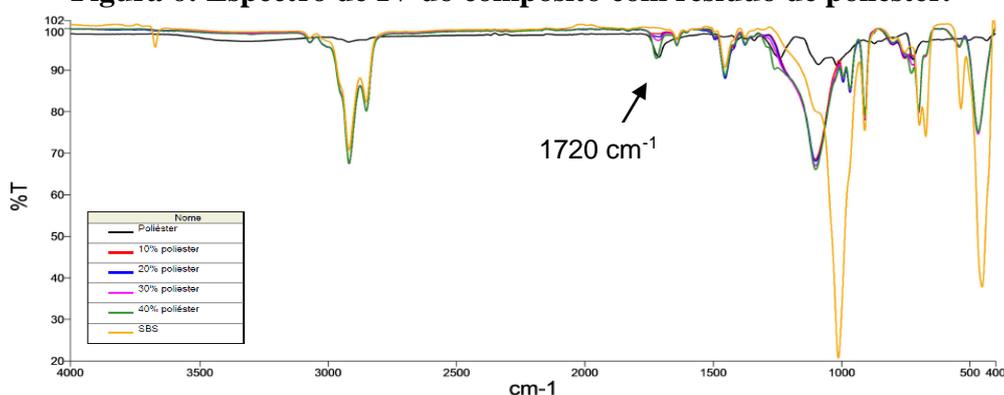
As Figuras 5, 6 e 7 correspondem, respectivamente, aos espectros de infravermelho dos compósitos contendo resíduo têxtil de algodão, poliéster e poliéster/algodão. Comparando os espectros é possível observar que houve alteração no perfil do compósito em relação ao polímero virgem, com a variação na intensidade de sinais, mas também é possível observar que houve a manutenção nos compósitos, das bandas dos materiais de partida. Nos espectros dos compósitos de algodão na Figura 5, observa-se um incremento de intensidade no sinal de banda  $1713\text{ cm}^{-1}$  correspondente aos grupos carboxila presentes na hemicelulose à medida que aumenta o teor de resíduo no compósito. Da mesma forma é possível observar este comportamento nos espectros dos compósitos de poliéster e da mistura de poliéster/algodão nas Figuras 6, em relação à carbonila na região de  $1720\text{ cm}^{-1}$ . No entanto, de comportamento inverso a estes, o compósito de poliéster e algodão na Figura 7, apresenta perda de intensidade no sinal nesta mesma região à medida que aumenta o teor de carga têxtil. O que se pode

concluir com a análise de infravermelho é que as cargas têxteis foram, realmente incorporadas à matriz polimérica, pela observação da composição de sinais tanto da matriz quanto das cargas no espectro dos compósitos.

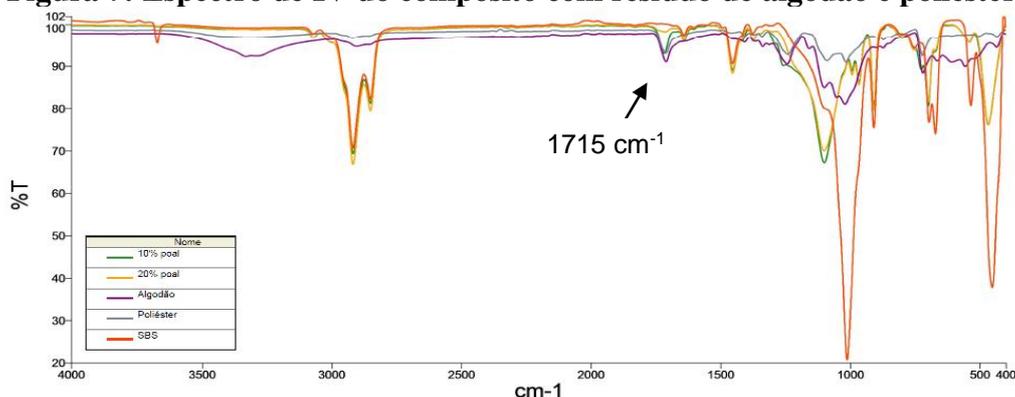
**Figura 5: Espectro de IV dos compósitos com resíduo de algodão.**



**Figura 6: Espectro de IV do compósito com resíduo de poliéster.**



**Figura 7: Espectro de IV do compósito com resíduo de algodão e poliéster.**

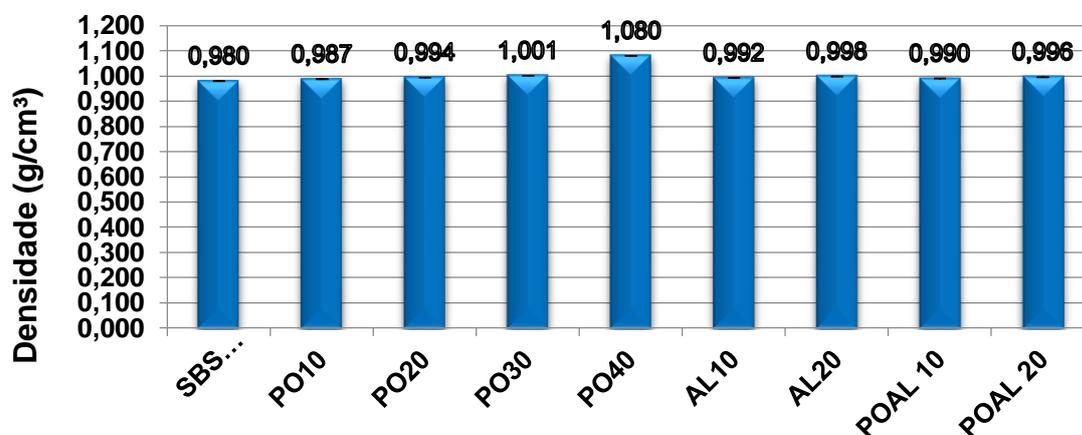


Segundo Portella et. al. [4], a densidade ou peso específico de um compósito constituído por dois ou mais componentes leva em consideração que os volumes individuais de cada um dos componentes são mantidos, o que implica na não interpenetração das fases. Sendo assim, o peso específico do compósito será em função das frações mássicas dos componentes incorporados.

Observa-se na Figura 8 um acréscimo nos valores de densidade nos compósitos à medida que aumenta o teor de resíduo têxtil, com valor máximo de 1,080 g/cm<sup>3</sup> referente a amostra com 40% de poliéster. Pode-se inferir que nesta propriedade, assim como o dado apresentado por Khan [7], que os

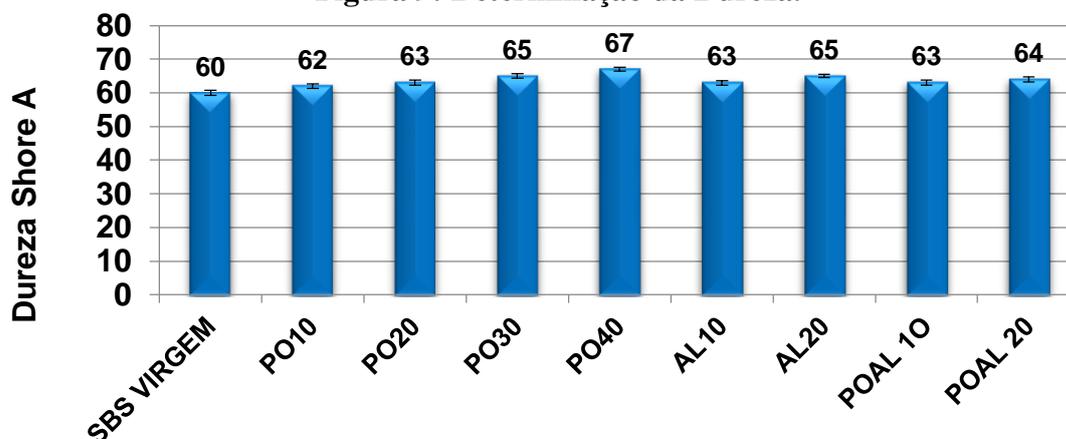
compósitos apresentaram comportando semelhante à amostra virgem, possibilitando a substituição de até 40% deste material por resíduo têxtil.

**Figura 8: Densidade dos compósitos de SBS com resíduos de algodão, poliéster e da mistura algodão/poliéster.**



Pode-se observar na Figura 9 um acréscimo no valor de dureza com a incorporação dos resíduos têxteis, tanto de poliéster e algodão separadamente, como na mistura destes. Apesar da dureza aumentar de forma proporcional ao teor de têxteis, a adição destes como carga não influencia significativamente a dureza do material em comparação com a amostra virgem, corroborando com o resultado encontrado por Khan (2012) [7].

**Figura 9: Determinação da Dureza.**



## Conclusões

Os resultados obtidos no presente trabalho corroboram o objetivo geral do mesmo, desenvolver compósitos de SBS com a incorporação de resíduos têxteis. Também foram atingidos os objetivos avaliando a influência da variação do teor dos resíduos têxteis nos compósitos frente ao polímero puro. A espectroscopia no infravermelho mostra as bandas características presentes nos polissacarídeos celulósicos que avaliou as propriedades mecânicas dos compósitos de poliéster reforçados com fibras de vidro e algodão. Sobre as características físicas e mecânicas dos compósitos destacam-se a densidade ou peso específico e a dureza, que não foram alterados significativamente, apesar do pequeno acréscimo de acordo com a incorporação dos têxteis. Por fim, pode-se concluir que o presente trabalho apresenta potencial de viabilidade técnica para a preparação e dos compósitos com rejeitos têxteis necessitando mais técnicas como reometria de torque, MEV, desgaste a abrasão e resistência a tração com possibilidade de reintrodução destes como alternativa na produção de

componentes no próprio cluster industrial gerador do resíduo. Dentro deste contexto ressalta-se a importância do desenvolvimento sustentável, incorporando um novo processo tecnológico ambientalmente correto, que além do ganho ambiental com a minimização deste passivo, tende a reduzir custos de produção num mercado cada vez mais competitivo.

## **Agradecimentos**

Universidade Feevale, Universidade Federal do Rio Grande do Sul e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

## **Referências**

1. B. Gutarowska; A. Michalski. Microbial Degradation of Woven Fabrics and Protection Against Biodegradation. *Woven Fabrics*. INTECH Open Access Publisher; 2012. p. 267– 96.
2. Jardim, Arnaldo; Yoshida, Consuelo; Filho, José Valverde Machado. Política Nacional, Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos. 1 ed. Barueri: Manole, 2012.
3. N. A. Ibrahim, B. M. Eid, M. A. Youssef, H. M. Ibrahim, H. A. Ameen, A. M. Salah, Multifunctional finishing of cellulosic/polyester blended fabrics, *Carbohydrate Polymers*, Volume 97, Issue 2, 2013, Pages 783-793.
4. E. H. Portella; D. Romanzini; C. Angrizani; S. Amico; A. Zattera. Influence of Stacking Sequence on the Mechanical and Dynamic Mechanical Properties of Cotton/Glass Fiber Reinforced Polyester Composites. *Materials Research*. 2016, 19. 10.1590/1980-5373-MR-2016-0058.
5. ASSIS, Adriana Helfenberger Coletto. Avaliação das mudanças ocorridas em fibras de poliéster submetidas a tratamento alcalino e enzimático. 2012. 116 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia e Ciências dos Materiais, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.
6. CARNEIRO, J.O. et al. Development of photocatalytic asphalt mixtures by the deposition and volumetric incorporation of TiO<sub>2</sub> nanoparticles. *Construction and Building Materials*, v. 38, p.594-601, 2013.
7. R. Khan; M. Khan; H. Zaman; P. Fahmida; T. Islam; F. Nigar; R. Islam; S. Saha; A. Mustafa. Fabrication and Characterization of Jute Fabric-Reinforced PVC-based Composite. *Journal of Thermoplastic Composite Materials*. 2012, 25, 45-58.