

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DAS PROPRIEDADES ADESIVAS DE COMPÓSITOS DE MATRIZ POLIÉSTER REFORÇADO COM PÓ DE ALUMÍNIO

A. V. Xavier¹; A. C. Veloso¹, Azevedo, A.G¹, Mota, K.A²., Santos Junior, J.A¹,
Souza, W.L¹., Cunha, F.G. ¹, Riffel, D. B¹., J. D. Altidis¹.

Universidade Federal de Sergipe – Cidade Universitária – São Cristóvão – SE
– Brasil – CEP 49100-000.

e-mail jaquelinealtidis@yahoo.com.br

RESUMO

Atualmente, os materiais compósitos têm merecido um grande destaque devido ao potencial de suas aplicabilidades. Compósitos à base de polímeros e pós-metálicos vem sendo estudados para diversas aplicações industriais. De modo geral, as propriedades dos compósitos reforçados com materiais metálicos possuem uma melhora acentuada quando existe alguma interconectividade entre as cargas. Para este trabalho foram desenvolvidos compósitos constituídos de matriz de poliéster reforçados com pó de alumínio (0 a 40%). As propriedades adesivas da resina poliéster e dos compósitos foram avaliadas através do ensaio mecânico de cisalhamento, conforme as normas da ASTM, na configuração de juntas de sobreposição simples (Single-Lap-Joints). Os resultados dos ensaios indicaram que os adesivos compósitos reforçados com o pó de alumínio em determinadas proporções de volume, apresentaram uma melhoria nas propriedades adesivas quando comparado com o poliéster puro. Os Adesivos com mais 20% de reforço apresentaram uma textura bastante arenosa e conseqüentemente resultados piores de aderência.

Palavras-chave: Compósitos, poliéster, adesivos.

INTRODUÇÃO

A maioria dos compósitos foi criado para melhorar as combinações de características mecânicas, tais como rigidez, tenacidade e resistência nas condições ambientais e de alta temperatura. As utilizações de materiais compósitos têm tido uma atenção considerável nos últimos anos devido às melhorias nas suas propriedades. A busca por materiais com elevada eficiência tecnológica vem despertando o interesse no estudo de materiais compósitos. O objetivo principal em se produzir compósitos é de combinar diferentes materiais para produzir um único material com propriedades superiores às dos componentes individuais. Os compósitos podem apresentar elevada resistência e rigidez, melhor fadiga térmica e resistência mecânica ⁽¹⁾.

O desenvolvimento de tecnologias modernas exige materiais com combinações não usuais de propriedades, que não podem ser atendidas nem pelas ligas metálicas, nem pelos materiais cerâmicos, nem pelos materiais poliméricos convencionais. A busca pelas combinações de propriedades dos materiais, para aplicações diversas, não raro, levam ao desenvolvimento de materiais compósitos. Na indústria moderna a utilização de materiais compósitos constituídos de matriz polimérica e reforço metálico vem sendo empregado. O uso destes reforços compreende desde o recobrimento de superfícies até o reforço estrutural, com o objetivo de aumentar a vida útil de equipamentos e minimizar custos de manutenção.

Compósitos reforçados com cargas metálicas vêm sendo cada vez mais utilizados devido às suas influências nas propriedades mecânica e térmica dos compósitos de matriz polimérica. Com o aumento da quantidade de carga metálica, verifica-se uma melhora na precisão dimensional, na condutividade térmica e, em muitos os casos, nas propriedades mecânicas. Outras características importantes das partículas, nas propriedades de um material compósito, são suas influências na cor, no índice de refração, e nas propriedades elétricas e magnéticas dos compósitos⁽²⁾.

A utilização de adesivos na união de materiais na indústria levam a necessidade do estudo e descoberta de novos adesivos. Esta tecnologia de adesivos, cuja gama de aplicações abrange aplicações não estruturais - nas quais serve unicamente para fixação de materiais leves a uma determinada superfície, e

propósitos estruturais, cujos substratos (superfícies a serem coladas) experimentam elevadas cargas tensionais que, por conseguinte, exigem um comportamento suficientemente estável do adesivo⁽³⁾.

Nos últimos anos vários estudos foram desenvolvidos com o intuito de obter juntas resistentes unidas por meio de adesivos poliméricos capazes de substituir às juntas mecânicas convencionais. Geralmente a união de materiais metálicos é realizada pelo processo de soldagem ou por junções mecânicas (parafusamento, rebitemento). A união de materiais metálicos por adesivos vem sendo muito estudada devido à necessidade do conhecimento das propriedades adesivas para o desenvolvimento e otimização da união de materiais metálicos sem expor a zona unida a elevadas temperaturas e concentrações de tensão⁽⁴⁾.

As propriedades adesivas de compósitos constituídos de resina polimérica reforçado com variadas proporções de pó metálico foram estudadas e observou-se que os compósitos estudados com 25% de reforço metálico apresentaram melhores propriedades adesivas do que a resina pura⁽⁵⁾.

As resinas de poliéster são utilizadas na fabricação de peças moldadas. Elas fazem parte de uma família diferente e complexa de resinas sintéticas, que são obtidas com uma grande variedade com uma grande variedade de materiais primas base. O processo de cura da resina poliéster é iniciado pela adição de uma pequena porção de catalisador. A cura pode ser tanto em temperatura ambiente, quanto sob temperatura elevada e com ou sem aplicação da pressão⁽⁶⁾.

Os poliésteres insaturados são bastante utilizados em conjunção com fibras de vidro para obter o polímero reforçado que apresente excelentes propriedades mecânicas como a resistência à tração e ao impacto. O emprego de poliéster com reforço de fibra carbônicas e fibra de boro vem se desenvolvendo acentuadamente⁽⁷⁾.

No presente trabalho, foram avaliadas as propriedades adesivas dos compósitos de matriz poliéster reforçados com pó de alumínio em variadas proporções de volume através do ensaio mecânico de cisalhamento.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os corpos de prova metálicos utilizados como substrato, para o ensaio de cisalhamento das juntas adesivas, foram fabricados em aço carbono 1020 ($\sigma = 450$ Mpa, $\sigma_e = 330$ Mpa, $\varepsilon = 36\%$), e suas dimensões seguem as previstas pela norma ASTM D 1002-01⁽²⁾. Na Figura 1 mostra o desenho do corpo de prova e suas respectivas medidas. A limpeza das superfícies dos corpos de prova metálicos foi realizada utilizando-se a acetona como solvente, que proporciona a limpeza e secagem rápida do substrato, permitindo a colocação do adesivo sobre sua superfície quase imediatamente.

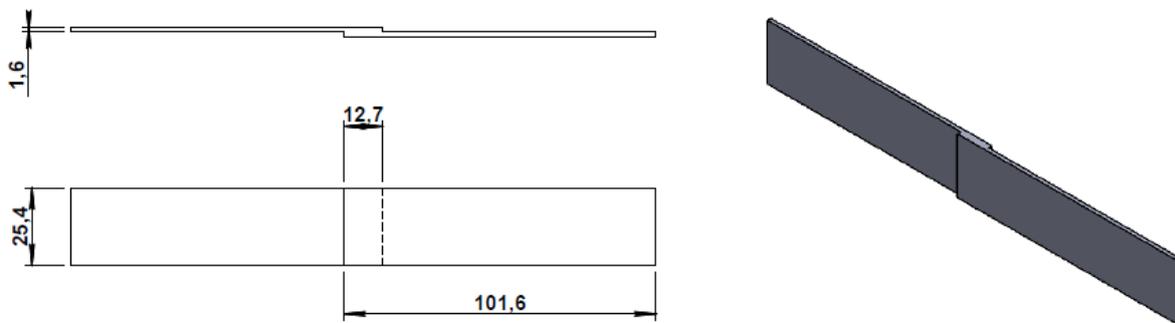


Figura 1 - Dimensões e forma das juntas de sobreposição simples em mm.

A matriz do adesivo compósito utilizada no processo de colagem foi a resina poliéster (NOVAPOL 430-C). Trata-se de uma resina rígida, de alta viscosidade e baixa reatividade, pré-acelerada com densidade entre 1,10 e 1,15 g/cm³ a 25° C e resistência à tração mínima de 45,43 MPa. A razão estequiométrica de resina/endurecedor utilizada para a reação de cura foi de 100 partes em volume de resina poliéster para 20 partes em volume de catalisador (EB). O reforço metálico utilizado foi o pó de alumínio, passado na peneira de malha #200 com granulometria de 75 μ m. A mistura do compósito (resina poliéster + pó de alumínio) foi realizada manualmente, com as seguintes proporções em volume de pó de alumínio: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 e 40%. Na Figura 2 pode-se observar a mistura do poliéster com o alumínio, pronta para ser aplicada nos corpos de prova metálicos.

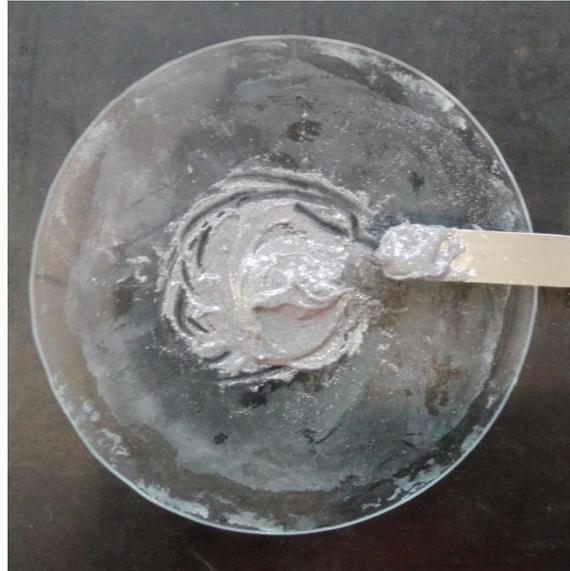


Figura 2 - Mistura do compósito de matriz poliéster com 25% de Al em volume.

Os adesivos formados pelas misturas foram adicionados sobre as superfícies dos corpos de prova metálicos para obtenção das juntas, como mostra a Figura 3. A camada de adesivo colocada sobre superfície do substrato de aço para formação da junta adesiva foi feita sobre uma área de 322,58 mm², conforme a norma ASTM D 1002-01⁽²⁾. A espessura adotada para a camada adesiva foi de 0,5 mm.

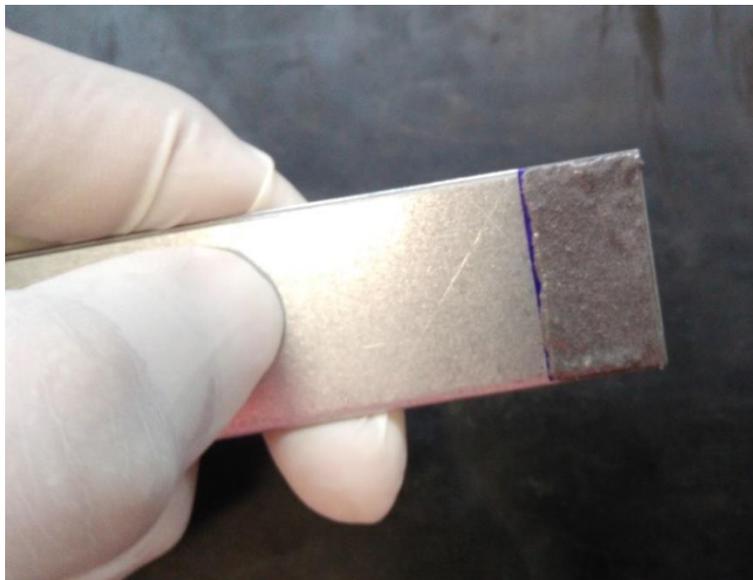


Figura 3 - Adição da camada de adesivo com 25% de Al no substrato.

Para controlar a espessura da camada adesiva foi utilizado o dispositivo de colagem desenvolvido no Laboratório do Departamento de Engenharia Mecânica da UFS, através da impressora 3D da marca Dimension SST 1200 es. O dispositivo foi

fabricado em termoplástico ABS plus e foi especificamente desenvolvido para controlar a espessura da camada adesiva da junta metálica. Além disso, o dispositivo de colagem também tem a função de fixar as placas metálicas, de modo que não ocorra deslizamento entre as placas durante o processo de cura do adesivo.

Após a adição do adesivo sobre a superfície dos corpos de prova metálicos, os mesmos foram acoplados no dispositivo de colagem, conforme mostra a Figura 4, e submetidos a um processo de cura de 72 horas. Os processos de cura dos adesivos foram realizados à temperatura ambiente ($24 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$) e umidade relativa de $65 \pm 5\%$ UR.

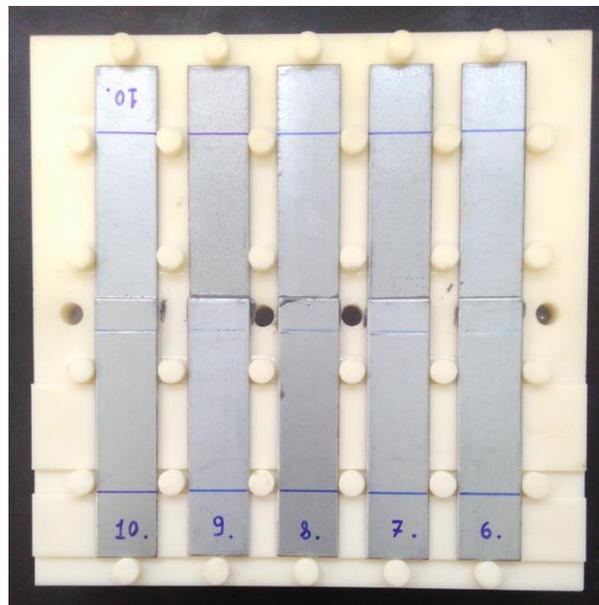


Figura 4 - Fixação dos corpos de prova no dispositivo de colagem.

A avaliação da resistência das juntas coladas foi feita através do ensaio mecânico de cisalhamento. Os ensaios foram realizados em uma Máquina Universal de Ensaio Mecânicos, modelo WDW-300E, seguindo as especificações da ASTM D 1002-01 para teste padrão de resistência ao cisalhamento de juntas de sobreposição simples⁽²⁾. A resistência mecânica foi expressa em MPa, tendo sido calculado pela divisão do valor da carga na ruptura pela área de colagem. O modelo do ensaio de cisalhamento a partir de uma junta de sobreposição simples (*Single-Lap-Joint*) é ilustrado na Figura 5.



Figura 5 - Modelo do ensaio de cisalhamento em uma *Single-Lap-Joint*.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apresentam-se na Tabela 1 os resultados referentes aos ensaios mecânicos de cisalhamento realizados para as juntas de sobreposição simples unidas por adesivos compósitos (poliéster + alumínio) e por adesivo puro (poliéster).

Tabela 1 - Resultados dos ensaios mecânicos de cisalhamento.

	% Pó de Alumínio no Adesivo								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
Res. ao Cisalhamento (MPa)	4,402	4,423	4,671	5,001	4,278	4,319	3,865	3,761	3,823
Desvio	0,062	0,072	0,095	0,306	0,284	0,129	0,072	0,036	0,095
Natureza da Falha	Adesiva	Adesiva	Adesiva	Adesiva	Adesiva	Adesiva	Adesiva	Adesiva	Adesiva

A partir dos dados obtidos foi construída a Figura 6, ela apresenta um gráfico onde no eixo da abscissa encontra-se a porcentagem de alumínio em volume que foi adicionado a matriz adesiva, no eixo da ordenada a aderência na forma de tensão de ruptura da junta em MPa. No gráfico é possível observar que com a incorporação do pó de alumínio nos adesivos a resistência à união teve um aumento significativo até 15% de adição do reforço de alumínio, porém para porcentagens superiores a 15% de Al aconteceu um decréscimo na resistência das juntas.

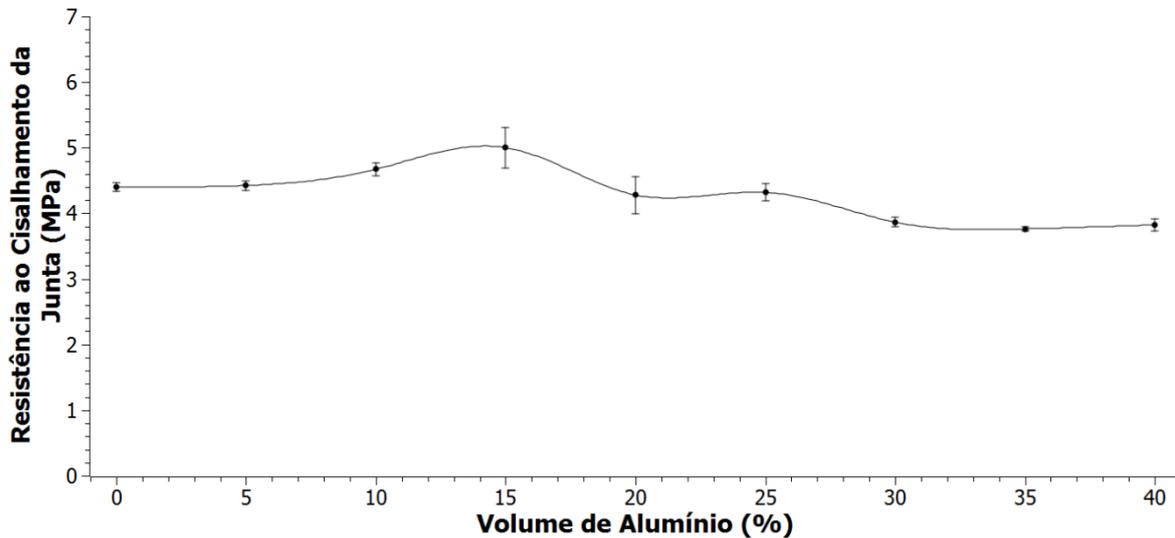


Figura 6 - Resistência ao cisalhamento das juntas adesivas ensaiadas.

A análise do adesivo com 15% de pó de alumínio apresentou melhores resultados de resistência ao cisalhamento comparado com os adesivos de 0% de pó de alumínio e os demais apresentados no gráfico, demonstrando um ponto ótimo na proporção de alumínio e efeito positivo do acréscimo de pó metálico no adesivo em suas propriedades mecânicas.

Os adesivos contendo 20% ou mais de alumínio apresentaram uma redução de resistência ao cisalhamento, quando comparadas com as amostras do poliéster puro (0% de Al). Vale ressaltar que a viscosidade dos compósitos elaborados com mais de 25% de reforço de alumínio foi bastante elevada. Esse fator acabou tornando mais trabalhosa a mistura e a aplicação desses compósitos. Assim, a redução da força de adesão pode também ser atribuída à reologia inadequada para compósitos com elevado volume de reforço de alumínio. A Figura 7 mostra a textura arenosa da mistura do compósito com 40% de Al.



Figura 7 - Mistura do compósito de matriz poliéster com 40% de Al em volume.

As superfícies das juntas após os ensaios mecânicos foram observadas na Figura 8, nelas foi possível constatar a predominância da falha adesiva em todos os adesivos elaborados. A provável explicação para este tipo de falha ter ocorrido em todas as amostras deve ter sido a incompatibilidade do material substrato com adesivo compósito.

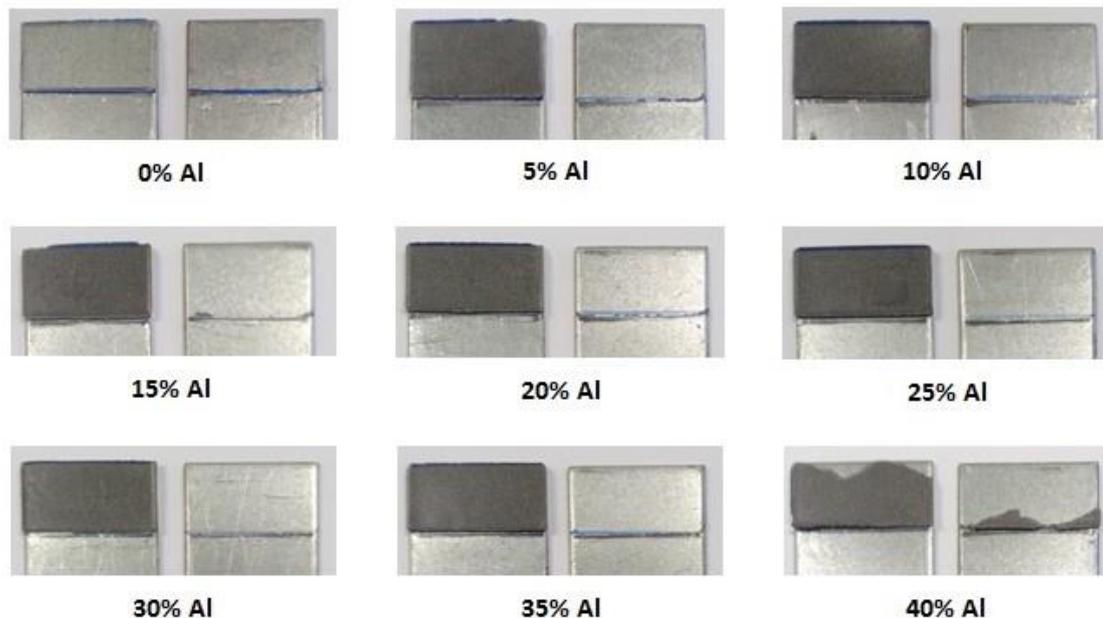


Figura 8 - Superfície das juntas adesivas após os ensaios de cisalhamento.

CONCLUSÕES

Os resultados dos ensaios dos adesivos compósitos constituídos de matriz poliéster reforçados com o pó de alumínio em variadas proporções de volume mostraram que para determinadas concentrações de reforço ocorreu um aumento significativo nas propriedades adesivas, porém quando se adiciona muito reforço o adesivo perde essas propriedades. O compósito contendo 15% de Al apresentou uma melhora nas propriedades adesivas em relação ao poliéster puro e as demais composições.

Além dos efeitos relacionados à resistência ao cisalhamento, foi observada a predominância da falha adesiva em todos os adesivos elaborados, levando a crer que o adesivo e o substrato possuem certa incompatibilidade, que provavelmente pode ser corrigida com a aplicação de um tratamento superficial do substrato.

Dessa forma, os resultados desse estudo indicam uma excelente alternativa para o desenvolvimento de adesivos de matriz poliéster com melhores propriedades adesivas e mecânicas.

REFERÊNCIAS

- [1] TANG, F. ADERSON, I.E., and Biner, S.B. 2003. **Mater. Sci. Eng. A**, 363.
- [2] WYPYCH, G. **Handbook of fillers**. ChemTec Publishing, Second edition ed. 2000.
- [3] EBNESAJJAD, S. **Adhesives Technology Handbook**. Norwich (NY): William Andrew Inc., 2008.
- [4] ALTIDIS, J. D. **Propriedades Adesivas de Compósitos de Matriz Epóxi Reforçados com Pós-Metálicos**. Tese de Doutorado. PPGEM/UFPB, 2013.
- [5] ALTIDIS, J.D., LIMA, S.J.G., GOMES, R.M.,SAMPAIO,E.M., TORRES, S.M.,BARROS, S. D. “ **Adhesion Test Using Epoxy Quasicrystal Composites**” *Journal of Adhesion Science and Technology* 26 1443-1451 (2012).
- [6] MENDONÇA, P. T. R, **Materiais Compostos e estruturas – sanduíche: projeto e análise**. Barueri, S P: Manole, 2003.
- [7] MANO, E.B., **Introdução a polímeros** , Edgard Blucher segunda edição, São Paula 1999.

The Influence of Metallic Powder on Adhesive Properties of Polyester-Aluminum Composites.

ABSTRACT

In recent years, the constant need for new materials lead to the development of new composite materials. In general, the properties of composites reinforced with metallic materials possess a marked improvement when there is some interconnectivity between charges. Composites polyester resin based reinforced with aluminum powder, they bring good adhesion properties. For this works were developed composites consisting of polyester matrix reinforced with aluminum powder (0 to 40%). The adhesive properties of the polyester resin and the composites were evaluated by mechanical test, the configuration of simple lap joints (Single-Lap-Joints). The test results indicated that the adhesive composites reinforced with the aluminum powder in proportions determined volume, showed an improvement in adhesive properties compared to pure polyester.

Key-words *Composite, adhesion and aluminum*