

## **ESTUDO DAS PROPRIEDADES ADESIVAS DE COMPÓSITOS DE EPÓXI REFORÇADOS COM PÓ DE COBRE PARA DIFERENTES TEMPOS DE CURA.**

**SANTOS, Jonh Yago Erikson<sup>1</sup>C; ALTIDIS, Marina Elizabeth Dias <sup>2</sup>; VELOSO, Ana Cristina Ribeiro<sup>1</sup>; GRIZA, Sandro<sup>1</sup>  
; NERY, Macclarck Pessoa<sup>1</sup> ; ALTIDIS, Jaqueline Dias<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Universidade Federal de Sergipe (UFS), Aracaju, SE, Jonh [jonhyagoo@yahoo.com.br](mailto:jonhyagoo@yahoo.com.br) , Ana [anacrisveloso@yahoo.com.br](mailto:anacrisveloso@yahoo.com.br) , Sandro [griza@ufs.br](mailto:griza@ufs.br) , Macclarck [pessoanery@live.com](mailto:pessoanery@live.com), Jaqueline [jaquelinealtidis@yahoo.com.br](mailto:jaquelinealtidis@yahoo.com.br)

<sup>2</sup>Instituto Federal de Pernambuco (IFPE), Caruaru, PE, Marina [marina.altidis@caruaru.ifpe.edu.br](mailto:marina.altidis@caruaru.ifpe.edu.br)

### **RESUMO**

A adesão é relevante para muitas áreas científicas e vem se tornando um importante campo de estudo, especialmente nos setores de alta tecnologia como as indústrias aeroespacial e automobilística. Pesquisadores estão cada vez mais interessados em analisar possibilidades de aperfeiçoar as propriedades adesivas. Recentemente, parâmetros como processo de cura e adição de partículas metálicas em matrizes adesivas vem sendo estudados de forma massiva para aumentar o desempenho de adesivos em termos de propriedades mecânicas. Este artigo pretende avaliar a influência do tempo de cura nas juntas coladas através de análise da tensão de cisalhamento e aderência das juntas ligadas por adesivos compósitos constituído de matriz epóxi reforçados com pó de cobre e aplicando em placas de aço, na configuração de juntas de sobreposição simples (single-lap-joint), por meio de ensaios mecânicos de cisalhamento simples.

**PALAVRAS-CHAVE:** adesão, aderência, compósitos,

### **1. INTRODUÇÃO**

As juntas adesivas são amplamente utilizadas em diferentes áreas de aplicação da engenharia, como na engenharia civil, aeroespacial e automotiva, bem como em outros setores industriais. Seu uso aumentou em relação às juntas mecânicas, devido à existência de excelentes propriedades das juntas adesivas, como boas resistências à corrosão, alta relação carga / peso e além de seu processo de fabricação é relativamente mais fácil. Pesquisas foram realizadas para entender as propriedades mecânicas e estruturais dessas junções.<sup>1</sup> Conseqüentemente, vem surgindo uma alta demanda pela otimização das propriedades das juntas adesivas, e um número cada vez maior de pesquisadores tem se prestado a estudar quais parâmetros interferem direta ou indiretamente no seu desempenho. Demonstrou-se que as propriedades mecânicas das juntas adesivas dependem de um grande número de fatores, incluindo o tipo de adesivo e substrato utilizados, o método de limpeza do substrato, os métodos de realização da colagem, a preparação da superfície, a temperatura e tempo de cura, a rugosidade do substrato e os parâmetros geométricos da camada adesiva.<sup>2</sup>

Um dos parâmetros importante nas propriedades das juntas coladas é o tempo de cura. As propriedades de cada polímero e conseqüentemente dos adesivos dependem das condições em que a cura é realizada. Dois parâmetros de essencial controle para o desenvolvimento eficiente de juntas adesivas são o tempo e a temperatura de cura do adesivo.<sup>3</sup> Evidentemente, é importante frisar que o procedimento de cura deve ser realizado em um dispositivo de posicionamento adequado para o processo de colagem, de modo a garantir o alinhamento e espaçamento desejados e controlar a espessura da camada adesiva. A adição de componentes metálicos tem o intuito de alterar propriedades físicas, mecânicas ou físico-químicas do adesivo, como peso, trabalhabilidade, resistência coesiva e a cisalhamento. Adicionados à mistura adesiva em forma de pó, os metais podem facilmente modificar o comportamento da interface substrato-adesivo, propiciando fenômenos como o ancoramento mecânico, elevação da resistência ao cisalhamento e modos de falha distintos dos observados originalmente.<sup>4</sup>

Considerando a importância da otimização das propriedades dos adesivos, este trabalho pretende avaliar a influência do tempo de cura em juntas coladas com adesivo epóxi reforçado com pó de cobre. Para tal, foram utilizados testes de cisalhamento para juntas de sobreposição simples, os chamados testes Single-lap Joints (SLJ), de forma a determinar a resistência das juntas.

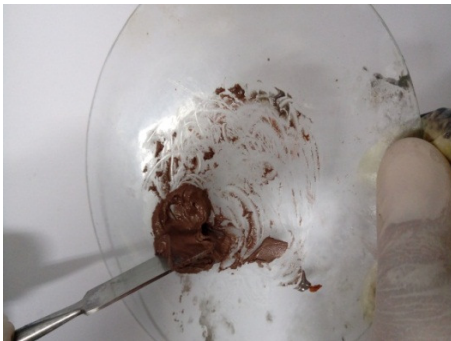
## 2. METODOLOGIA

Os corpos de provas foram fabricados de placas de aço AISI 1020 foram utilizadas como substrato. Suas superfícies foram devidamente limpas com acetona e suas dimensões foram baseadas no padrão ASTM D1002-99 (comprimento de 102 mm, largura de 25,4 mm e espessura de 1,6 mm).

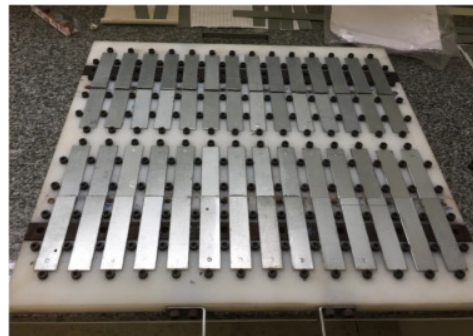
Para o processo de colagem, utilizou-se uma resina epóxi - Epoxiglass P30-A, com adição de Epoxiglass P30-B como agente de cura (endurecedor). A proporção resina/endurecedor em volume foi de 1:0,6, sugerida pelo fabricante. Este adesivo é comercialmente utilizado para várias aplicações, tais como colagem de concreto, ferro, aço e plásticos rígidos para uso estrutural e também pode ser usado para encapsulamento de equipamentos da indústria eletroeletrônica.

Para a fabricação do compósito foi utilizado a resina epóxi com 15% em volume de pó de cobre da marca PAC o pó de cobre foi passado na peneira de 75  $\mu$ m. Na Figura 2 (a) pode-se observar a mistura da resina epóxi com o pó de cobre, pronta para ser aplicada nos corpos de prova metálicos.

Após a adição do adesivo sobre a superfície dos corpos de prova metálicos, os mesmos foram acoplados no dispositivo de colagem como pode ser observado na Figura 2 (b), e submetidos a um processo de cura de 1, 15, 30 e 60 dias. Os processos de cura dos adesivos foram realizados à temperatura ambiente ( $24 \pm 3$  °C) e umidade relativa de  $71 \pm 5\%$ . Para controlar a espessura da camada adesiva foi utilizado um dispositivo de colagem especificamente projetado para a confecção de juntas de sobreposição simples com base na ASTM D1002-99. A avaliação da resistência das juntas coladas foi feita através do ensaio mecânico de cisalhamento. Para os ensaios foi utilizada a máquina Servohidráulica MTS BionixLandmark 370.02, de carga máxima de 15KN.



(a)



(b)

Figura 2. (a) Mistura de matriz epóxi com 15% de Cu e (b) corpos de provas fixados no dispositivo

## 3. RESULTADOSE DISCUSSÃO

Na Tabela 1 podemos ver os resultados do teste de resistência ao cisalhamento para o adesivo epóxi puro e o adesivo compósito reforçado com pó de cobre.

**TABELA 1. Resistência ao cisalhamento**

<b>Tipo de Adesivo</b>	<b>Resistência média <math>\pm</math> Desvio Padrão (MPa)</b>
Epóxi puro	2,94 $\pm$ 0,30
Epóxi reforçado com pó metálico	3,15 $\pm$ 0,06

Podemos observar que não ocorreu mudanças significativas nas propriedades adesivas do epóxi puro e o compósito reforçado com pó metálico de cobre, ou seja, a incorporação do pó metálico não interfere nas propriedades adesivas.

Para o compósito reforçado com 15% de pó de cobre foram realizados os ensaios de cisalhamentos simples variando o tempo de cura de 1, 15, 30, 45 e 60 dias. Os resultados estão apresentados na Tabela 2 e podemos observar que o compósito não perdeu suas propriedades adesivas com o aumento dos dias de cura. O pó metálico não diminuiu as propriedades adesivas e o reforço metálico aumentando o tempo de cura não degradou a resina e conservou as suas propriedades adesivas.

**TABELA 2. Influência do tempo de cura na resistência ao cisalhamento nos adesivos compósitos**

<b>Tempo de cura do adesivo compósito</b>	<b>Resistência média <math>\pm</math> Desvio Padrão (MPa)</b>
1 dia	3,151 $\pm$ 0,06
15 dias	3,207 $\pm$ 0,34
30 dias	3,460 $\pm$ 0,06
45 dias	3,532 $\pm$ 0,46
60 dias	3,493 $\pm$ 0,09

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os resultados mostraram que não ocorreu mudanças nas propriedades adesivas com a incorporação do reforço metálico em relação ao epóxi puro e o estudo mostrou que os valores de adesão e aderência permanecem constante com o aumento do tempo de cura do adesivo, ou seja, não ocorreu perdas das propriedades adesivas aumentando o tempo de cura.

#### **Agradecimentos**

A Universidade Federal de Sergipe e ao CNPq .

#### **5. REFERÊNCIAS**

1. K. D. D. Tobias "Investigating the suitability of roughness parameters to assess the bond strength of polymer-metal hybrid structures with mechanical adhesion. Composites Part B, 2017, 20-25.
2. S. Budhe; M. D. Baneam; S. Barros; L. F. M. Silva review of adhesively bonded joints in composite materials. International Journal of Adhesion and Adhesives, 2017 Vol. 72, pp. 30-42.
3. N. Mendes, Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, 2005.
4. J.D. Altidis, Tese de Doutorado, Universidade Federal da Paraíba, 2013.