

OBTENÇÃO DAS CURVAS DE FORÇA X DESLOCAMENTO DE ADESIVOS PARA UNIÃO DE METAIS SUBMETIDOS À TEMPERATURA ELEVADA

Eng. Marcos Antônio da Silva Mayer Filho

Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS. Avenida Unisinos, 950.
marcosmayerf@gmail.com

Prof. Ms. Fabiano da Silva Brites

Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS. Avenida Unisinos, 950.
fbrites@unisinos.br

Resumo: O presente trabalho tem como objetivo a realização de ensaios de cisalhamento de uniões adesivadas submetidas a quatro patamares de temperatura, sendo eles 100°C, 150°C, 200°C e temperatura ambiente (24°C), para avaliação do comportamento da junta nessas condições. Os dados coletados foram utilizados para a obtenção das curvas de força versus deslocamento das juntas adesivadas. Foram utilizados dois tipos de adesivos para a realização dos ensaios, um monocomponente e um bicomponente. O substrato foi fabricado em aço SAE 1020, comumente utilizado para fabricação de equipamentos. O mesmo foi previamente preparado para a aplicação do adesivo. Após a finalização dos ensaios, foram geradas as curvas de força versus deslocamento, com as quais foi possível visualizar o comportamento das juntas adesivadas nos diferentes patamares de temperatura. Assim, constatou-se que os adesivos apresentaram comportamento satisfatório nas temperaturas estabelecidas.

Palavras chave: Uniões adesivadas. Juntas. Adesivo. Ensaios. Temperatura.

1. INTRODUÇÃO

A utilização de compostos adesivos está presente e/ou ganhando diversos nichos de mercado. Em meio a uma economia onde tempo muitas vezes vale mais do que dinheiro, essa solução chegou revolucionando diversas áreas e segmentos. Atualmente, a utilização de compostos adesivos já está presente na indústria metal mecânica, na união de metais, onde se destacam a fabricação de aviões e ônibus, que são construídos utilizando esse método de união de chapas, facilitando e tornando mais ágil a linha de produção.

Paralelo à crescente utilização de adesivos está também o aumento do número de empresas fabricantes dos mesmos. Isso torna a aplicação e comercialização dos adesivos mais acessível para pequenas empresas, pois esse tipo de produto deixa de ser exceção, contribuindo para sua popularização e disseminação em diferentes áreas.

O presente trabalho tem como objetivo geral a obtenção das curvas de força versus deslocamento de compostos adesivos, utilizados para união de chapas metálicas fabricadas em aço SAE 1020, submetidos a temperatura ambiente (24°C) e elevadas (100°C, 150°C e 200°C), por meio de ensaios de cisalhamento.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A utilização de adesivos poliméricos tem crescido consideravelmente para realizar a união de componentes em aplicações estruturais, semiestruturais e não estruturais. (BUDYNAS; NISBETT, 2011). Existem diversos tipos de adesivos, porém este trabalho visa o estudo de adesivos estruturais, por se tratarem de componentes mais utilizados em equipamentos.

Em um processo de união de peças metálicas existem três importantes etapas, sendo elas: o projeto, a colagem e a cura. Assim, primeiramente, deve-se considerar na fase de projeto alguns fatores a que a junta ficará exposta, como cargas que ela necessitará suportar, a forma com que essas cargas serão aplicadas sobre os componentes das juntas e o ambiente onde a junta será utilizada. Após, deve-se realizar a colagem dos substratos, que consiste em criar um contato molecular entre o substrato e o adesivo. A terceira etapa, trata-se da cura ou endurecimento do adesivo. Isso se dá através de fontes de calor ou em temperatura ambiente, por exemplo. (HOEHNE, 2012).

Os adesivos monocomponentes ou adesivos epóxicos são caracterizados por não necessitarem da aplicação de um endurecedor. A composição de sua resina já contém um agente responsável pelo endurecimento, ou cura do adesivo após sua aplicação e sob condições específicas. Os endurecedores reagem com a resina epóxi quando são expostos a alta temperatura, que permite sua solubilização na resina. (PACKHAM, 2005).

A polimerização nesse tipo de adesivo, conhecida como polimerização por adição, é rápida, o que resulta no adesivo curado. Esse mecanismo de polimerização dos adesivos bicomponentes ocorre de forma significativamente mais

acelerada que nos adesivos monocomponentes. (HOEHNE, 2012). A Figura 1 compara o perfil de cura de adesivos bicomponentes e monocomponentes.

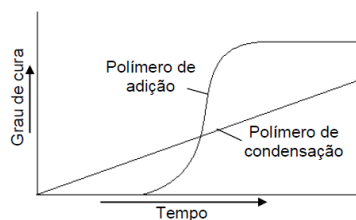


Figura 1. Perfil de cura de adesivos bicomponentes e monocomponentes. (Hoehne, 2012)

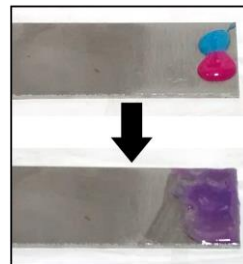


Figura 2. Procedimento de mistura do adesivo SGA. (Elaborado pelo autor)

“A boa prática de projeto normalmente requer que junções de adesivo sejam construídas de tal maneira que o adesivo carregue a carga em cisalhamento em vez de tração”. (BUDYNAS; NISBETT, 2011, p. 509). As uniões são comumente mais fortes quando submetidas a esforços de cisalhamento, comparado a esforços de tração. Isso ocorre devido ao método utilizado para a realização das juntas, sobrepondo as chapas, por exemplo.

O substrato é o material que será unido por meio de adesivo. Esses podem ser metais, madeiras, vidros, acrílicos, entre outros. O tratamento da superfície do substrato é importante para que o adesivo tenha uma boa adesão. Para o tratamento da superfície do substrato deve-se realizar a limpeza da mesma, que pode ser uma limpeza com solvente, ou o lixamento da região onde será aplicado o adesivo. Eventualmente é necessário realizar um tratamento químico na superfície, dependendo do tipo e quantidade de sujeira na mesma. (AMORIM; CARVALHO; LOURO; MÁXIMO; SANTOS; VICENTE; 2011).

3. METODOLOGIA

A partir dos estudos e pesquisas sobre os tipos de adesivos utilizados para união de metais, além da disponibilidade comercial e custo, optou-se pela aplicação de um adesivo monocomponente e um adesivo bicomponente para que fosse possível fazer uma comparação entre os dois tipos.

O adesivo monocomponente selecionado necessita de cura a 150°C por 30 minutos, após sua aplicação, e apresenta boa resistência ao calor. Nesse sentido, para realizar sua cura, foi utilizada uma estufa, devido à necessidade de espaço interno de no mínimo 600mm para armazenamento dos corpos de prova durante o período de cura.

Já o adesivo bicomponente selecionado é curado a temperatura ambiente e a mistura do mesmo se dá na proporção 1:1. Conforme informações de seu fabricante, o adesivo apresenta uma tolerância de mistura de até 20% sem afetar sua eficiência de colagem. Por esse motivo, é possível controlar a proporção desta visualmente, ou seja, quando a mistura atingir a cor violeta a proporção está adequada para aplicação no substrato, conforme a Figura 2.

Para a realização dos ensaios foi utilizado um modelo de substrato em aço de baixo carbono SAE 1020. Todos os substratos foram fabricados a partir de barras chatas de 1,6mm x 25,4mm x 300mm, conforme indicações da norma ASTM D1002.

O primeiro passo na preparação dos substratos foi a limpeza da superfície com um desengraxante. Após, foi realizado o lixamento da superfície na região de aplicação do adesivo, utilizando lixas para metal com granulometria 100, para que ele tenha uma melhor aderência com o substrato. Após, os substratos foram limpos com thinner para que não fiquem resquícios de sujeira provenientes do lixamento e para que a superfície onde serão aplicados os adesivos fiquem desengorduradas. Em seguida, os corpos de prova foram unidos por meio de junta de sobreposição. A Figura 3 ilustra o método de união e o dimensional dos corpos de prova.

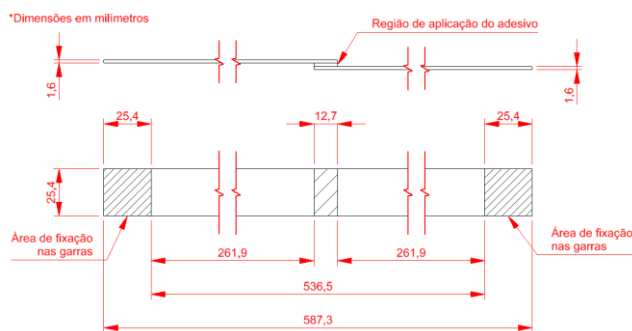


Figura 3. Método de união e dimensional dos corpos de prova. (Elaborado pelo autor)

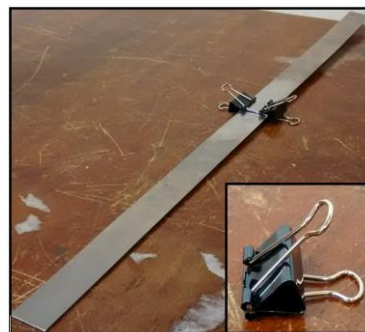


Figura 4. Método de união e dimensional dos corpos de prova. (Elaborado pelo autor)

Conforme procedimento adotado pelo fabricante dos adesivos na união dos substratos, foram utilizados dois grampos metálicos visando manter as duas barras chatas unidas durante o tempo de cura do adesivo. A Figura 4 ilustra o corpo de prova unido com os grampos e, em detalhe, o tipo de grampo utilizado para realizar essa união.

Visando atender ao objetivo deste trabalho, referente ao comportamento da união adesivada para trabalho em temperaturas elevadas, foram definidos quatro patamares de temperaturas aos quais as juntas adesivadas foram expostas durante o ensaio de cisalhamento, sendo 24°C (temperatura ambiente para referência), 100°C, 150°C e 200°C. Para realizar o aquecimento dos corpos de prova durante os ensaios foi utilizado um forno vertical bipartido com capacidade para aquecimento de até 1200°C.

O ensaio de cisalhamento com os corpos de prova foi realizado na Máquina Universal de Ensaio da Unisinos. Na Tabela 5 pode-se observar alguns dados referentes aos corpos de prova ensaiados.

Tabela 1. Dados dos corpos de prova ensaiados. (Elaborado pelo autor)

Monocomponente				Bicomponente			
Corpo de prova	Temperatura	Corpo de prova	Temperatura	Corpo de prova	Temperatura	Corpo de prova	Temperatura
CPM1	24°C	CPM7	150°C	CPB1	24°C	CPB7	150°C
CPM2	24°C	CPM8	150°C	CPB2	24°C	CPB8	150°C
CPM3	24°C	CPM9	150°C	CPB3	24°C	CPB9	150°C
CPM4	100°C	CPM10	200°C	CPB4	100°C	CPB10	200°C
CPM5	100°C	CPM11	200°C	CPB5	100°C	CPB11	200°C
CPM6	100°C	CPM12	200°C	CPB6	100°C	CPB12	200°C

O ensaio de todos os corpos de prova foi realizado até que houvesse o rompimento destes. Os valores de força e deslocamento fornecidos pelo equipamento foram utilizados na elaboração dos gráficos de força *versus* deslocamento, propostos nos objetivos do trabalho, os quais serão apresentados e discutidos no capítulo 4.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os Gráficos a seguir apresentam as curvas de força versus deslocamento dos corpos de prova ensaiados nos patamares de temperatura estabelecidos anteriormente utilizando os adesivos monocomponente e bicomponente.

Gráfico 1. Curvas de força *versus* deslocamento em temperatura ambiente. (Elaborado pelo autor)

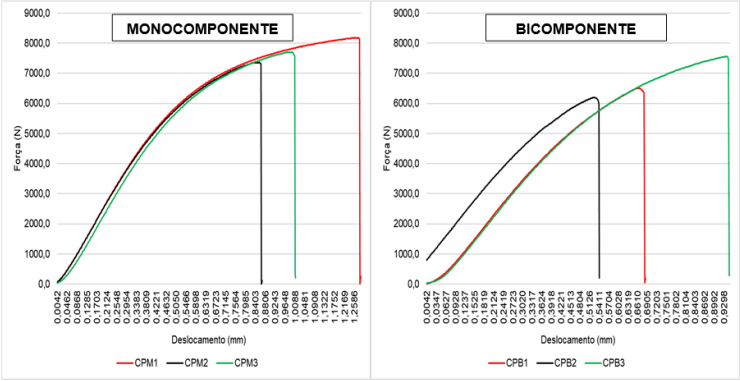


Gráfico 2. Curvas de força *versus* deslocamento à 100°C (Elaborado pelo autor)

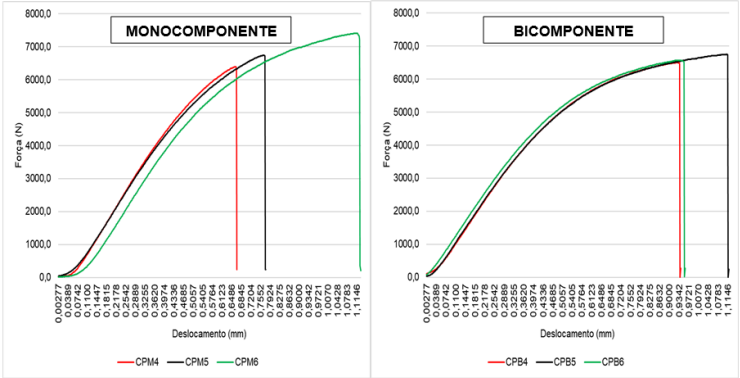


Gráfico 3. Curvas de força *versus* deslocamento à 150°C (Elaborado pelo autor)

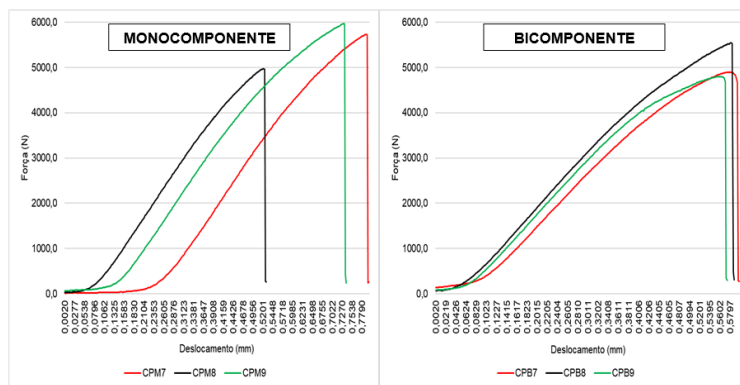
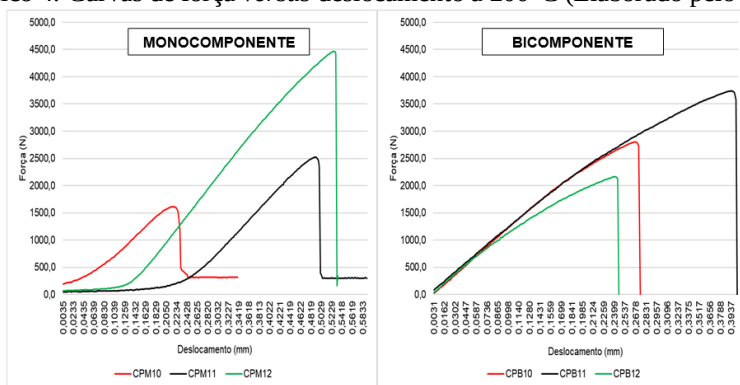


Gráfico 4. Curvas de força versus deslocamento à 200°C (Elaborado pelo autor)



A partir dos gráficos, foi possível elaborar uma tabela contendo os valores de força máxima de cada ensaio, bem como a média e o desvio padrão das forças máximas, que serão utilizados para análise do comportamento da junta adesivada, conforme a Tabela 2.

Tabela 2. Resultados dos ensaios realizados. (Elaborado pelo autor)

Dados	Monocomponente		Bicomponente		Temperatura
Força máxima	CPM1	8185,47N	CPB1	6507,27N	24°C
	CPM2	7357,44N	CPB2	6193,37N	
	CPM3	7703,59N	CPB3	7559,41N	
Média da força máxima	7748,83N		6753,35N		
Desvio padrão da força máxima	415,87N		715,49N		
Força máxima	CPM4	6388,41N	CPB4	6494,28N	100°C
	CPM5	6737,04N	CPB5	6745,37N	
	CPM6	7406,30N	CPB6	6567,53N	
Média da força máxima	6843,91N		6602,40N		
Desvio padrão da força máxima	517,29N		129,13N		
Força máxima	CPM7	5731,05N	CPB7	4896,21N	150°C
	CPM8	4974,12N	CPB8	5541,32N	
	CPM9	5966,65N	CPB9	4798,76N	
Média da força máxima	5557,27N		5078,76N		
Desvio padrão da força máxima	518,58N		403,54N		
Força máxima	CPM10	1616,22N	CPB10	2798,78N	200°C
	CPM11	2518,64N	CPB11	3739,91N	
	CPM12	4469,15N	CPB12	2162,61N	
Média da força máxima	2868,00N		2900,43N		
Desvio padrão da força máxima	1458,20N		793,55N		

Após a análise das curvas de força versus deslocamento referentes aos corpos de prova unidos com adesivo monocomponente e bicomponente, submetidos a esforços de cisalhamento em diferentes patamares de temperatura e da Tabela 2, que apresenta os principais resultados dos ensaios realizados, pode-se observar que as forças médias obtidas para o adesivo monocomponente são ligeiramente superiores ao adesivo bicomponente. Com relação ao deslocamento

sofrido pelos corpos de prova durante o ensaio, pode-se observar que ambos os adesivos obtiveram valores semelhantes quando comparados à carga máxima atingida.

Esses resultados indicam que os adesivos podem ser utilizados para união de peças metálicas em diferentes patamares de temperatura, porém à medida que a temperatura de exposição da junta adesivada aumentar, sua resistência irá diminuir, consequentemente.

Os Gráficos abaixo apresentam um comparativo da média de força máxima atingida pelos adesivos nos diferentes patamares de temperatura ensaiados.

Gráfico 5. Comparativo da média de força máxima atingida pelos adesivos. (Elaborado pelo autor).

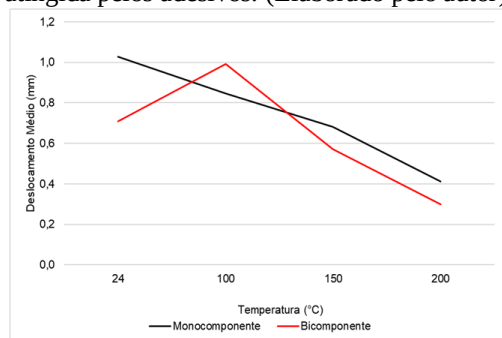
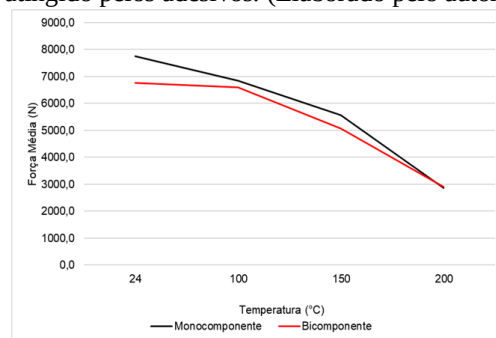


Gráfico 6. Comparativo da média de deslocamento atingido pelos adesivos. (Elaborado pelo autor).



Analisando as curvas, pode-se observar que os adesivos apresentam perda de resistência mecânica à medida que aumenta a temperatura de exposição da junta, conforme citado anteriormente. Pode-se observar também que o adesivo bicomponente apresenta menor resistência mecânica quando comparado com o adesivo monocomponente.

O Gráfico 6 apresenta um comparativo da média de deslocamento máximo atingido pelos adesivos nos diferentes patamares de temperatura ensaiados.

Analisando as curvas, pode-se observar que os adesivos apresentam pequenos deslocamentos até o seu rompimento, sendo quase todos eles inferiores a 1mm. Pode-se observar também que o adesivo bicomponente apresenta, em um contexto geral, deslocamentos inferiores comparado ao adesivo monocomponente, exceto no ensaio à 100°C.

5. CONCLUSÃO

Através da análise das curvas de força *versus* deslocamento, obtidas através dos ensaios realizados nos corpos de prova adesivados, foi possível verificar se os adesivos selecionados para análise tiveram um comportamento satisfatório nos patamares de temperatura arbitrados.

Os corpos de prova ensaiados à temperatura ambiente serviram como referencial para que fosse possível realizar uma análise a respeito do comportamento dos demais corpos de prova ensaiados nos diferentes patamares de temperatura. A partir dos resultados apresentados no capítulo 4, é possível afirmar que os adesivos monocomponente e bicomponente podem ser aplicados a diferentes patamares de temperaturas até 200°C. Outro ponto que é importante ser ressaltado é que à medida que a temperatura de exposição da junta adesivada aumenta, a resistência da união diminui.

6. REFERÊNCIAS

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). ASTM D1002 – 99: Standard Test Method for Apparent Shear Strength of Single-Lap-Joint Adhesively Bonded Metal Specimens by Tension Loading (Metal-to-Metal). 1. ed. Filadélfia, 1999.
- AMORIM, José; CARVALHO, Rodrigo; LOURO, Ana; MÁXIMO, Luís; SANTOS, Diogo; VICENTE, Inês. Adesivos estruturais na construção de aviões. 2011. 23 f. Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto. Porto, 2011. Disponível em: < https://web.fe.up.pt/~projfeup/cd_2010_11/files/MMM513_relatorio.pdf>. Acesso em: 27 maio 2018.
- BUDYNAS, Richard; NISBETT, J. Keith. Elementos de máquinas de Shigley: projeto de engenharia mecânica. 8. ed. Porto Alegre: AMGH, 2011.
- HOEHNE, Juliana L. Estudo da utilização de adesivo estrutural para redução de pontos de solda nas partes móveis de veículos e correlação da estrutura do compósito metal/recobrimento/adesivo formado com seu desempenho mecânico. 2013. 174 f. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica, Materiais e de Minas, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2013. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handle/1843/BUOS-9LFMB4>>. Acesso em: 02 junho 2018.
- PACKHAM, D. E. Handbook of adhesion. 2. ed. West Sussex: John Wiley & Sons, 2005.

7. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.

OBTAINING CURVES OF STRENGTH X DISPLACEMENT OF ADHESIVES FOR UNION OF METALS SUBMITTED TO HIGH TEMPERATURE

Eng. Marcos Antônio da Silva Mayer Filho

Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS. Avenida Unisinos, 950.
marcosmayerf@gmail.com

Prof. Ms. Fabiano da Silva Brites

Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS. Avenida Unisinos, 950.
fbrites@unisinos.br

Abstract: *The present paper has the objective of performing shear tests of adhesived joints subjected to four temperature levels, being 100°C, 150°C, 200°C and ambient temperature (24°C), to evaluate the behavior of the joint under these conditions. The collected data were used to obtain the curves of strength versus displacement of the adhesived joints. Two types of adhesives were used to perform the tests, a single component and a two-component. The substrate was manufactured from SAE 1020 steel, commonly used for equipment manufacturing. It was previously prepared for the adhesive application. After the tests finished, the curves of strength versus displacement were generated, which it was possible to visualize the behavior of the adhesived joints at different temperature levels. Thereby, it was found that the adhesives presented satisfactory behavior at the established temperatures.*

Keywords: *Adhesived joints. Joints. Adhesive. Tests. Temperature.*

RESPONSIBILITY NOTICE

The authors are the only responsible for the printed material included in this paper.