

AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO TEMPO DE ESTUFA NA RESISTÊNCIA MECÂNICA DE JUNTAS ADESIVAS PARA APLICAÇÃO EM PARA-LAMAS AGRÍCOLAS

Dilson Savaris Cortelini Junior

Universidade Federal do Rio Grande, Av. Itália, s/n – km 8, 96203-900, Carreiros, Rio Grande - RS
dilson.cortelini@hotmail.com

Diego Tolotti

Bruning Tecnometal, Rua Vinte e Cinco de Julho, 2305, 93280-000, Alvorada, Panambi - RS
diegot@bruning.com.br

Vagner Braga

Bruning Tecnometal, Rua Vinte e Cinco de Julho, 2305, 93280-000, Alvorada, Panambi - RS
vagner.braga@bruning.com.br

Kleber Eduardo Bianchi

Universidade Federal do Rio Grande, Av. Itália, s/n – km 8, 96203-900, Carreiros, Rio Grande - RS
bianchi.kleber@gmail.com

Resumo: O emprego de adesivos estruturais tem se ampliado no setor da mobilidade, especialmente na união de chapas finas. Em muitos casos, quando comparadas a outros métodos de união, as juntas adesivas propiciam estruturas leves, de menor custo de produção e – não menos importante – com qualidade estética superior. Sob o ponto de vista estrutural, a uniformidade de distribuição das tensões sobre uma grande área de contato, o que não ocorre, por exemplo, na soldagem por pontos, lhes confere um nível de integridade elevado. Contudo a maior parte dos adesivos estruturais possui composição polimérica, o que lhes torna suscetíveis à degradação provocada pelo calor. Por conseguinte o estudo da viabilidade de juntas adesivas em estruturas do setor da mobilidade deve englobar a avaliação da influência da temperatura na resistência mecânica. O presente trabalho descreve inicialmente os experimentos para medição da temperatura a que são expostos para-lamas agrícolas durante processo de pintura. Este levantamento possibilitou gerar regimes de aquecimento em estufa, aos quais foram submetidos distintos grupos de corpos de prova contendo juntas adesivas. Foram empregados dois adesivos comerciais: i) acrílico e ii) acrílico estrutural de alto desempenho. Ambos foram aplicados na união de lâminas de espessura 2,65 mm, do aço SAE J403 1008, material com que são fabricados os para-lamas. A resistência dos corpos de prova foi avaliada por ensaios de tração cisalhante (lap-shear) em juntas sobrepostas simples (single lap joints), após o processo de aquecimento em estufa. Alguns corpos de prova foram mantidos à temperatura ambiente, como grupo de controle. As falhas obtidas nos ensaios foram principalmente coesivas, o que evidencia uma boa adesão ao substrato utilizado. As amostras de adesivo de alto desempenho apresentaram aumento de resistência, em relação ao grupo de controle, em todos os tempos de encharque. No entanto, para o adesivo acrílico comum, a resistência variou em torno da média dos corpos de prova não aquecidos, com uma considerável dispersão dos resultados. São discutidos aspectos relacionados ao controle de espessura da junta, os quais podem ter ocasionado tal dispersão de propriedades.

Palavras-chave: Adesivo Estrutural; Juntas Adesivas; Temperatura; Processo e-coat.

1. INTRODUÇÃO

Uma junta funcional pode ser obtida por meio de diversos métodos de fixação, dentre os quais se destacam a soldagem, a brasagem, a fixação mecânica por parafusos ou rebites e, por fim, a união por adesivos. Segundo Petrie (2000), vários modos de união podem ser adequados para cada peça ou estrutura específica. Portanto o projeto deve englobar processos de decisão que levem em consideração, no que tange à integridade estrutural, a distribuição das tensões e a conservação das propriedades mecânicas ao longo da vida do componente. Já sob o ponto de vista comercial e de produção, o aspecto estético da junta é muito importante.

O crescimento na utilização dos adesivos estruturais se deve ao fato de apresentarem características frequentemente almejadas por projetistas de estruturas e engenheiros de produção. Segundo Silva et al. (2018) as juntas unidas por adesivos apresentam uma distribuição uniforme de tensões, bom amortecimento de vibrações e resistência à fadiga. Além disso a configuração sobreposta – característica intrínseca às juntas adesivas – confere rigidez elevada, meta frequentemente almejada no caso de peças compostas por chapas finas.

Como dito anteriormente, um método de união deve ser capaz de cumprir sua função estrutural durante todo o ciclo de vida, apresentando a resistência mecânica necessária em todo o espectro de condições ambientais às quais a estrutura será submetida. Marques et al. (2014) apresentam uma revisão do comportamento dos adesivos em aplicações de alta e baixa temperatura. Segundo os autores, a maior parte dos adesivos estruturais é baseada em polímeros, os quais não apresentam capacidade de manter suas propriedades em elevadas temperaturas. Referindo-se especificamente à área da mobilidade, os adesivos acrílicos são indicados para temperaturas relativamente elevadas, às quais as peças são submetidas durante os processos de fabricação ou mesmo em operação. Tais adesivos têm a capacidade de manter suas propriedades mecânicas em temperaturas na ordem de 150 °C.

Atualmente grande parte dos para-lamas agrícolas é fixada por pontos, processo de soldagem que, segundo Costa et al. (2015), propicia rapidez, facilidade de operação e simplicidade de dispositivos e acessórios. Além disso a aplicação em linhas de manufatura automatizadas é relativamente simples. Entretanto, os pontos unidos (*nuggets*) comumente apresentam baixa vida em fadiga, devido à concentração de tensões em seu entorno (Schelegel, 1989).

Neste estudo foi avaliado o espectro de temperatura vs. tempo ao qual um para-lama agrícola é exposto durante um processo industrial de pintura por eletrodeposição. Tal componente é atualmente soldado por pontos para a formação de sua estrutura principal. A alteração para uma junta adesiva poderia conferir melhor vida em fadiga e melhor aspecto estético. Porém os critérios de projeto a ser atendidos são elevados e, por conseguinte, um amplo estudo de viabilidade teve início. São aqui descritos os experimentos realizados no intuito de verificar a influência do supracitado espectro de temperatura vs. tempo no que tange às propriedades mecânicas da junta. Corpos de prova foram confeccionados e divididos em grupos, destinados à aplicação de dois adesivos distintos. Os corpos de prova foram submetidos a diferentes tempos de cura em estufa e, posteriormente, ensaiados em tração cisalhante (*lap-shear*).

2. METODOLOGIA

Nesta seção são descritos os materiais empregados nas juntas, bem como os procedimentos de teste realizados. A sequência de experimentos foi composta pelas seguintes etapas: a) medição dos regimes de temperatura vs. tempo a que são expostos os para-lamas durante o processo *e-coat*, b) especificação, com base nos dados da etapa anterior, dos regimes de exposição dos corpos de prova em estufa, c) fabricação dos corpos de prova e separação em grupos, cada qual destinado a um dos regimes estabelecidos na etapa anterior, d) aplicação (em estufa estacionária) do regime de aquecimento para cada grupo de corpos de prova, e) ensaios de tração cisalhante e, por fim, f) análise das fraturas.

2.1. Descrição dos Adesivos Empregados

Os adesivos – os quais são recomendados pelos fabricantes para a substituição à soldagem, rebitagem e outros métodos comuns de fixação – são aqui referenciados por nomes genéricos “A” e “B”. A Tabela 1 dispõe suas principais propriedades informadas pelo fabricante.

Tabela 1 - Comparação entre as propriedades típicas dos adesivos informado pelo fabricante.

Propriedade	Adesivo “A”	Adesivo “B”
Temperatura de transição vítrea (T _g) ¹	81 °C	96 °C
Tensão de ruptura	18,5 MPa	14,7 MPa
Alongamento % ²	100	>20
Módulo de Young ²	862 MPa	1100 MPa
Performance adesiva ³	20,2 MPa (Falha coesiva)	15,9 MPa (Falha Coesiva)

¹ ASTM E1640-99, by DMA

² ASTM D638, modified

³ Teste de lap shear (ASTM D1002) e temperatura ambiente com área colada de 1”x0,5”, espessura de filme de 0,010” e substrato de aço.

Ambos os adesivos podem operar em temperaturas na faixa de -40°C a +149°C, tendo boa resistência a condições ambientais severas, como por exemplo, atmosfera de elevada umidade ou com ácidos diluídos, incidência indireta de radiação ultravioleta e, por fim, contato com graxas e óleos. O adesivo “A” é um composto acrílico estrutural de alto desempenho o qual, segundo o seu fabricante, tolera processos de pintura por eletrodeposição (*e-coat*). Dentro de condições normais de fabricação da junta, há expectativa de manutenção da falha coesiva (modo de falha que costuma propiciar maiores valores de resistência mecânica) até a temperatura de 170°C. Já o adesivo “B”, um composto acrílico comumente empregado em juntas adesivas, não tem comportamento conhecido nas condições ambientes em que é aplicado o processo *e-coat*.

2.2. Material do Substrato

Foram empregadas chapas com 2,65 mm de espessura do aço SAE J403 1008, o qual é empregado na confecção dos para-lamas que motivaram o estudo. A Tabela 2 apresenta sua composição química.

Tabela 2 - Composição química do aço SAE J403 1008 (ASTM D67B, 2004)

Carbono – C (%)	Manganês – Mn (%)	Silício – Si (%)	Fósforo – P (%)	Enxofre – S (%)
0,10 máx	0,3 a 0,5	-	0,03 máx	0,05 máx

2.3. Dimensões do corpo de prova

O projeto dos corpos de prova foi baseado na norma ASTM D1002 – 10 (2019), a qual fornece orientações quanto ao modelo dos corpos de prova e às características de ensaio. A junta sobreposta simples foi adotada, por apresentar configuração facilmente adaptável ao caso dos para-lamas. Pelo mesmo motivo foi empregada uma sobreposição de 16,5 mm, valor este correspondente à largura de aba disponível nos para-lamas. Neste sentido, salienta-se que a ASTM D1002 estabelece um tamanho máximo de sobreposição permissível, com o objetivo de evitar que a tensão de escoamento do substrato seja ultrapassada durante os ensaios, o que poderia prejudicar os resultados. Por meio da Equação (1), fornecida pela norma, é possível obter o tamanho máximo de sobreposição recomendado (L), utilizando como dados a espessura do metal do substrato (t), sua tensão de escoamento (F_y) e 50% da resistência ao cisalhamento da junta adesiva (τ), ou seja, metade do valor de resistência ao cisalhamento da junta.

$$L = F_{ty} \cdot \frac{t}{\tau} \quad (1)$$

Tomando por base o valor de resistência típica do aço SAE J403 1008, qual seja: 230 MPa, a espessura de substrato de 2,65 mm, e a resistência de cisalhamento da junta adesiva de 20,2 MPa e 15,9 MPa, respectivamente, para os adesivos A e B (dados retirados da Tab. 1); são obtidos tamanhos máximos de sobreposição de 59,4 mm para o adesivo A e 76,7 mm para o adesivo B. Consequentemente o valor de sobreposição escolhido, de 16,5 mm, é válido.

Por fim a norma ASTM D1002–10 permite a variação na espessura do metal de substrato e da área de sobreposição sugeridos no caso de testes de desenvolvimento. Porém a partir do momento em que estes valores tenham sido estabelecidos, todos os espécimes devem ser idênticos, de forma a permitir a comparação dos casos avaliados. A Figura 1 apresenta as dimensões finais dos corpos de prova.

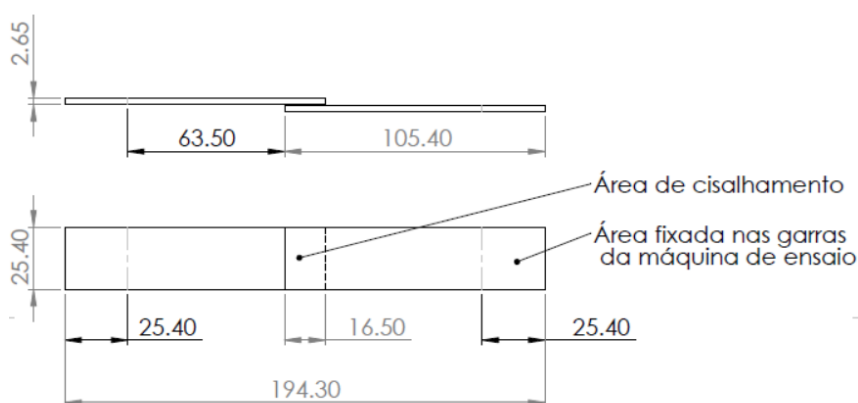


Figura 1. Representação das dimensões dos corpos de prova utilizados (dimensões em milímetros)

O controle da espessura da camada adesivada das juntas foi realizado por meio de esferas de vidro com 0,3 mm de espessura. O Adesivo A já apresenta, em sua composição, esferas de vidro com essa dimensão; o que não ocorre no adesivo B. Neste último caso as esferas foram inseridas manualmente sob o adesivo no momento de confecção da junta.

2.4. Ensaio de termografia dos para-lamas fabricados

Na linha de produção de para-lamas, após a deposição da camada final de pintura, os para-lamas são direcionados a uma estufa de grande porte, onde ocorre o processo de cura. Para medição do regime de temperatura ao qual são submetidos os para-lamas durante a cura, foi utilizado um termógrafo (modelo *EasyTrack2*) com recurso de plotagem das curvas de temperatura vs. tempo produzidas pelos sensores (termopares *Sonda MicroMag*). Estes, por sua vez,

foram distribuídos sobre o local onde seria efetuada a união adesiva do para-lama à estrutura principal. A Figura 2 mostra, dispostos sobre um para-lama, o termógrafo e os sensores empregados.

A descrição dos resultados obtidos, os quais nortearam a especificação dos regimes de aquecimento a serem aplicados nos corpos de prova contendo juntas adesivas, será abordada em seção posterior.

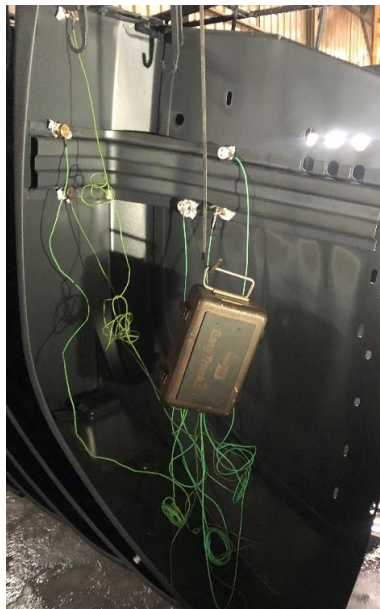


Figura 2. Para-lama agrícola instrumentado para coleta de dados de temperatura.

2.5. Especificação do número de corpos de prova e dos regimes de aquecimento em estufa estacionária

Tomando por referência os dados obtidos no ensaio termográfico dos para-lamas, foram estabelecidos os períodos de aquecimento (ou de encharque), a ser aplicados aos corpos de prova numa estufa estacionária. Tais períodos de encharque, todos relacionados à temperatura de 210°C, foram os seguintes: *i)* 45 min, *ii)* 1h:20min, *iii)* 2h:05min e, por fim, *iv)* 3h. Para cada regime de aquecimento especificado foram designados cinco corpos de prova. Uma amostra adicional foi confeccionada para servir como grupo de controle, não sendo submetida ao aquecimento em estufa. Num resumo, tendo em vista os dois adesivos em análise e os quatro regimes de aquecimento, somados aos grupos de controle, foram fabricados cinquenta corpos de prova.

2.6. Fabricação dos corpos de prova

As partes a serem unidas (tiras) foram cortadas dentro de tolerâncias normais de fabricação. Para garantir o correto alinhamento das tiras, bem como a geometria da junta, foi confeccionado um dispositivo específico. A Figura 3 mostra uma fotografia do dispositivo, sobre o qual estão dispostas tiras a serem unidas. Observa-se que o adesivo já havia sido cuidadosamente depositado. O correto posicionamento de um batente garantiu que, ao serem aproximadas as duas partes que compõem a junta a altura correta da junta fosse obtida.



Figura 3. Fotografia do dispositivo e de tiras a serem unidas, momentos antes da colagem.

2.7. Aplicação dos regimes de aquecimento sobre os corpos de prova

Cada grupo de corpos de prova foi inserido em temperatura ambiente numa estufa elétrica de bancada, com sistema de aquecimento composto por bancos de resistores. Foi então aplicada uma rampa de aquecimento da ordem de $\sim 7^{\circ}\text{C}/\text{min}$ e, a partir do momento em que a temperatura de 210°C era atingida, um procedimento de controle *on-off* mantinha esta temperatura estável ao longo do período de encharque. A estufa era então desligada e aberta, o que propiciava uma taxa de resfriamento semelhante à observada no processo industrial.

2.8. Ensaio mecânico de tração

Os corpos de prova foram testados numa máquina universal EMIC modelo DL 200, de 200 kN de capacidade. O posicionamento ocorreu de forma a garantir que a região de agarre, nas extremidades do corpo de prova, atingisse uma profundidade de aproximadamente 25,4 mm. Seguindo as determinações da norma ASTM D1002 (2019), uma taxa de carregamento de 1,3 mm/min foi empregada.

Na junta sobreposta simples (*single lap joints*), a aplicação da carga longitudinal de teste gera um esforço cisalhante na camada de adesivo, motivo pelo qual é empregado o termo ‘tração cisalhante’. Contudo, tal configuração de junta naturalmente apresenta uma excentricidade e, por consequência, ocorre momento secundário durante o teste. Por esse motivo, a camada de adesivo também sofre uma componente transversal de arrancamento (*peel*).

3. RESULTADOS

3.1. Ensaio termográfico de um para-lama na estufa de secagem industrial

O ensaio termográfico identificou o momento correspondente ao pico de temperatura, ocorrido aproximadamente 55 min após a introdução do para-lama na estufa do sistema *e-coat*. Neste momento, os sensores geraram valores dentro da faixa de ~ 217 a 224°C . A Tabela 3 mostra um quadro resumo de valores obtidos. A última linha da tabela contém os dados gerados por um sensor disposto sob o para-lama para medição da temperatura do ar da estufa.

Tabela 3. Dados obtidos durante o ensaio termográfico.

Sensor	$T_{\max}$ [$^{\circ}\text{C}$]	$t \rightarrow T_{\max}$	$t \rightarrow T = 175^{\circ}\text{C}$	$\Delta t: T \geq 175^{\circ}\text{C}$	$t \rightarrow T = 210^{\circ}\text{C}$	$\Delta t: T \geq 210^{\circ}\text{C}$
1 (peça)	223,2	55 min	12 min	57 min	24 min	42 min
2 (peça)	217,3	55 min	17 min	52 min	35 min	30 min
3 (peça)	224,1	54 min	10 min	59 min	22 min	45 min
4 (peça)	220,7	55 min	13 min	56 min	25 min	38 min
5 (peça)	220,6	55 min	15 min	54 min	30 min	37 min
6 (ar)	220,3	53,5 min	5 min	62,5 min	23 min	34 min

Salienta-se que o processo de secagem possui períodos e temperaturas de referência, necessários para garantir a qualidade final da pintura. Por outro lado, várias peças diferentes – seja na forma, no volume ou na espessura de suas chapas – passam pela mesma estufa. Consequentemente, as peças são deslocadas com baixa velocidade e, eventualmente, o sistema de movimentação é parado para a inserção de peças complexas. Tais fatos contribuem para que seja atingido o nível de qualidade almejado, quaisquer que sejam as peças. No caso do para-lama, a Tabela 3 mostra que o regime correspondente à temperatura de referência $T = 175^{\circ}\text{C}$ foi executado corretamente, o que assegurou a qualidade final do produto. Por outro lado, também foi observado que o para-lama esteve exposto, por longo período de tempo, a um platô de temperatura em torno de 210°C , dentro do qual foi atingido o valor máximo. Tal resultado naturalmente conduziu à adoção deste valor de 210°C como referência no aquecimento dos corpos de prova em estufa de bancada. Por fim, é importante notar que os valores de temperatura mostrados na Tabela 3 estão acima da faixa de operação recomendada pelo fabricante dos adesivos (-40°C a $+149^{\circ}\text{C}$), bem como da temperatura limite, a partir da qual deixa de haver preponderância da falha coesiva ($+170^{\circ}\text{C}$).

3.2. Resistência mecânica observada nos testes de tração cisalhante

Devido ao grande número de casos, optou-se por dispor os resultados no diagrama de colunas mostrado na Fig. 4.

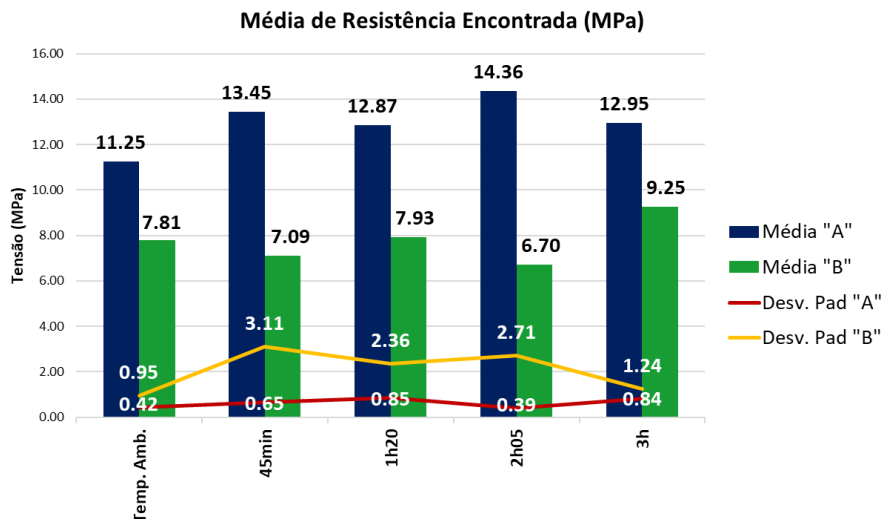


Figura 4. Resistência média dos corpos de prova ensaiados sob tração cisalhantes e desvio padrão dos resultados (MPa)

Nesta figura (assim como no restante do trabalho), o símbolo “A” corresponde aos dados obtidos para o adesivo estrutural de alto desempenho, ao passo que a letra “B” está associada ao adesivo acrílico convencional.

As colunas à esquerda do diagrama dispõem os dados obtidos nos grupos de controle (não submetidos a aquecimento). Observa-se clara diferença de resistência mecânica entre os adesivos.

Observou-se que, no caso do adesivo A, os períodos de encharque propiciaram aumento da tensão de ruptura. O valor médio correspondente ao grupo de controle, de aproximadamente 11,3 MPa, subiu para valores entre ~12,9 e ~14,4 MPa. Destaca-se também a baixa dispersão nos resultados verificada.

Já no caso do adesivo B observou-se comportamento disperso. Mesmo que o aquecimento das juntas não tenha causado impacto significativo no valor médio da resistência mecânica, um importante aumento da dispersão foi observado. Para evitar conclusões prematuras acerca desses resultados, desde já salientamos que tal dispersão pode ter sido fomentada pela forma como foram preparadas as juntas, e não pela exposição ao calor.

3.3. Avaliação dos modos de falha

A Figura 5 mostra faces de ruptura características dos grupos de controle. As superfícies de falha do adesivo A apresentaram coloração rosada. Todos os corpos de prova sofreram falha coesiva, como almejado. Já os corpos de prova fabricados com o adesivo B apresentaram uma coloração esbranquiçada na superfície de fratura. Todos os elementos da amostra sofreram falha coesiva, porém observou-se assimetria na espessura das camadas restantes de adesivo.

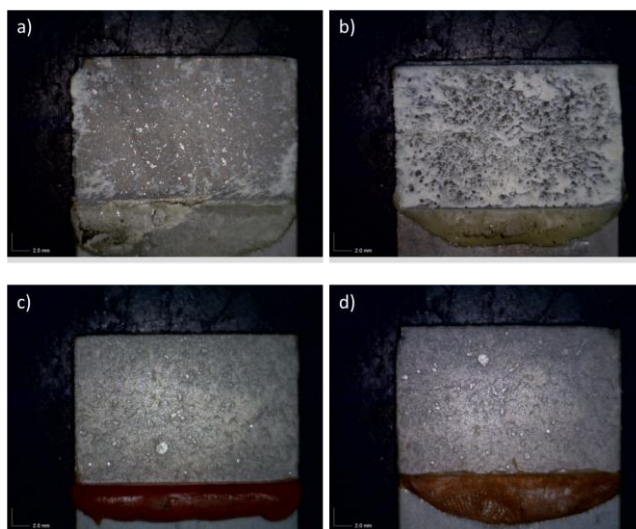


Figura 5. Imagem dos corpos de prova sem aquecimento. a) CP adesivo “B” (lado 1); b) CP Adesivo “B” (lado 2); c) CP Adesivo “A” (lado 1); d) CP Adesivo “A” (lado 2).

A Figura 6 mostra imagens das faces de fratura de corpos de prova que sofreram aquecimento.

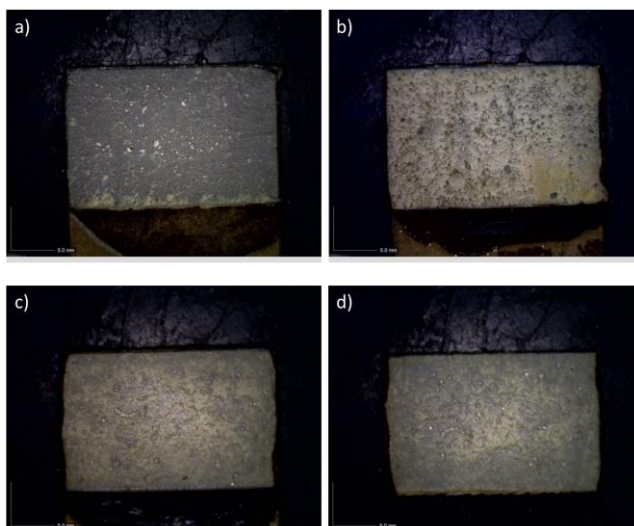


Figura 6. Imagem aproximada dos corpos de prova após período de encharque de 3h. a) CP Adesivo "B" (lado 1); b) CP Adesivo "B" (lado 2); c) CP Adesivo "A" (lado 1); d) CP Adesivo "B" (Lado 2).

No caso do adesivo A houve falha coesiva em toda a amostra. Já no caso do adesivo B foram evidenciadas duas tendências, quais sejam: *i*) os espécimes que apresentaram resistência próxima ou superior ao valor médio de seu grupo sofreram falha coesiva de camada fina, e *ii*) alguns corpos de prova de baixa resistência mecânica apresentaram pontos de provável degradação nas faces de ruptura do adesivo. Neste caso, apesar da predominância da falha coesiva, foram observados pequenos sítios de falha adesiva, possivelmente provocados pela concentração de esferas de vidro. A Figura 7 mostra superfícies de falha nas quais foram delineadas regiões nas quais houve acúmulo de esferas.

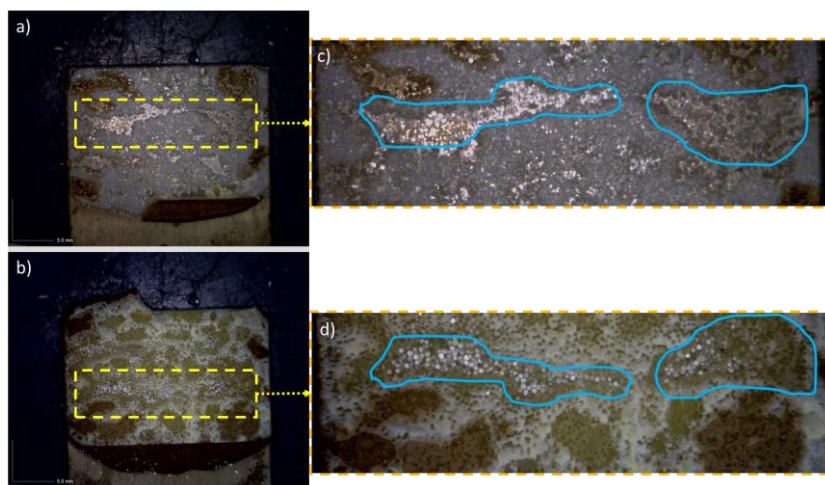


Figura 7. Superfícies de falha do adesivo B (tempo de encharque de 45 min), com destaque para áreas de concentração de esferas e falha adesiva: a) lado 1; b) lado 2; c) e d) vistas ampliadas destacando as regiões de acúmulo de esferas.

4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos indicam que as juntas adesivas de base acrílica, quando expostas em ambiente industrial ao processo de cura de pintura *e-coat*, sofrem alteração morfológica e de resistência mecânica. Contudo, tal alteração se manifestou de forma particular em cada adesivo analisado.

A análise termográfica efetuada sobre um para-lama, durante o processo de cura em estufa industrial, evidenciou a ocorrência de um platô da ordem de 210°C ou maior por períodos superiores a 30 min. Tal fato causou preocupação, por se tratar de um valor de temperatura acima dos parâmetros preconizados pelo fabricante dos adesivos.

Grupos de corpos de prova contendo juntas adesivas foram expostos à temperatura de 210°C por diferentes períodos. Os corpos de prova contendo o adesivo acrílico de alto desempenho apresentaram aumento de resistência da ordem de 14,2% a 27,5%, em relação aos corpos de prova que não passaram por aquecimento.

Por outro lado, as juntas contendo adesivo acrílico convencional apresentaram grande dispersão de resultados. Contudo, ao analisar as superfícies de fratura deste material, foram constatadas regiões de aglomeração das esferas de

vidro, inseridas manualmente na junta para que fosse obtida espessura correta. Tais aglomerações não foram observadas no adesivo de alto desempenho, por este já possuir em sua composição as esferas espaçadoras.

Os resultados também indicam que a dispersão de resultados é maior no adesivo acrílico convencional, mesmo no caso do grupo de controle (o qual não foi sujeito a aquecimento). Contudo tal dispersão é maior nas amostras submetidas ao aquecimento. Portanto a maior dispersão de resultados no caso do adesivo acrílico convencional parece ser resultado da superposição de efeitos da temperatura e da aglomeração de esferas.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores do trabalho agradecem a Bruning Tecnometal pela disponibilização da matéria prima para o substrato dos corpos de prova fabricados e equipamentos de ensaio para avaliação, bem como a Universidade Federal de Rio Grande pela parceria na realização deste trabalho.

6. REFERÊNCIAS

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D1002 – 10 (REAPPROVED 2019): *Standard Test Method for Apparent Shear Strength of Single-Lap-Joint Adhesively Bonded Metal Specimens by Tension Loading (Metal-to-metal)*¹. West Conshohocken: Astm International, 2019. 6 p.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM E1640 - 99: *Standard Test Method for Assignment of the Glass Transition Temperature by Dynamic Mechanical Analysis*¹. West Conshohocken, PA: Astm, 1999. 5p.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D638 – 14: *Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics*¹. West Conshohocken, Pa: Astm International, 2015. 17 p.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM DS67B: *Handbook of Comparative World Steel Standards*. 3 ed. West Conshohocken: Astm International, 2004. 663 p.
- COSTA, Hector R.M. et al. Experimental investigation of the mechanical behaviour of spot welding–adhesives joints Hector. *Composite Structures*. S.I., v. 133, p. 847-852. 2015. ISSN 0263-8223.
- MARQUES, E. A. S. et al. Adhesive Joints for Low- and High- Temperature Use: an overview. *The Journal Of Adhesion*. S.L., 91:7, p. 556-585, dez. 2014.
- PETRIE, Edward M. *Handbook of Adhesives and Sealants*. New York: McGraw-Hill, 2000. 867 p.
- SCHLEGEL, H. On the problems associated with adhesive bonding combined with resistance spot welding. *Welding International*, v. 3, n. 10, p. 878–888, 1989.
- SILVA, Lucas F. M. da; ÖCHSNER, Andreas; ADAMS, Robert D. (ed.). *Handbook of Adhesion Technology*. 2. ed. Cham: Springer, 2018. 1805 p.

7. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

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

EVALUATION OF THE INFLUENCE OF OVEN EXPOSURE TIME ON THE MECHANICAL STRENGTH OF ADHESIVE JOINTS FOR APPLICATION IN AGRICULTURAL FENDERS

Dilson Savaris Cortelini Junior

Universidade Federal do Rio Grande, Av. Itália, s/n – km 8, 96203-900, Carreiros, Rio Grande - RS
dilson.cortelini@hotmail.com

Diego Tolotti

Bruning Tecnometal, Rua Vinte e Cinco de Julho, 2305, 93280-000, Alvorada, Panambi - RS
diegot@bruning.com.br

Vagner Braga

Bruning Tecnometal, Rua Vinte e Cinco de Julho, 2305, 93280-000, Alvorada, Panambi - RS
vagner.braga@bruning.com.br

Kleber Eduardo Bianchi

Universidade Federal do Rio Grande, Av. Itália, s/n – km 8, 96203-900, Carreiros, Rio Grande - RS
bianchi.kleber@gmail.com

Abstract. *The use of structural adhesives has increased on automotives and mobility sectors, mainly on the union of thin metal sheets. When compared to some others joints options, adhesive joints results on light, cheaper and high aesthetics quality structures. When it comes to structural qualities, adhesive joints have a more uniform stress distribution in relation to spot welding, resulting in more reliable joint. On the other hand, a considerable part of structural adhesives has a polymeric nature, what provides a low performance when exposed to higher temperatures. Aiming to validate the use adhesive joints on vehicles, it is necessary to understand how the temperature and time exposure influence adhesive resistance. The present work evaluates the temperature and exposition time which an agricultural rear fender is exposed during an electrocoating painting process oven cure, as well the effect it causes on single lap joints specimens mechanical resistance. For this purpose, two different classes of adhesives were used on specimens: i) acrylic adhesive and ii) toughened structural acrylic adhesive. The single lap joints specimens resistance were evaluated using lap-shear test, with a 2,65 mm thickness SAE J403 1008 substrate. Cohesive failure was the mainly failure mode found on the specimens, leading to conclude they had a proper substrate adhesion. As result, the toughened structural acrylic adhesive had a strength increase regardless of the oven holding time, when compared to not heated specimens. However, for the joints created using the acrylic adhesive, the results were found around the average of the unheated specimens, with a wide data dispersion which is probably due to adhesive thickness control method used. Furthermore, the aspects related to the joints adhesive thickness control method used, which could be the answer to the data dispersion, are discussed.*

Keywords: *Structural adhesive; Adhesive joints; Temperature; E-coat painting.*

RESPONSIBILITY NOTICE

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