

### III-084 - AVALIAÇÃO DO REPROCESSAMENTO DE PEÇAS EM ABS CROMADAS E DECAPADAS VISANDO MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS

**Regis Garcia Moll<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Mecânico pela Universidade Federal do Rio Grande - FURG. Mestrando em Engenharia de Processos na Universidade da Região de Joinville - UNIVILLE.

**Giulia Herbst<sup>(2)</sup>**

Graduanda em Engenharia Química pela Universidade da Região de Joinville - UNIVILLE

**Ana Paula Kurek<sup>(3)</sup>**

Química Industrial e Mestre em Engenharia de Processos pela UNIVILLE. Doutora em Engenharia Química pela Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC e pós-doutoranda em Engenharia de Processos na Universidade da Região de Joinville - UNIVILLE.

**Noeli Sellin<sup>(4)</sup>**

Graduada em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Maringá - UEM, Mestre e Doutora em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP. Atualmente é professora dos Departamentos de Engenharia Química e Engenharia Ambiental e Sanitária e no Mestrado em Engenharia de Processos da UNIVILLE.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** R. Paulo Malschitzki, 10 - Zona Industrial Norte, Joinville - SC, 89219-710 - Brasil - Tel: (47) 3461-9000 - e-mail: regismoll@hotmail.com

#### RESUMO

Na cromagem de peças em acrilonitrila-butadieno-estireno (ABS), é gerado alto índice de refugos, devido aos defeitos visuais na superfície e deposição inadequada da camada metálica. Geralmente, as peças refugadas são decapadas com ácidos para remoção da camada metálica e o ABS é comercializado como sucata para uso em peças que exigem propriedades inferiores às do ABS virgem em suas aplicações ou é enviado para aterro industrial. No entanto, o aproveitamento deste material ainda é muito pequeno comparado com a quantidade que é descartada, sendo necessários o desenvolvimento e a implantação de tecnologias que minimizem a geração desses resíduos. Nesta proposta de trabalho, peças em ABS refugadas foram decapadas quimicamente para remoção da camada metálica e a influência deste processo nas propriedades físicas, químicas, estruturais e morfológicas do ABS foram avaliadas, visando o reprocesso por cromagem. As amostras de ABS cromadas foram decapadas em ácidos clorídrico e nítrico, por diferentes condições operacionais, e foram reprocessadas por uma nova cromagem, por até duas vezes. Após a cromagem, as amostras foram avaliadas por inspeção visual e teste de adesão. As peças decapadas foram caracterizadas por análise termogravimétrica (TGA), calorimetria exploratória diferencial (DSC), microscopia eletrônica de varredura (MEV) e rugosidade e comparadas com as das peças injetadas e não cromadas.

**PALAVRAS-CHAVE:** ABS, cromagem, decapagem, reprocessamento, resíduos.

#### INTRODUÇÃO

No processo de cromagem em polímeros, o ABS (acrilonitrila-butadieno-estireno) é tradicionalmente usado na fabricação de peças com fins decorativos, em vários setores da indústria, principalmente no ramo automotivo, em virtude de combinar boa qualidade visual, com a facilidade de fabricação, alto nível de adesão e estabilidade dimensionais, além de suas excelentes propriedades mecânicas (WANG *et al*, 2007; TANG *et al*, 2008; KUPFER *et al*, 1999). Para o recobrimento da superfície das peças em ABS por uma camada metálica, o processo de cromagem é realizado em duas etapas: pré-tratamento químico (condicionamento, ativação, paládio, pós-ativador e níquel

químico) e tratamento eletrolítico (cobre, níquel e cromo) (FOLDES, 1973; KUREK *et al*, 2015). Após o recobrimento, a camada metálica depositada pode apresentar defeitos como camada incompleta, aspereza, manchas, entre outros e as peças serem reprovadas por não apresentarem um acabamento visual uniforme, gerando um índice de refugo de aproximadamente 8%, índice relativamente alto, e o cenário atual vem exigindo das empresas economia no processo e o desenvolvimento de produtos derivados de material reciclado e recicláveis (NAKABAYASHI, 2016). No caso das peças reprovadas pelo controle de qualidade, deve-se realizar o reprocesso, evitando que o ABS seja sucateado, enviado para aterros, sem nenhuma possibilidade de reutilização. Normalmente, na indústria galvânica utiliza-se decapagem química para remoção das camadas metálicas no substrato plástico, imergindo a peça em ácido clorídrico e, posteriormente, em ácido nítrico, para permitir uma nova metalização da peça (FOLDES, 1973). Porém, este processo afeta a estrutura do ABS, sendo recomendável o material passar por este processo apenas uma vez, já que é atacado quimicamente (BAIFUS, 2010). A diminuição das reservas de combustíveis fósseis e a crescente preocupação com a redução do consumo de energia e de emissões de carbono tem conduzido ao desenvolvimento de novas tecnologias. Com o incremento exponencial de resíduo poliméricos ao longo do tempo, visto sua baixa biodegradabilidade, iniciaram-se vários estudos visando seu reaproveitamento (SANTOS *et al*, 1999). Para reduzir o descarte dos polímeros é conveniente que estes sejam reutilizados em aplicações de longa vida útil, como na indústria automobilística, eletroeletrônica, entre outras (SPINACÉ e PAOLI, 2005). Neste trabalho, amostras de ABS injetadas e cromadas foram avaliadas por inspeção visual e as que apresentaram defeitos foram decapadas por até duas vezes em ácidos clorídrico e nítrico por diferentes tempos de imersão. Após a decapagem, as alterações na superfície das amostras foram analisadas por ensaios de termogravimetria (TGA), calorimetria diferencial de varredura (DSC), microscopia eletrônica de varredura (MEV) e rugosidade e os resultados comparados com os das peças injetadas e não cromadas.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Amostras em ABS foram submetidas ao processo de cromagem convencional para deposição da camada metálica. Após cromagem, as amostras foram avaliadas por inspeção visual e as que apresentaram defeitos foram decapadas em ácidos clorídrico e nítrico, conforme Tabela 1. Após cada decapagem, as análises de TGA, DSC, MEV e rugosidade foram realizadas e comparadas com a das peças injetadas e não cromadas.

**Tabela 1 – Identificação das amostras**

Amostra	Número de decapagens	Tempo de imersão em ácido clorídrico (min)	Tempo de imersão em ácido nítrico (min)	Tempo de decapagem (min)
AM 00	0	-	-	(amostra virgem)
AM 1_30	1	10	20	30
AM 2_30	2	10	20	30
AM 2_50	2	10	40	50

### Caracterização por inspeção visual e teste de adesão após o processo de cromagem

**Inspeção Visual:** A avaliação da deposição da camada metálica das amostras de ABS cromadas foi realizada por inspeção visual, na empresa Sigmacrom, Araquari - SC, analisando-se a presença de defeitos, como deposição incompleta do metal e peças danificadas, seguindo procedimentos da norma ASTM B604-91 (ASTM, 2008).

**Teste de Adesão:** O teste de adesão da camada metálica depositada foi realizado com um equipamento para corte cruzado, da marca Elcometer, seguindo procedimentos da norma ASTM D 3359 (ASTM, 2015). A amostra foi apoiada em uma superfície plana e firme e com o equipamento foi efetuado o corte sobre a superfície da peça, com pressão constante, garantindo penetração da lâmina na mesma. O corte foi repetido num ângulo de 90° em relação ao anterior. Uma fita adesiva foi aderida sobre o corte cruzado e, posteriormente, removida para avaliação da adesão.

### Avaliação da superfície das amostras

**Análise Termogravimétrica (TGA):** A análise termogravimétrica foi realizada para avaliar a variação da massa de uma amostra em função da temperatura. As amostras foram analisadas no equipamento marca *TA Instruments*, modelo Q50 e submetidas a um gradiente de temperatura de 25 °C a 800 °C, com taxa de aquecimento de 10 °C/min, em atmosfera inerte de N<sub>2</sub> a 50 mL/min.

**Calorimetria Diferencial Exploratória (DSC):** As curvas DSC foram obtidas em um módulo calorimétrico exploratório diferencial de marca *TA Instruments*, modelo Q20, equipado com um sistema de resfriamento tipo LNCA (resfriamento com nitrogênio líquido). A taxa de aquecimento foi de 10 °C/min em atmosfera inerte de N<sub>2</sub> a 50 mL/min. Foi utilizado um gradiente de temperatura de 25 a 125 °C, com isoterma de 1 minuto, seguido de resfriamento a -40 °C com isoterma de 1 min e reaquecimento a 125 °C.

**Microscopia eletrônica de varredura (MEV):** As amostras foram cortadas em pedaços pequenos, metalizadas com ouro para tornarem-se eletricamente condutoras e então analisadas em microscópio eletrônico de varredura (Jeol JSM-6390LV Scanning Eletron Microscope), com filamento de tungstênio, voltagem de aceleração de 15 kV e ampliação de 3000 vezes, do Laboratório de Microscopia Eletrônica (LME) da UDESC.

**Rugosidade:** Para a avaliação da rugosidade da superfície das amostras antes e após o condicionamento, foi utilizado um rugosímetro da marca Mitutoyo, SJ-210. A amostra foi posicionada no suporte apropriado do rugosímetro e em seguida a extremidade sensível do dispositivo que realiza a leitura percorreu parte da superfície da amostra e registrou o valor da rugosidade média (Ra) e da amplitude da rugosidade (Rz) no visor do equipamento. Os valores obtidos são uma média de cinco leituras por amostras (erro =  $\pm 0,02 \mu\text{m}$ ).

## RESULTADOS

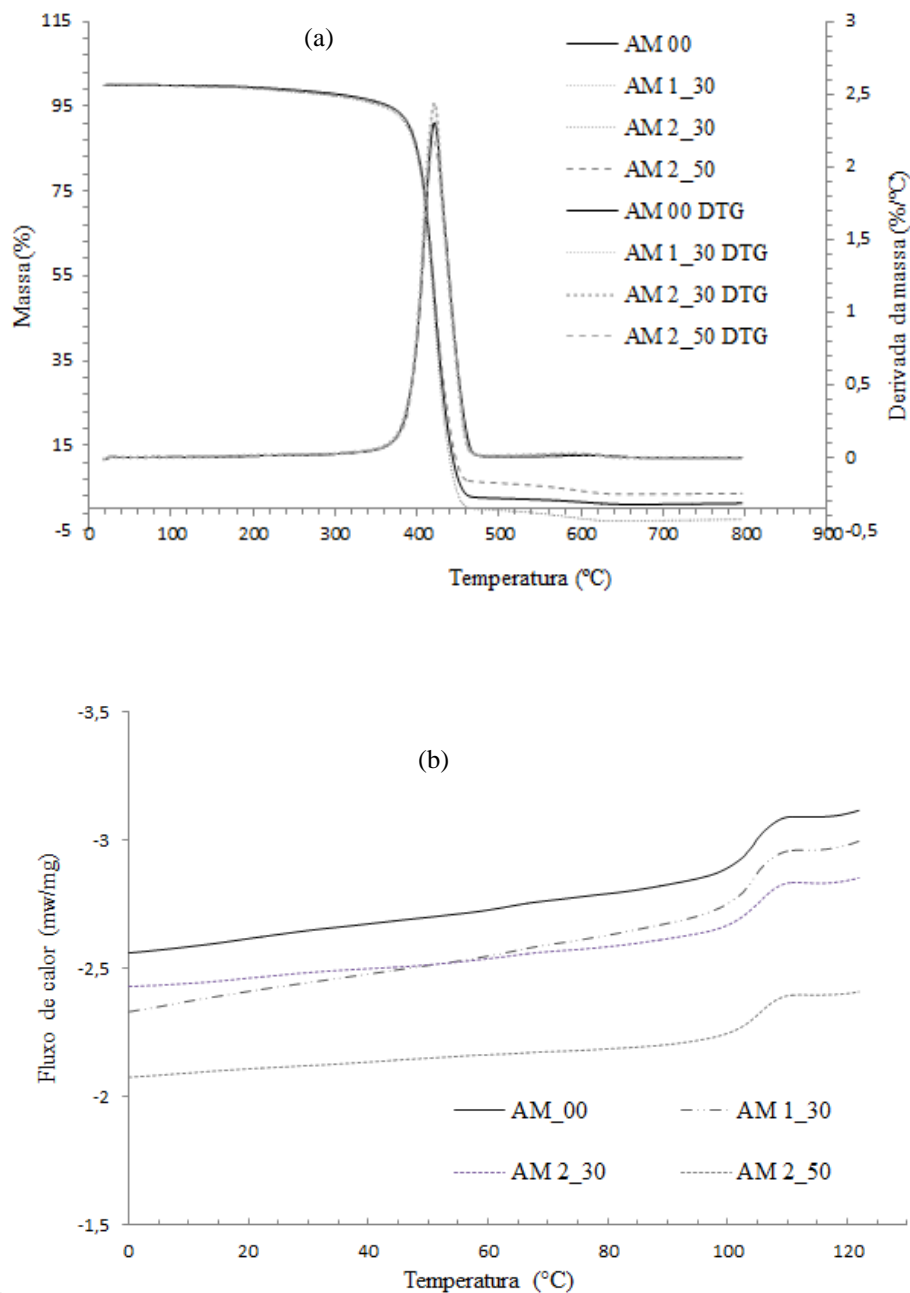
Após as etapas de decapagem as amostras foram submetidas novamente ao processo de cromagem e posteriormente foram analisadas por inspeção visual e adesão. Na Tabela 2 são mostrados os resultados dos testes de adesão das peças cromadas e decapadas e os resultados de rugosidade (Ra e Rz).

**Tabela 2 - Resultado do teste de adesão após a cromagem**

Número de decapagem	Tempo (min.)	Resultado	Tipo de defeito	Rugosidade ( $\mu\text{m}$ )	
				Ra	Rz
0	-	-	-	0,038	0,251
1	30	Aprovado	-	0,083	0,570
2	30	Aprovado	-	0,163	1,168
2	50	Reprovado	Desplacamento	0,158	1,064

A quantidade de decapagens e o tempo de imersão influenciaram diretamente na deposição metálica e aumento da rugosidade.

A Figura 01 mostra os termogramas de TGA/DTG (a) e DSC (b) para as amostras de ABS virgem e decapadas.



**Figura 1 - Termogramas de TGA/DTG (a) e DSC (b) para as amostras de ABS virgem e decapadas.**

No ensaio de TGA/DTG foi possível verificar entre as amostras que não houve variações significativas após a decapagem, que possam estar influenciando na estabilidade térmica (Figura 1a). O primeiro pico de degradação do ABS inicia em 400 °C. A degradação do ABS pode ser considerada essencialmente a mesma que a dos seus constituintes, que inicia com a degradação do butadieno e em seguida com a da fração de acrilonitrila-estireno. Para o ABS, a temperatura de transição vítrea  $T_g$  foi de aproximadamente 105 °C (Figura 1b).

A Figura 2 mostra micrografias de MEV da superfície das amostras de ABS injetada e após o processo de decapagem convencional. A amostra de ABS sem tratamento apresenta uma superfície lisa e bastante uniforme e que a etapa de decapagem ocasionou alterações significativas na morfologia da superfície das amostras. Quando comparadas as amostras (AM1\_30) e (AM2\_50) com a amostra sem tratamento, se observam poros, cavidades ou reentrâncias com tamanhos visivelmente maiores com o aumento no tempo de decapagem. Nas amostras de ABS decapadas por uma vez AM1\_30, verificou-se alterações na morfologia da superfície, com porosidade bem distribuída, observa-se poros com formatos irregulares, reentrâncias e microvales. No entanto, quando se aplica uma segunda decapagem tornam-se mais significativas as alterações na superfície, como observadas nas amostras (AM2\_30) e (AM2\_50).

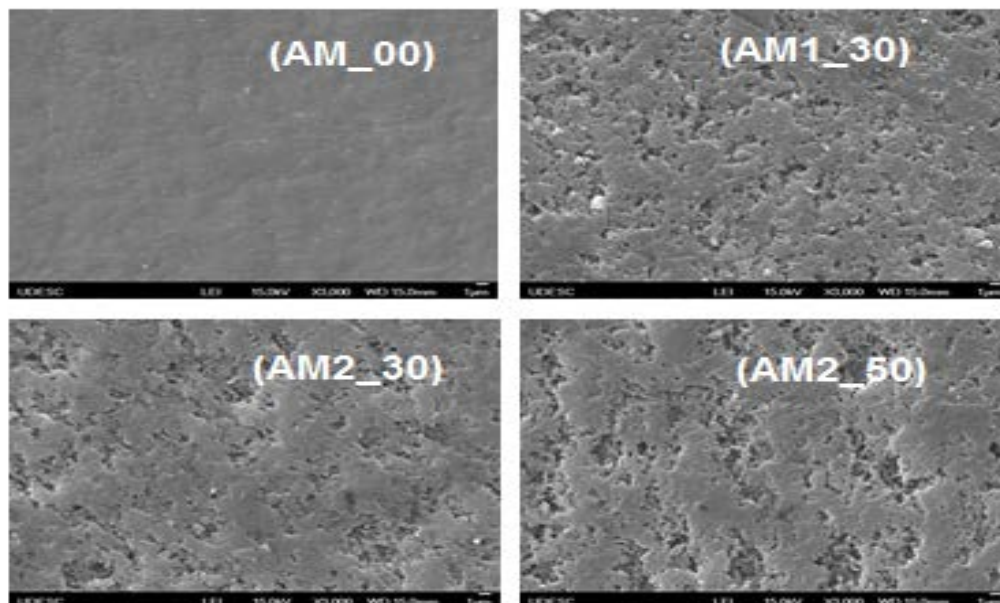


Figura 2 - MEV da superfície das amostras (AM\_00), (AM1\_30), (AM2\_30) e (AM2\_50).

## CONCLUSÕES

Os resultados de MEV mostraram que com a decapagem tem influência no aumento de microporos, reentrâncias e microvales, corroborados pelos valores de rugosidade (Ra e Rz) e estes fatores interferem na qualidade da deposição metálica, ocasionando a falta de adesão quando o tempo de decapagem é excessivo.

Portanto, o recomendado é que a peça passe por apenas uma decapagem e o tempo de imersão na solução decapante seja controlado, aproximadamente 30 minutos, ou o suficiente para a remoção da camada metálica.

O reprocessamento de peças em ABS cromadas e decapadas pode ser realizado, evitando a geração de resíduos que são enviados para aterro industrial e assim minimizar a extração de matérias primas do meio ambiente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASTM B604-91 - Standard Specification for Decorative Electroplated coatings of Copper Plus Nickel Plus Chromium on Plastics, 2008.
2. ASTM D 3359 - Standard Test Methods for Measuring Adhesion by Tape Test, 2015.
3. BAIFUS, J. C. T. Reutilização do ABS resultante de peças cromadas desmetalizadas quimicamente através da blenda binária ABS/NBR. Monografia (Graduação em Engenharia de Plásticos) – Instituto Superior Tupy. Joinville/SC, 2012.
4. FOLDES, P. A. Galvanotécnica Prática. v.2, São Paulo: Polígono, 1973.



5. KUPFER, H., HECHT, G., OSTWALD, R. Ecologically important metallization processes for high-performance polymers. *Surface and Coatings Technology*, n. 112, p. 379-383, 1999.
6. KUREK, A. P., DOTTO, M. E. R., SELLIN, N., ARAÚJO, P. H. H., Tratamento químico superficial e metalização de ABS, PVC e blendas de PVC/ABS, *Polímeros Ciência e Tecnologia*, v. 25, n. 2, p. 212-218, São Paulo, 2015.
7. NAKABAYASHI, R.M., Sustentabilidade na galvanoplastia. *Revista Tratamento de Superfície*, São Paulo, n. 195, p. 24-25, mar., 2016.
8. SANTOS A.S. F., AGNELLI J. A. M., MANRICH S. Estudo da influência de resíduos catalíticos na degradação de plásticos reciclados (Blenda HDPE/PP e PET) provenientes de lixo urbano, *Polímeros Ciência e Tecnologia*, Out/Nov, p. 189-194, São Paulo, 1999.
9. SPINACÉ M. A. S., PAOLI M. A., Tecnologia da reciclagem de polímeros, *Química Nova*, v. 28, n. 1, p. 65-72, 2005.
10. TANG, X. J., CAO, M., BI, C. L., YAN, L.J. ZHANG, B. G. Research on a new surface activation process for electroless plating on ABS plastic –*Materials letters*. n. 62, p. 1089-1091, 2008.
11. WANG, G., LI, N., LI, D. Efecct of Pd ions in the chemical etching solution. *Materials*, v. 14, n. 3, p. 286, jun., 2007.