

Otimização do processo de anodização e coloração do alumínio utilizando pigmento orgânico

G. J. T. Alves¹, A. F. Fritzen², Gallina, A. L.², Kurchaidt, S. M.²,
Antunes, S. R. M.¹, Rodrigues, P. R. P.².

¹Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG (PR),

²Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO (PR).

Resumo: Na anodização do alumínio é possível criar nanotubos, que permitem a inserção de pigmentos e outros compostos no interior destes. O presente trabalho estudou o comportamento da liga de alumínio da série 6000 anodizada e colorida com o corante vermelho limpol®, em meio de Na₂SO₄ 0,5 mol L⁻¹ em pH = 4. As técnicas empregadas foram: polarização potencioestática anódica, potencial de circuito aberto, quimiometria, resistência de polarização e micrografia óptica. Os resultados do tratamento estatístico mostraram que para uma concentração do eletrólito, quanto maior a densidade de corrente, menos corante e tempo são necessários. Sendo assim é possível obter o alumínio colorido com diminuição dos custos em relação à energia empregada no processo, associada à diminuição do tempo para o processo.

Palavras-chave: anodização, corrosão, AA6000.

1 - INTRODUÇÃO

A utilização do alumínio tornando-se cada vez maior, devido à leveza do metal e sua elevada resistência a corrosão. A anodização do alumínio já é uma técnica bem conhecida e está sendo muito utilizada para o aumento da durabilidade, pois uma camada de nanotubos de óxido de alumínio é criada, tornando-se possível um tratamento posterior [1].

Quando o alumínio ou suas ligas são anodizados em soluções ácidas, como o ácido sulfúrico, ácido fosfórico, ácido oxálico ou ácido crômico, o filme de óxido formado sobre sua superfície é muito poroso. Muitas soluções ácidas podem ser usadas para anodização, mas as soluções de ácido sulfúrico são as mais comumente utilizadas. O filme é composto por duas partes a partir do metal, a camada barreira que é amorfa, e a camada porosa, que devido sua estrutura ela pode absorver líquidos, compostos orgânicos, corantes, etc [2].

Sabe-se que os processos dentro da camada de barreira são de natureza eletroquímica, enquanto os processos dentro da camada porosa são de natureza química e física. No entanto, devido à complexidade dos processos eletroquímicos dentro da camada porosa, um mecanismo detalhado da influência da corante sobre o filme de óxido é muito difícil ou mesmo impossível fornecer. Isto é bastante atribuído às dificuldades em estudar eletrocinética de fenômenos dentro da camada de barreira (onde a produção de óxido e crescimento de filmes ocorre exclusivamente nesse lugar) e em determinar com precisão as características estruturais dos poros. O equilíbrio nas condições utilizadas no processo de anodização pode produzir óxidos com quase todas as propriedades desejadas, desde finas camadas de óxidos utilizadas em aplicações decorativas até as mais elaboradas utilizadas na engenharia [3].

Nesse processo, o alumínio é utilizado como ânodo em uma célula eletrolítica, e aplicado certo valor de corrente. Como resultado, o metal pode ser utilizado em muitas aplicações que abrangem desde a indústria aeronáutica até a da construção civil. Este processo de anodização que forma este filme de óxido, o qual cresce a partir da superfície atingindo 1,0-1,2 nanômetros a cada volt de tensão aplicada, faz com que o metal tenha um reforço nas suas qualidades contra a corrosão, como em meio de cloretos [4], aumentando suas possibilidades de uso. Este revestimento poroso também pode ser colorido por uma série de métodos[5].

O atual processo de coloração do óxido de alumínio não é muito complexo. Uma solução com baixa concentração de corante a uma temperatura média de 50°C compõe o banho de coloração. O alumínio previamente anodizado é simplesmente imerso nesse banho por um pequeno período de tempo, usualmente de 10 a 30 minutos. O material é então selado aumentando a resistência e a saída do corante inserido [6].

Em muitos trabalhos, dois tipos diferentes de anodização têm sido utilizados: a anodização branda (*mild anodization* – MA) e anodização pesada (*hard anodization* – HA). Na anodização branda, certo valor de densidade de corrente é aplicado e é mantido, enquanto na anodização pesada esse valor vai decaindo até terminar o tempo estabelecido. A anodização branda tem sido empregada em pesquisas com ênfase na nanotecnologia, pois permite uma formação ordenada da camada de óxido de alumínio anódico, apesar de sua limitada capacidade de se auto-organizar, necessitando grande controle para obtenção de bons resultados. Por outro lado a anodização pesada, que é realizada em níveis relativamente baixos de temperatura e alta densidade de corrente ($j = 50 \text{ mA/cm}^2$) utilizando H₂SO₄ como eletrólito, tem

sido rotineiramente utilizado para várias aplicações industriais, que juntando com a alta velocidade de crescimento da camada anódica (50-100 $\mu\text{m/h}$) resulta em uma alta qualidade técnica. No entanto, os poros da camada anódica são menos organizados que a mesma camada produzida por anodização branda e, assim, processos realizados por anodização pesada ficaram fora de foco na atividade de pesquisa acadêmica por um bom tempo [7].

Dependendo do grau de impermeabilização, a porosidade da camada de alumínio anodizado pode variar muito. O processo de anodização consiste, essencialmente, em três etapas, cada qual tem um impacto sobre as propriedades da superfície formada. Estas três etapas são:

- 1) a limpeza da superfície de alumínio, que geralmente é feita por polimento seguido de imersão em banho desengraxante;
- 2) processo de anodização, que é realizado uma eletrólise em meio ácido;
- 3) a etapa de vedação, que pode ser realizada por imersão em água quente em presença de sais de acetato ou oxalato, por vapor d'água ou ainda por aquecimento do próprio banho de coloração quando o alumínio é colorido por imersão [8].

Dois tipos de coloração do alumínio são muito utilizados atualmente: coloração integral (eletrolítico) ou por imersão. O processo eletrolítico de coloração consiste na imersão do alumínio em banho de ácido sulfúrico convencional de anodização seguido por um tratamento de corrente contínua em um banho de estanho, níquel, cobalto ou sais de outros metais, para produzir uma série de cores escuras, bem como azuis, verdes, amarelas, e outros. O banho mais comum é uma base de estanho. As cores produzidas não são de liga leve ou espessura dependentes e são mais fáceis de controlar [9].

O processo de coloração por imersão não tem o uso tão intensivo de energia como processo o de coloração integral. É por esta razão que este processo quase foi totalmente substituído pelo processo de coloração integral nos últimos anos. Ao contrário de anodização com ácido sulfúrico, o processo de coloração é controlado por tensão e tempo, ao invés de densidade de corrente. Dependendo do banho utilizado, a coloração tempo pode variar de 20 segundos para cores claras a 10 minutos para as mais escuras. O uso de corrente contínua é especialmente constituído do uso fontes de alimentação, com cronometragem eletrônica e controle de tensão ajudando a produzir um acabamento que é reproduzível tempo após tempo. Essas fontes e sistemas contendo estabilizadores de banho, potenciadores de cor, e outros aditivos, estão sendo comercializados e utilizados em todo o setor industrial de acabamento [10].

A coloração pode ser realizada com compostos orgânicos ou inorgânicos, assim as é possível alcançar opções de cores quase ilimitadas. Corantes orgânicos, no entanto, não são resistentes à luz UV e são mais adequados para aplicações interiores. Já a coloração eletrolítica, que usa uma corrente contínua para a deposição de metais nos poros, é um processo rápido e tem muitas aplicações industriais. Mas entre os pigmentos existentes, os corantes orgânicos têm atraído uma grande atenção para o comércio do alumínio colorido, devido ao seu baixo custo e uma grande variedade de cores. Sendo assim, a partir do ponto de vista da resistência à corrosão, a influência de cores nas propriedades eletroquímicas do filme de óxido pode ser muito importante. Neste sentido, espera-se que a absorção de orgânicos corante sobre o filme de óxido pode mudar as características elétricas e morfologia do óxido de alumínio. A selagem dos poros, que ocorre após a coloração, proporciona ao filme um aumento ainda maior na resistência contra a corrosão, resistência ao desgaste do próprio pigmento e resistência à luz solar [11].

Com o processo de anodização muito estudado, principalmente os que utilizam ácido sulfúrico, e o processo de coloração com compostos orgânicos já difundidos, é possível realizar um estudo da influência dos fatores presentes nas etapas de coloração do alumínio. Com esse estudo, o processo pode ser otimizado com um menor tempo de anodização e coloração, utilização mínima de reagentes e recuperação ou reutilização dos descartes do processo evitando assim uma contaminação em outros ambientes. Os resultados também apresentarão qual fator será variado para produção de um metal com a camada colorida mais resistente a corrosão [12].

O presente trabalho estudou o comportamento da liga de alumínio da série 6000 anodizada e colorida com o corante vermelho limpol (nome comercial), em meio de Na_2SO_4 0,5 mol L^{-1} em $\text{pH} = 4$. As técnicas empregadas foram: polarização potenciostática anódica, potencial de circuito aberto, quimiometria, resistência de polarização e micrografia óptica. Um planejamento fatorial foi proposto utilizando quatro variáveis. A resposta para o planejamento foi o cálculo da resistência de transferência de carga, por uma polarização realizada em cela eletroquímica utilizando platina como contra eletrodo e eletrodo de sulfato mercuroso como referência. Os resultados do tratamento estatístico mostraram que, a partir dos valores dos parâmetros retirados da literatura, em um valor de concentração do eletrólito, quando a densidade de corrente de anodização é maior, menos tempo de anodização e concentração do corante são necessários. A partir disso, as curvas de polarização mostraram que as amostras de alumínio anodizadas e coloridas são muito mais resistentes no trecho anódico e no meio estudado, que o alumínio somente polido. As análises por microscopia óptica confirmam os resultados anteriores demonstrando que há uma dissolução do corante na solução, mas o filme continua protegendo o metal base. Assim, os resultados mostram uma eficiente coloração das peças de alumínio com diminuição dos custos em relação a energia empregada no processo, associada a diminuição do tempo para o processo, o que pode ampliar a produção industrial das peças de alumínio coloridas via anodização.

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1. Estudo Estatístico

Foram realizados planejamentos fatoriais para a otimização do processo de anodização e coloração. Os fatores inseridos no estudo foram: tempo de anodização, concentração do eletrólito, densidade de corrente aplicada na anodização e concentração do corante. As respostas para este estudo serão em relação às medidas de Resistência de Transferência de Carga (item 2.3). Com isto, foram utilizados os diagramas de contorno para apontar os melhores resultados e, com estes, realizadas as medidas eletroquímicas e ópticas. O planejamento proposto é 2^4 , o qual resultou em 16 ensaios. Esses foram realizados em triplicata e os valores dos limites inferiores e superiores de densidade de corrente de anodização, tempo de anodização, concentração do eletrólito e concentração do corante são: 10 e 30 mA/cm², 10 e 20 minutos, 10 e 15% e 1 e 2 g/L, respectivamente.

2.2. Anodização e Coloração dos Eletrodos

Todos os dados impostos para o processo, e colocados no planejamento, foram retirados de estudos previamente realizados e consultados em trabalhos anteriores, juntamente com as pesquisas bibliográficas.

A superfície das peças de alumínio são polidas, e logo em seguida anodizadas com o tempo, densidade de corrente e concentração do eletrólito proposta pelo planejamento que neste caso varia de 5 e 10 minutos, 10 e 30 mA/cm², 10% e 15%, respectivamente. A temperatura é fixada em $35 \pm 5^\circ\text{C}$.

Logo em seguida as peças são submetidas ao banho de coloração. Nesta etapa, o fator que varia é a concentração do corante. Cada peça fica imersa no banho durante 20 minutos com agitação contínua da solução (com barra magnética) a uma temperatura fixa em $50 \pm 5^\circ\text{C}$. Em seguida, aumenta-se a temperatura do próprio banho até 80°C para o selamento dos poros da camada de óxido.

2.3. Polarização Potenciodinâmica Anódica

Uma célula composta de três eletrodos foi montada para as medidas eletroquímicas. As amostras de alumínio anodizadas e coloridas eram os eletrodos de trabalho (E_w), sulfato mercurioso como eletrodo de referência (ESM) e uma placa de platina de grande área contra eletrodo. O estudo está foi realizado em meio de Na₂SO₄ 0,5 mol/L, que serve como eletrólito, tamponado em pH = 4,

A partir disso, primeiramente foi medido o potencial de circuito aberto. O potencial em equilíbrio, que é considerado quando este não varia ± 5 mV durante o período de 30 minutos, para cada amostra foi obtido apresentando o potencial de corrosão (E_{corr}).

Logo após, curvas de polarização foram levantadas a fim de obter resultados da resistência de transferência de carga (R_{TC}). A R_{TC} pode ser obtida aplicando uma sobretensão (η) próximo a 5 mV, sendo que com este valor, o sistema não é perturbado. Com isso, pode-se montar uma curva de $\eta \times j$, onde se calcula por regressão o valor do coeficiente linear, sendo esse o valor da R_{TC} . Neste trabalho aplicou-se uma η de + 5 mV com velocidade de varredura (v.v.) de 0,2 mV/s.

Depois de obtido os valores de R_{TC} , os diagramas de contorno mostraram quais dos ensaios do planejamento fatorial levam as melhores respostas. A partir desses, outras curvas de polarização foram levantadas, mas nesse caso desde o E_{corr} até uma η de + 1,5 V e v.v. de 10 mV/s. Isso para mostrar o comportamento eletroquímico das amostras anodizadas e coloridas frente a do alumínio somente polido.

2.4. Microscopia Óptica

As amostras dos ensaios com melhores respostas do planejamento fatorial foram analisadas em um microscópio óptico, a fim de estudar a superfície do alumínio anodizado e colorido antes e depois das polarizações. Também foram analisadas amostras do alumínio somente polido e somente anodizado.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após os tratamentos da superfície, nota-se uma homogeneidade do polimento no alumínio, como pode ser conferida na figura 1. Algumas ranhuras são observadas devido ao lixamento e pontos mais escuros, que podem ser cristais de SiC impregnados ou inclusões da própria liga metálica.

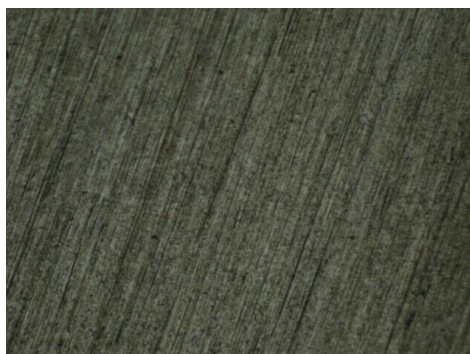


Figura 1. Microscopia óptica do alumínio somente polido. Aumento de 200x.

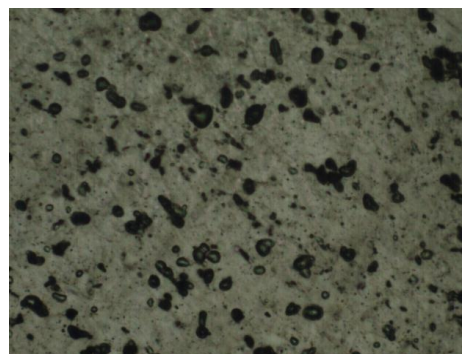


Figura 2. Microscopia óptica do alumínio anodizado. Aumento de 200x.

Depois da anodização (figura 2) percebe-se o aumento dos pontos escuros, onde ocorreu uma maior oxidação nas regiões que possuíam maior incidência de inclusões, que foram oxidadas, as quais provavelmente foram retiradas durante a anodização, causando vacâncias na superfície do metal. Já a região de coloração cinza refere-se à camada de óxido uniforme desenvolvida na superfície do corpo e prova de alumínio. O eletrodo utilizado é mostrado nas figuras 3 e 4, antes e depois da coloração, respectivamente.



Figura 3. Peça de alumínio somente polido utilizada no estudo.

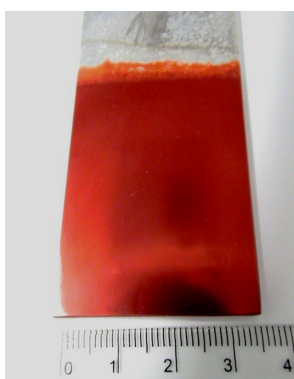


Figura 4. Peça de alumínio após a anodização e coloração.

Depois de anodizado e colorido, o eletrodo foi imerso no meio de estudo, acoplado ao voltímetro e medido em relação ao eletrodo de referência (ESM) o potencial de circuito aberto (E_{ca}). O comportamento das diversas medidas foi semelhante, desta forma a figura 5 apresenta a medida de E_{ca} em um dos estudos.

Nota-se na figura 5 uma elevação do valor de potencial no trecho inicial das medidas seguido de um decréscimo, isto sugere que o filme de óxido na anodização é moderadamente diferente do medido em meio de sulfato de sódio, e que o óxido neste meio estudado tem características catódicas, o potencial de corrosão (E_{corr}) obtido é $\approx -1,034$ V vs. ESM.

Analogamente, o potencial de corrosão foi obtido em todos os ensaios do planejamento, nos intervalos de tempo, concentração do eletrólito e densidades de corrente estabelecidos na anodização e com suas respectivas concentrações de corante.

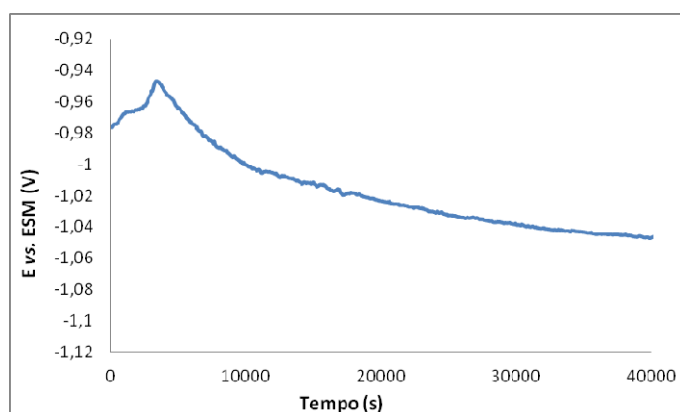


Figura 5. ECA da amostra de alumínio referente ao ensaio 1 do planejamento fatorial, em meio de Na_2SO_4 $0,5\text{mol.L}^{-1}$ e $\text{pH}=4$.

Os resultados das medidas de potencial de circuito aberto mostram que as variáveis estudadas permitem uma variação significativa nos valores de E_{corr} , apresentando uma variação média de $E_{corr} = -0,685 \pm 0,342$ V vs. ESM. Esta variação pode ser atribuída as variáveis, como maior e menor tempo de anodização, maior ou menor concentração do corante e até a mudança da concentração do ácido, como relatado por AHMADI [1], onde a anodização desenvolvida em concentrações de 14 e 18% do eletrólito permite a geração de uma camada de óxido no metal estudado, mais resistentes a corrosão do que em maiores concentrações.

Para a caracterização eletroquímica do metal anodizado e colorido, quanto a maior resistência a corrosão, pode se garantir que, quanto maior a resistência a polarização e conseqüentemente o metal base passa a não ser um eletrodo polarizado ideal, empregou-se os

ensaios de resistência de transferência de carga para estes estudos.

Nos diversos ensaios propostos inicialmente no planejamento experimental, aplicou-se um sobretensão anódica de no máximo 10 mV em relação ao E_{corr} e os resultado de um dos ensaios (ensaio 1) é apresentado na figura 6. Pelo coeficiente angular da figura 6 é possível calcular a R_{TC} e verificar em qual situação a anodização e a coloração é mais resistente a corrosão no meio estudado.

Nota-se na figura 6 que o coeficiente angular resultou em uma R_{TC} da ordem $1,2 \times 10^5 \Omega \cdot \text{cm}^2$. Todas as medidas foram repetidas no mínimo três vezes para cada ensaio proposto e os resultados médios obtidos R_{TC} foram colocados como resposta do planejamento e assim realizados as análises estatísticas.

Nos resultados observados, nota-se que em dois ensaios o valor de R_{TC} ficou muito mais elevado que os demais. Estes ensaios, aqui são numerados como E1 e E2. Nesses dois experimentos a camada anódica juntamente com a coloração fez com que a superfície ficasse muito protegida no meio estudado, fornecendo uma resistência maior do metal à oxidação.

Com esses resultados calculados, o estudo prosseguiu somente com as variáveis destes dois ensaios (E1 e E2).

A partir da análise de variância das respostas obtidas, os efeitos de todas as variáveis individuais não foram estatisticamente significativos, dentro de um limite de confiança de 95%, bem como a interação entre todas as estas.

É possível observar que este modelo não é conclusivo, porém apresenta forte direcionamento para estudos futuros de aperfeiçoamento do processo de anodização e coloração do alumínio, sendo utilizadas para isto as variáveis, tempo (X_1) e densidade de corrente de anodização (X_2), que demonstraram maior efeito para a resistência de transferência de carga no alumínio anodizado e colorido e a interação destes com a concentração do corante (X_3).

Estes resultados sugerem que o estudo apresenta dois diferentes direcionamentos, um que demonstra que a resposta teve um valor alto no E1 (Figura 7) e outro no E2 (Figura 8).

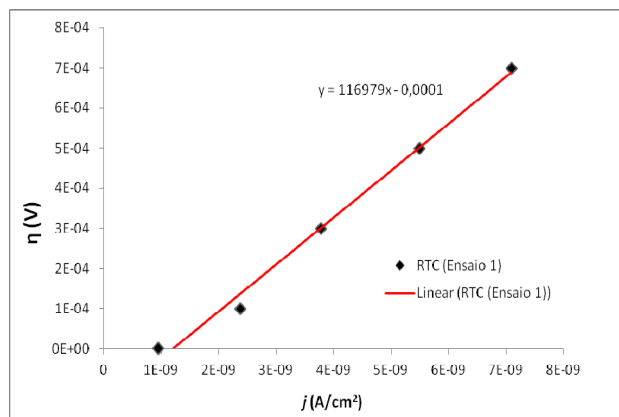


Figura 6. Curva do caso limite da equação de Butler-Volmer: ensaio 1 do planejamento fatorial.

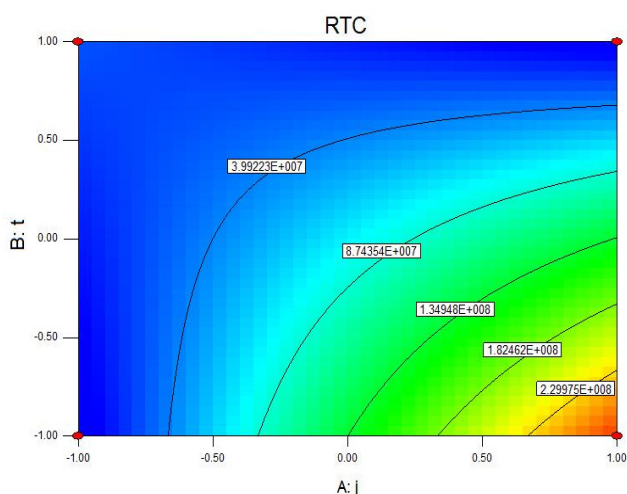


Figura 7. Diagrama de contorno para a resistência de transferência de carga do alumínio anodizado e colorido em função de X_1 (densidade de corrente de anodização) e X_2 (tempo de anodização) com X_3 (concentração do corante) e X_4 (concentração do eletrólito) a -1.

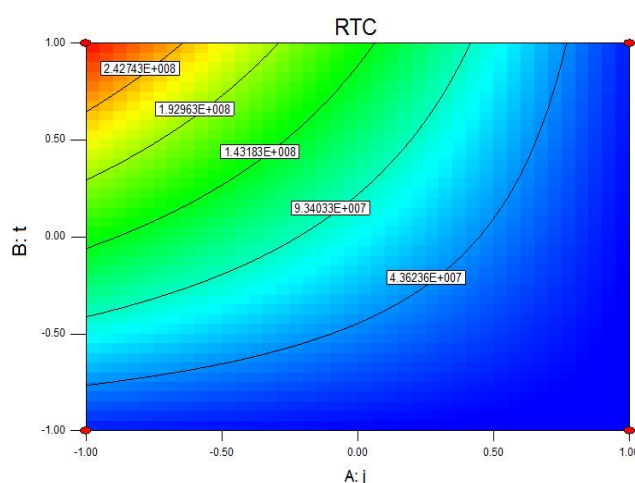


Figura 8. Diagrama de contorno para a resistência de transferência de carga do alumínio anodizado e colorido em função de X_1 (densidade de corrente de anodização) e X_2 (tempo de anodização) com X_3 (concentração do corante) a 1 e X_4 (concentração do eletrólito) a -1.

Os resultados das figuras 7 e 8 mostram que existem duas situações onde o alumínio pode ser colorido com uma grande eficiência na sua proteção a corrosão:

- (1º) Quando o alumínio é anodizado com densidades de correntes mais altas e em menor tempo, os poros necessitam de uma menor concentração corante para serem preenchidos, permitindo uma economia na

produção quanto ao uso de corante e menor liberação de gás hidrogênio devido ao tempo utilizado na anodização (E1);

- (2º) Quando a anodização ocorre em densidades de correntes mais baixa, é necessário mais tempo e concentração maior de corante. Permitindo uma economia quanto a energia empregada, mas um maior gasto de corante e uma evolução maior de gás hidrogênio (E2).

As curvas de polarização anódica para as mostras de alumínio dos ensaios E1 e E2 em meio de Na_2SO_4 $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ são mostradas na figura 9.

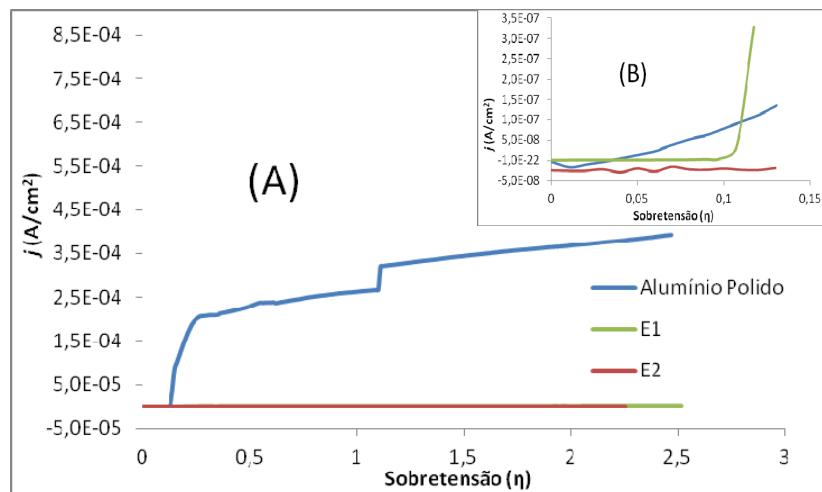


Figura 9. Curvas de polarização em Na_2SO_4 $0,5 \text{ mol.L}^{-1}$ dos ensaios do planejamento fatorial E1 e E2 e do alumínio somente polido.

Na figura 9 A observa-se que os ensaios E1 e E2 do alumínio anodizado e colorido apresentam densidades de corrente menores do que as registradas para o alumínio somente polido, sugerindo uma maior proteção a oxidação deste metal em meio de Na_2SO_4 $0,5 \text{ mol.L}^{-1}$. Nota-se na figura 9 B que as densidades de correntes registradas para os ensaios E1 e E2 são menores que 10^{-5} A.cm^2 sugerindo que os materiais estejam passivados, além de se observar que o ensaio 9 apresenta menores densidades de corrente em todo trecho de potencial anódico estudado, quando comparado ao sistema polido e o ensaio E1.

As microscopias ópticas para os corpos de prova de alumínio quanto ao ensaio E1 do planejamento fatorial antes e após a polarização anódica são apresentados nas figuras 10 e 11, respectivamente.

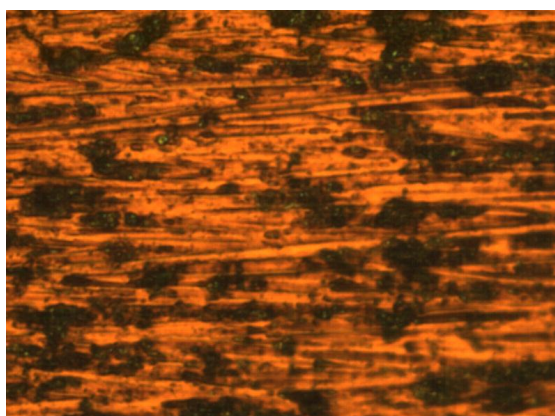


Figura 10. Micrografia da amostra do ensaio E1 do planejamento fatorial antes da polarização. Aumento de 200x.

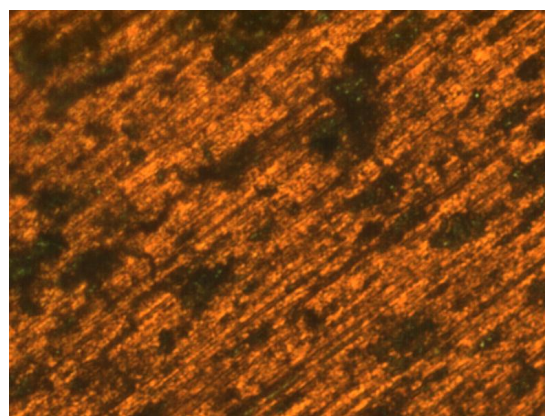


Figura 11. Micrografia da amostra do ensaio E1 do planejamento fatorial após a polarização. Aumento de 200x.

Nota-se pelas figuras 10 e 11, que após a polarização anódica a superfície metálica diminui a intensidade de cor, provavelmente devido à dissolução do corante no meio estudado. Outro importante relato é quanto aos pontos escuros, muito provavelmente devido à dissolução das inclusões presentes na liga de alumínio.

As microscopias ópticas para os corpos de prova de alumínio quanto ao E2 do planejamento fatorial antes e após a polarização anódica são apresentados nas figuras 12 e 13, respectivamente.

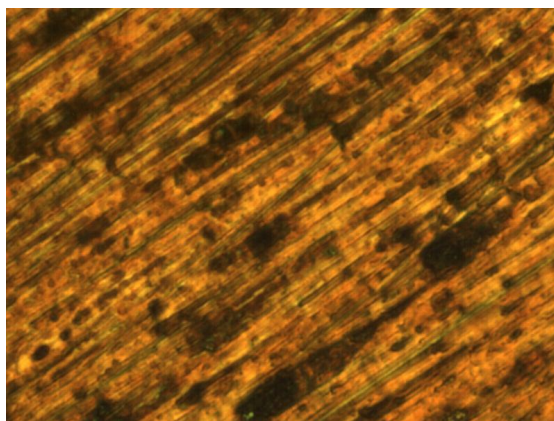


Figura 12. Micrografia da amostra do ensaio 7 do planejamento fatorial antes da polarização. Aumento de 200x.

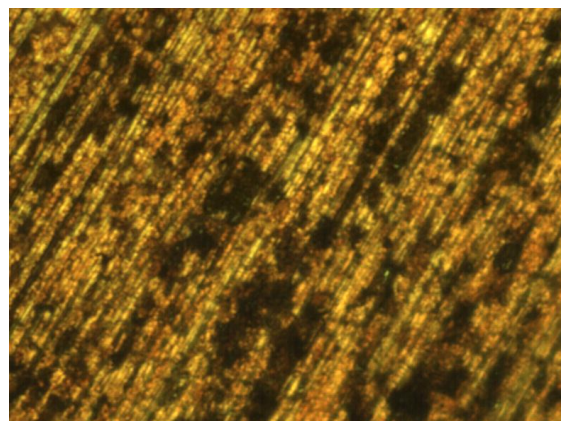


Figura 13. Micrografia da amostra do ensaio 7 do planejamento fatorial antes da polarização. Aumento de 200x.

Os resultados apresentados na figura 12 e 13 são semelhantes aos observados na figura 10 e 11, com ressalva que neste ensaio a intensidade da cloração superficial é menor do que o observado para as figuras 10 e 11, provavelmente devido a densidade de corante menor aplicada no ensaio podendo ter gerado nanotubos de menor diâmetro, justificando assim a intensidade de cor menor na superfície metálica.

4. CONCLUSÕES

- (1) O planejamento experimental proposto, pode ser utilizado para estudos de otimização do processo de anodização e coloração do alumínio, proporcionando uma economia tanto na questão energética, quanto na utilização de reagentes, o que acarreta em um menor impacto ambiental;
- (2) O alumínio anodizado e colorido oferece uma proteção em torno de 99% maior que do alumínio somente polido, demonstrando ser, além de um ótimo tratamento de superfície contra a corrosão, um processo que também pode ser utilizado para fins decorativos.

5. AGRADECIMENTOS

Ao CNPq e a CAPES.



6. REFERÊNCIAS

- 1 - XU, Y.; THOMPSON, G. E. WOOD, G. C. Direct observation of the cell material comprising porous anodic films formed on aluminium. *Electrochimica Acta*, v. 27, n. 11, p. 1623-1625. Novembro, 1982.
- 2 - REDA, M.; MAGD, G. A. E. Electrocoloring of anodized aluminum: Part II—Using mixed carboxylic acids. *Metal Finishing*, v. 95, n. 12, p. 33-34,36-38. Dezembro, 1997.
- 3 - HAKIMIZAD, A.; RAEISSI, K.; ASHRAFIZAD, F. Characterization of aluminum anodized layers modified in sulfuric and phosphoric acid baths and their effect on conventional electrolytic coloring. *Surface & Coatings Technology*, n. 206 p. 2438–2445. 2012.
- 4 - ALVES, G.J.T.; NUNES, R. K.; RODRIGUES, P. R. P. Estudo do comportamento eletroquímico em NaCl 0,5 mol L⁻¹ do alumínio anodizado e colorido. In: **XVII SBQSUL - Desafios em Química Tecnológica e Ambiental**, 2009, Rio Grande. Anais da XVII SBQSUL - Desafios em Química Tecnológica e Ambiental, 2009.
- 5 - WERNICK, S.; PINNER, R. **Surface Treatment of aluminium**. v.1, 4.ed. Robert Drapper Ltda. Teddington, England: 1972.
- 6 - YONGQING, M.; ZIHE, M.; JIANG, G.; YUAN, Y. Electrolytic Coloring of Aluminum in Lead Acetate Solution. *Metal Finishing*, n. 97, p. 8-11. Dezembro, 1999.
- 7 - LEE, W.; SCHOLZ, R.; GÖSELE, U. A Continuous Process for Structurally Well-Defined Al₂O₃ Nanotubes Based on Pulse Anodization of Aluminum. *Nanoletters*, v. 8, n. 8, p. 2155-2160. 2008.
- 8 - DESCAMPS, P.; IKER, J.; WOLF, A. T. Effects of anodized aluminium surface parameters on the long-term adhesion of silicone structural glazing sealants. *Construction and Building Materials*, v.10, n.7, p.527-538. October 1996.
- 9 - ITO, S. HIDEO, F. Colouring anodized aluminium. **UK Pat. 2.242.201**, 25 set. 1991. 20p.

- 10 - BARTKOWSKI, K. D. ; VENN, P. Method of producing colored surfaces on parts of aluminum or aluminum alloy. **US Pat. 5.102.508**, 7 abr. 1992. 4p.
- 11 - AHMADI, A. *et al.* Study of corrosion resistance of colored anodized aluminum with Quinizarin using cyclic voltammetry and impedance measurement methods. ***Progress in Organic Coatings***, n. 56, p. 227-233. Julho, 2006.
- 12 - FRITZEN, A. F.; ALVES, G. J. T.; BANCZEK, E. P.; CUNHA, M. T. ANTUNES, S. R. M.; RODRIGUES, P. R. P. Coloração do alumínio anodizado utilizando corantes orgânicos. In: **34ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química**, 2009, Florianópolis. Anais da 34ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, 2009.

7. DETALHES DOS AUTORES

 <p>Guilherme Jose Turcatel Alves</p>	<p>Graduado em Química pela Universidade Estadual do Centro-Oeste (2009). Mestre em Química Aplicada (2012) pela Universidade Estadual de Ponta Grossa.</p>
 <p>Aline F. Fritzen</p>	<p>Graduando em Química, Bolsista do CNPq de Iniciação Tecnológica.</p>
 <p>André Lazarin Gallina</p>	<p>Possui graduação em Química: Bacharel (2009) e Licenciatura (2011) pela Universidade Estadual do Centro-Oeste, e Mestre em Bioenergia (2011) pela Universidade Estadual do Centro-Oeste e doutorando em Química (2012) pela Universidade Estadual do Centro Oeste.</p>
 <p>Sonia Maria Kurchaidt</p>	<p>Possui graduação em Ciências Licenciatura de 1º Grau com Complementação em Matemática pela Fundação Faculdade Estadual de Filosofia Ciências E Letras de Guarapuava (1984) e mestrado em Estatística pela Universidade Estadual de Londrina (1994), aluna do curso de Doutorado em Engenharia Florestal da Universidade Estadual do Paraná, UFPR. Atualmente é professora titular da Universidade Estadual do Centro-Oeste. Tem experiência na área de Matemática, Probabilidade e Estatística, com ênfase em Análise de Dados e Experimentação Agromônica, atuando principalmente em Estatística.</p>

 <p>Sandra Regina M. Antunes</p>	<p>possui graduação em Licenciatura e Bacharelado Em Química pela Universidade Estadual de Londrina (1987) e doutorado em Química pela Universidade Federal de São Carlos (1993). Atualmente é professora associado da Universidade Estadual de Ponta Grossa. Tem experiência na área de Química, com ênfase em Química de Materiais, atuando principalmente nos seguintes temas: dióxido de estanho, varistores, células fotovoltaicas, biomateriais. Professora dos Programas de Pós Graduação em: Bioenergia e de Química Aplicada</p>
 <p>Paulo Rogério Pinto Rodrigues</p>	<p>Graduado em Bacharel e licenciatura em Química pela Universidade Estadual de Londrina (1988), mestre em Química (Físico-Química) pelo Instituto de Química da Universidade de São Paulo (IQUSP) desde 1993, Doutor em Química (Físico-Química) pelo IQ-USP em 1997. Atualmente é Professor Associado da Universidade Estadual do Centro Oeste (PR), orientador de Mestrado e Doutorado, com atividades administrativas: Diretor da Agência de Inovação - NOVATEC / UNICENTRO e Bolsista Produtividade do CNPq – Desenvolv. Tecnol. e Ext. Inovadora .</p>