

TRATAMENTO DE SUPERFÍCIES DE ALUMÍNIO COM MISTURA DE ÁCIDO SULFÚRICO E ÁCIDO FOSFÓRICO

Fernanda Andrade de Souza¹, Gecílio Pereira da Silva², Luiz Ferreira da Silva Filho³

¹ Graduanda do curso Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró – Rio Grande do Norte. E-mail: ferdiandrade1@gmail.com

² Professor Dr. na Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró – Rio Grande do Norte. E-mail: gecilio@ufersa.edu.br

³ Professor Dr. na Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró – Rio Grande do Norte. E-mail: luiz.filho@ufersa.edu.br

Resumo: O alumínio possui aplicabilidades em várias áreas por ser um material versátil e possuir características com alta resistência mecânica e a corrosão. Isso permite que sejam elaboradas diversas formas de tratamento de superfície de acordo com sua aplicação. Usando uma mistura de soluções ácidas foi possível desenvolver um tratamento de superfícies de alumínio, onde foram realizados teste de interação entre a superfície de alumínio, e soluções com concentrações equivalentes a (75%/25%), (50%/50%), dos ácidos sulfúrico e fosfórico, respectivamente, onde o material metálico é submetido a imersão nas soluções variando a temperatura. Com a análise dos valores de perda de massa após o polimento químico é feito um critério de avaliação e o aspecto com maior brilho e superfície mais lisa, foi atingido na temperatura de imersão de 80°C e concentração de (50%/50%). A análise das tabelas de perda de massa do alumínio com o polimento químico, mostrou-se diretamente proporcional a concentrações das soluções de imersão e da temperatura.

Palavras-chave: Alumínio, Ácido Sulfúrico, Ácido Fosfórico, Polimento químico;

1. INTRODUÇÃO

O polimento químico de superfícies de alumínio é um processo que consiste na utilização de soluções ácidas com o objetivo de remover imperfeições e promover um acabamento brilhante e uniforme. Esta solução é basicamente composta por ácidos além de aditivos niveladores de ataque.

O ácido sulfúrico, H₂SO₄, é um ácido mineral diprótico forte, incolor e inodoro, e nas condições normais apresenta-se na forma líquida (P.F. = 10 °C, P.E. = 337 °C, d = 1,84 g/mL). Soluções aquosas de H₂SO₄ têm, em determinadas concentrações, viscosidade próxima a de um óleo vegetal, sendo por isso, descrito normalmente como oleoso. Reage com a maioria dos metais, formando hidrogênio gasoso e o sulfato do metal em questão, sendo extensamente utilizado nos processos industriais de decapagens e tratamentos de superfícies. [2]

O ácido fosfórico é um composto líquido, incolor, solúvel em água e etanol, deliquescente, isto é, absorve a umidade do ar e consegue se dissolver, formando uma solução aquosa concentrada. Reage com metais, liberando gás hidrogênio inflamável, é incompatível com bases fortes e com a maior parte dos metais. É um ácido bastante utilizado no polimento químico ou eletroquímico de peças de alumínio [2].

O alumínio possui diversas aplicações na indústria devido a sua alta resistência mecânica e à corrosão, além de um ótimo aspecto visual. O crescente uso de componentes de alumínio nas indústrias demanda um contínuo desenvolvimento e aperfeiçoamento de processos e técnicas de tratamentos superficiais no intuito de aumentar sua durabilidade. Atualmente existe uma gama de métodos para polir quimicamente o alumínio. O tamboreamento é utilizado na indústria para polimento de peças pequenas e médias, como publicado por (multiesferas, 2017), Tamborear uma peça é a ação de colocá-la em uma máquina vibratória ou em um tambor rotativo, junto com diversos ‘chips’ cerâmicos abrasivos, ou de outros materiais que, através do friccionamento deles com a peça, podem causar diversos efeitos como polir, nivelar, alisar e limpar. Apesar de ser eficaz, pois o processo é feito em altas escalas, ele é insuficiente, pois, não abrange todas as peças nas suas formas e tamanhos variados além do custo ainda ser um pouco elevado [2].

O desenvolvimento de polidores químicos que consistem em utilizar uma solução ácida forte para esgotar a parte superior atômica das camadas de alumínio deixando um acabamento liso ainda é um tema bastante atual. A maioria dos métodos de polimento de alumínio citados na literatura baseia-se em usar o ácido nítrico e / ou ácido fosfórico para polimento. Porém, a finalidade desse projeto é propor a utilização de uma mistura de dois ácidos (Sulfúrico e Fosfórico) em diferentes proporções como banho de abrillantamento superficial de alumínio e avaliar inicialmente por análise visual os parâmetros operacionais que proporcionam os melhores resultados em relação à aparência, nivelamento e brilho de superfícies de corpos de prova de alumínio.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. Alumínio

Decorrente da mineração da bauxita, onde seu refino da origem a alumina, que passa por um processo de redução dando origem ao alumínio. Um dos metais não ferrosos mais abundantes, o alumínio acaba proporcionando sua utilização em grande escala. É usado em várias aplicações, como material estrutural de diversas áreas, como na indústria química, automobilística, aeronáutica, construção civil, embalagens de alimentos e medicamentos, entre outras. [1]

Uma característica fundamental do alumínio é a facilidade que ele tem de retornar ao seu estado oxidado, devido o grande consumo de energia introduzido em sua produção. Portanto, após a redução do óxido em metal, o alumínio pode ser laminado em qualquer espessura e extrudado em uma grande diversidade de perfis de seção transversal constante e grande comprimento. Além de, poder ser forjado ou impactado. Arames de alumínio trefilados proveniente de vergalhões originam fios de alumínio que, ao serem encordoados, transformam-se em cabos condutores [1].

As propriedades como aparência, elevada razão resistência mecânica/densidade, baixa densidade, e baixo custo relativo torna o alumínio um material bastante atraente para usos industriais. [1]. Devido a capacidade em formar uma fina camada de óxido que protege sua superfície de oxidações posteriores o alumínio apresenta uma boa resistência a corrosão, exceto em meios onde o pH seja menor 4 ou maior 9, ou em presença de íons cloretos [4].

Outra propriedade é a sua refletividade de 80%, que permite uma ampla utilização em luminárias. Também, é constantemente usado como proteção em equipamentos eletrônicos, por não ser magnético, não produzir faíscas, além de garantir seu uso no estoque de substâncias inflamáveis ou explosivas. Uma característica importante é a barreira a luz, umidade e oxigênio, fazendo da folha de alumínio um material multifuncional no mercado de embalagens. Uma das suas principais vantagens é que esse metal não perde suas propriedades físico-químicas quando reciclado [4].

A Tabela 01 mostra algumas propriedades do Alumínio.

Tabela 01 – Propriedades físicas do Alumínio. [4]

Propriedades Físicas	Alumínio (Al)
Densidade (g/cm ³)	2.70
Temperatura de fusão (°C)	660
Módulo de elasticidade (Mpa)	7000
Coeficiente de dilatação térmica (L/°C)	23. 10-6
Condutibilidade térmica a 25°C (cal/cm/°C)	0,53
Condutibilidade elétrica (%iacs)	61

2.2. Ácido Sulfúrico

O grau de ionização desse ácido é muito elevado ($\alpha = 61\%$), sendo desta forma um ácido muito forte. É muito corrosivo, pois possui um poder oxidante e desidratante muito forte, sendo capaz de carbonizar compostos orgânicos, como os hidratos de carbono. O ácido sulfúrico é, via de regra, comercializado de forma bastante concentrada, com aproximadamente 97% de sulfato de hidrogênio em massa, o que significa que é praticamente a substância pura. Ele é um líquido incolor, de densidade igual a 1,84 g/cm³, viscoso, com ponto de ebulição igual a 340°C, o que significa que, em condições ambiente ele passa muito lentamente para o estado de vapor. A inalação dos vapores do ácido sulfúrico pode causar perda de consciência e sérios prejuízos pulmonares [6].

O ácido sulfúrico possui amplas aplicações. Na indústria, é a substância química mais utilizada, entre as suas aplicações, cita-se seu uso na produção de fertilizantes, como os superfosfatos e sulfato de amônio, na produção de papel, corantes, fibras de raio, medicamentos, tintas, inseticidas, explosivos e outros ácidos, além de ser usado também nas indústrias petroquímicas para o refino de petróleo e como decapante de ferro e aço [6].

A tabela 2 mostra algumas propriedades do Ácido Sulfúrico

Tabela 02 – Propriedades físicas do Ácido Sulfúrico [6].

Propriedades Físicas	Ácido Sulfúrico (H ₂ SO ₄)
Aspecto	Líquido, límpido, incolor
Densidade (g/cm ³)	1,8356
Ponto de fusão (°C)	10,38
Solubilidade em água	100% miscível
Ponto de ebulição (°C)	337
pH	1,0 (solução 0,1N, solução aquosa)

2.3. Ácido Fosfórico

O ácido fosfórico é um composto líquido, incolor, solúvel em água e etanol, deliquescente, isto é, absorve a umidade do ar e conseqüentemente se dissolve, formando uma solução aquosa concentrada. Esse ácido possui

inúmeras aplicações industriais: em polimento e abrillhantamento de alumínio, em formulação de detergentes, estabilizadores de solo, em indústria de fertilizantes, ceras, no refino de açúcar, indústria de produção de sal mineral para alimentação animal, na fabricação de gelatina, indústria de bebidas, usina de chocolate, dentre outros [7].

No ácido fosfórico seus três hidrogênios podem ser convertidos por substituição gradual a fosfatos primário, secundário e terciário. É, portanto, um ácido que pode variar rapidamente de fraco para moderadamente forte. É bastante solúvel em água e em etanol, sendo usualmente fornecido como uma solução aquosa concentrada a 85%. É quimicamente estável, porém, quando exposto a luz solar direta, pode torná-lo instável, e devem-se evitar condições de alta temperatura, umidade, fonte de ignição e luz solar direta. Quando em contato com a água, a acidez é ligeiramente reduzida por minerais contidos na mesma. [8]

A tabela 03 mostra algumas propriedades do Ácido Fosfórico (H_3PO_4).

Tabela 03 – Propriedades físicas do Ácido Fosfórico [8]

Propriedades Físicas	Ácido Fosfórico (H_3PO_4)
Aspecto	Líquido claro, incolor de odor adocicado
pH	1,5 (solução 0,1N, solução aquosa)
Ponto de fusão ($^{\circ}C$)	158,0
Ponto de ebulição ($^{\circ}C$)	21,0
Pressão de vapor (mm Hg a $20^{\circ}C$)	0,03
Densidade	1,69 a $25^{\circ}C$ (água =1)
Densidade de vapor	3,4 (ar=1)

2.4. Polimento Químico

O polimento é uma função química entre a superfície em polimento, o meio e seus agentes abrasivos. Isto quer dizer que as reações químicas influenciam no processo de polimento. O polimento tem como finalidade o tratamento na superfície de um material com uma solução química, para adquirir brilho e eliminar todas as imperfeições existentes na amostra. O processo de ataque químico vai ocorrer quando o reagente ácido entra em contato com a superfície do metal, por um determinado intervalo tempo, removendo suas impurezas, imperfeições e opacidade, deixando-as lisas e com brilho. [3]

Em análises microscópicas podem ser evidenciadas diferenças de relevo e contorno de grãos. Previamente, é necessário que a amostra esteja isenta de oleosidades ou quaisquer outros interferentes que dificultem o contato entre o polidor e a superfície do metal. Geralmente antes da imersão no polidor químico as peças passam por processo de secagem em ar quente produzidos por ventoinhas elétricas ou secador. [3]

2.5. Metodologia

Os seguintes procedimentos experimentais foram realizados no Laboratório de Química Aplicada a Engenharia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido.

2.5.1. Matéria-prima

Foram utilizados, como corpo de prova, chapas de alumínio 1050 ABNT/ASTM (99,5% Al; 0,25% Si; 0,4% Fe, traços), com 0,7mm de espessura nas dimensões aproximadas de 3,0 por 3,0 cm, Água destilada, Ácido Sulfúrico - H_2SO_4 P.A (95%), Ácido Fosfórico - H_3PO_4 P.A (85%) e solução desengraxante industrial à 2,5%.

2.5.2. Equipamentos

Os equipamentos utilizados para a realização dos experimentos foram:

- Vidrarias (Béqueres, Provetas);
- Garras de plástico;
- Termômetros de vidro (Promo Lab. www.allafrance.com);
- Secador Turbo 6000 (TAIFF);
- Chapa aquecedora (Lucadema Científica. www.lucadema.com.br);
- Balança analítica (Tecnal Equipamentos para Laboratórios. São Paulo – SP);
- Cronômetro;
- Câmera fotográfica;
- Bacia de alumínio;

2.5.3 Preparo de Soluções

Inicialmente foi preparada a solução desengraxante, que possui a finalidade de propiciar uma limpeza preliminar, de gorduras, graxas, e outras impurezas nas chapas de alumínio sem que houvesse nenhum ataque químico. Para tal, foi pesado 2,5 g de desengraxante industrial DI-MERSAO 020-NOVA da Dileta química®, e realizada a diluição em 100 ml de água destilada [9].

Para a preparação das soluções de ácido sulfúrico e fosfórico utilizou-se a Equação 1, em que os dois termos à esquerda são o volume e a concentração dos ácidos usados na mistura para uma solução diluída de volume e concentração dadas pelos termos equivalentes à direita. Essa relação tem como base a igualdade entre o número de mols do soluto existente na solução diluída que deve ser igual ao número de mols no reagente concentrado. O volume pode ser usado em milímetros ou em litros desde que as unidades sejam as mesmas para ambas as soluções [9]. A equação utilizada para a realização das soluções é a seguinte:

$$V_{\text{conc.}} \cdot C_{\text{conc.}} = V_{\text{dil.}} \cdot V_{\text{dil.}} \quad (1)$$

Para a realização dos experimentos, foram preparadas as soluções e misturas com concentrações e volumes descritos na Tabela 04. Nesse trabalho os ácidos destinados para análise, ou seja, no máximo teor de pureza (H_2SO_4 P.A 95% - para o ácido sulfúrico e H_3PO_4 P.A 85% - para ácido fosfórico) são designados como equivalentes 100% em conteúdo mássico, sendo as demais quantias deste em percentual.

Tabela 04: – Soluções, suas respectivas concentrações, misturas e volumes (Autoria própria).

Mistura dos Ácidos Fosfórico e Sulfúrico		
Soluções	Ácido Fosfórico e Ácido Sulfúrico (75%/25%)	Ácido Fosfórico e Ácido Sulfúrico (50%/50%)
Ácido Sulfúrico (H_2SO_4)	50mL	100mL
Ácido Fosfórico (H_3PO_4)	150mL	100mL

Após a realização de todas as misturas mostradas na tabela anterior, pode-se observar uma reação exotérmica, ou seja, uma liberação de calor, então foi necessário colocá-las em um banho de gelo por alguns minutos para que ficassem a temperatura ambiente.



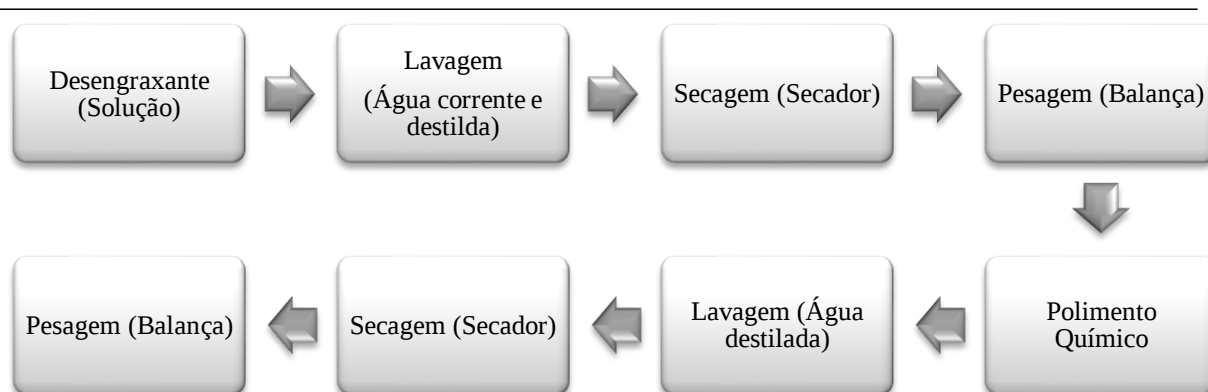
Fonte: autoria própria (2019)

2.5.4. Polimento Químico

Para realizar o polimento químico, inicialmente foi feita uma imersão das placas de alumínio na solução de desengraxante por 1 minuto. Em seguida as placas foram lavadas em água corrente e posteriormente em água destilada, sendo então secadas Secador Turbo 6000 e induzidas numa balança analítica para obtenção da primeira pesagem.

Posteriormente, as placas foram imersas em béqueres contendo as misturas de ácidos sulfúrico e fosfórico, conforme especificado na tabela 04, nas temperaturas de 80 e 100° C, onde ficaram por 5 minutos. Finalmente após serem removidas dos béqueres as placas foram lavadas com água destilada e induzidas novamente na balança analítica para derradeira pesagem.

Todos os procedimentos de polimento nas placas de alumínio foram seguidos de acordo com um cronograma mostrado na figura a seguir.



3. RESULTADOS

3.1. Pesagem das placas

Os resultados obtidos de perda de massa em relação ao tempo de imersão nas duas concentrações foram diferentes nas temperaturas de 80°C e 100°C. As Tabelas 05 e 06 mostram as massas das placas de alumínio antes e depois do abrilhantamento nas duas temperaturas e concentrações. Nota-se uma diferença maior na temperatura de 100°C.

Tabela 05: Pesagem das placas de alumínio antes e depois do abrilhantamento na temperatura de 80°C (Autoria própria).

Placa	Concentração (H ₃ PO ₄) / (H ₂ SO ₄)	Massa (g) antes do abrilhantamento	Massa (g) depois do abrilhantamento
1a	(75%/25%)	1,7709	1,5813
2a	(75%/25%)	1,7677	1,5721
1b	(50%/50%)	1,7726	1,6654
2b	(50%/50%)	1,8130	1,6929

Tabela 06: Pesagem das placas de alumínio antes e depois do abrilhantamento na temperatura de 100°C (Autoria própria).

Placa	Concentração (H ₃ PO ₄) / (H ₂ SO ₄)	Massa (g) antes do abrilhantamento	Massa (g) depois do abrilhantamento
1a	(75%/25%)	1,7696	1,2979
2a	(75%/25%)	1,8106	1,4044
1b	(50%/50%)	1,7133	1,5309
2b	(50%/50%)	1,8170	1,4399

3.2. Perda de massa relativa

Os resultados foram realizados em duplicatas e enumerados em 1 e 2, conforme consta na metodologia de preparo de soluções. Nas tabelas 07 e 08, podemos observar a diferença da perda de massa relativa nas concentrações e temperaturas.

Tabela 07: Perda de massa relativa na temperatura de 80°C (Autoria própria).

Perda	Concentração (H ₃ PO ₄) / (H ₂ SO ₄)	Perda de massa (g)	Perda de massa relativa (g)
1a	(75%/25%)	0,1896	0,1070
2a	(75%/25%)	0,1976	0,1117
1b	(50%/50%)	0,1072	0,0604
2b	(50%/50%)	0,1201	0,0662

Os dados da tabela 07 mostram que houve uma perda de massa maior na concentração de (75%/25%), onde a concentração de ácido fosfórico é maior, indicando uma dissolução mais intensa do alumínio. Visualmente é possível notar essa diferença, pois as placas apresentam menor brilho e espessura. Nas concentrações equivalentes a (50%/50%), os testes foram satisfatórios em relação ao brilho e a superfície lisa.

As figuras 1 e 2 mostram o aspecto das chapas antes e depois a etapa de polimento químico na temperatura de 80°C em um tempo de imersão de 5 minutos.

Figura 1:Aspecto das chapas anterior a etapa de polimento na temperatura de 80°C em um tempo de imersão de 5 minutos (Autoria própria).

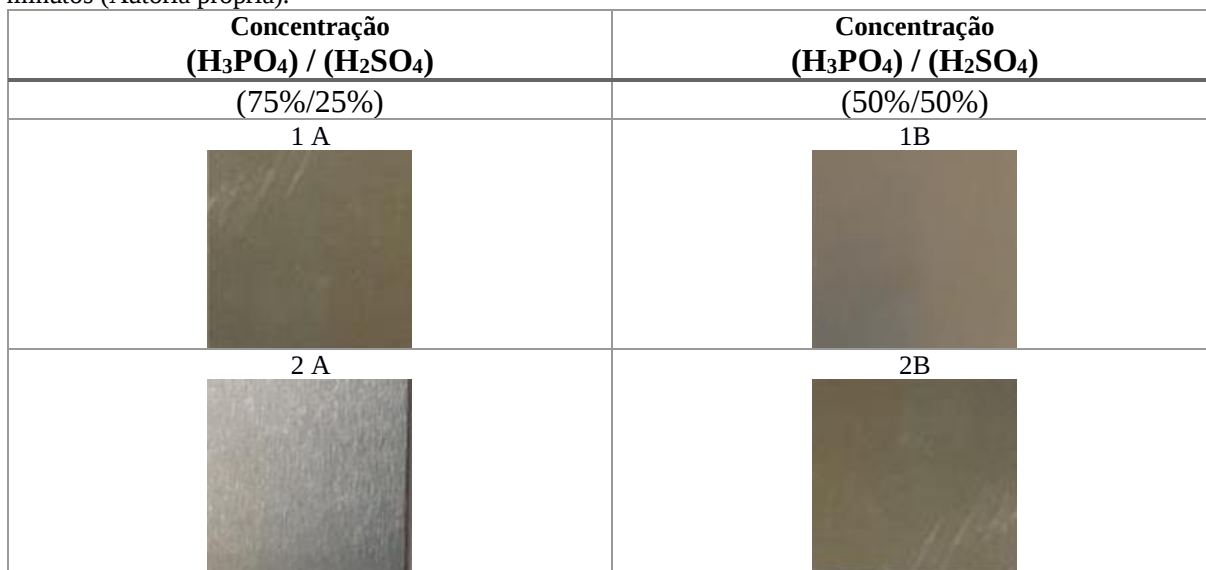


Figura 2:Aspecto das chapas posterior a etapa de polimento na temperatura de 80°C em um tempo de imersão de 5 minutos (Autoria própria).

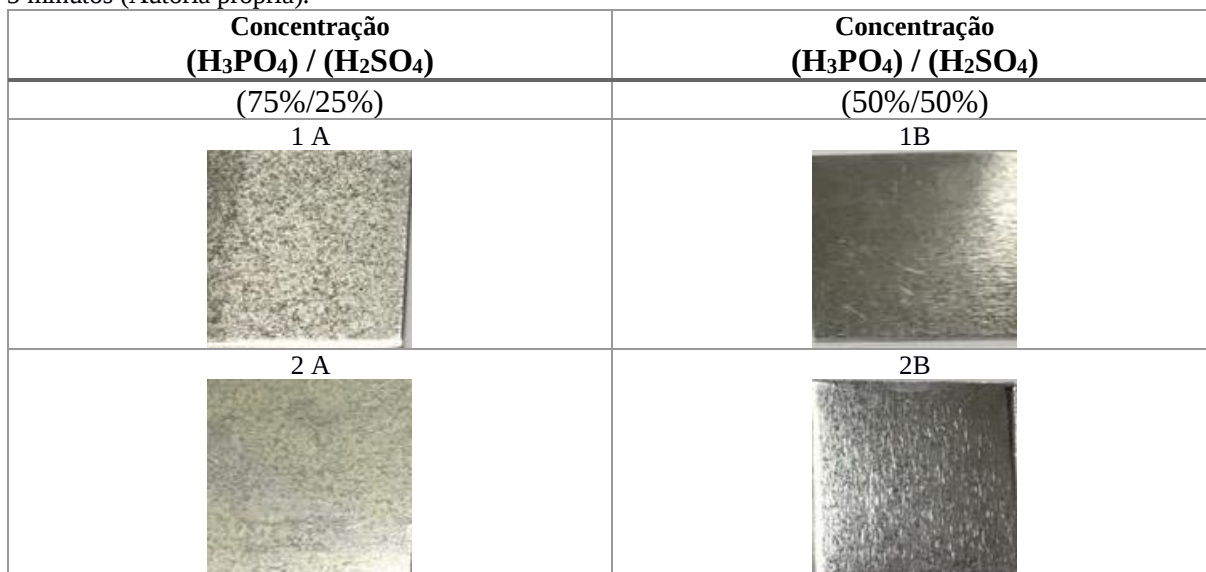


Tabela 08: Perda de massa e perda de massa relativa na temperatura de 100°C (Autoria própria).

Perda	Concentração (H ₃ PO ₄) / (H ₂ SO ₄)	Perda de massa (g)	Perda de massa relativa (g)
1a	(75%/25%)	0,4717	0,2665
2a	(75%/25%)	0,4062	0,2243
1b	(50%/50%)	0,1824	0,1064
2b	(50%/50%)	0,3780	0,2080

Ao analisar a tabela 08, foi possível notar que a perda de massa aumentou conforme a variação da temperatura, pois, geralmente temperaturas mais elevadas afetam na velocidade da reação. Na concentração de (25%/75%) houve o aparecimento de manchas nas chapas, isso devido um brusco ataque do ácido a superfície do metal. Tal ocorrido, indica que, a concentração influencia também nesse processo, conforme observado na tabela anterior quanto a perda de massa, pois ela aumenta conforme o aumento da concentração da solução ácida.

As figuras 3 e 4 mostram o aspecto das chapas antes e depois a etapa de polimento químico na temperatura de 100°C em um tempo de imersão de 5 minutos.

Figura 3: Aspecto das chapas anterior a etapa de polimento na temperatura de 100°C em um tempo de imersão de 5 minutos (Autoria própria).

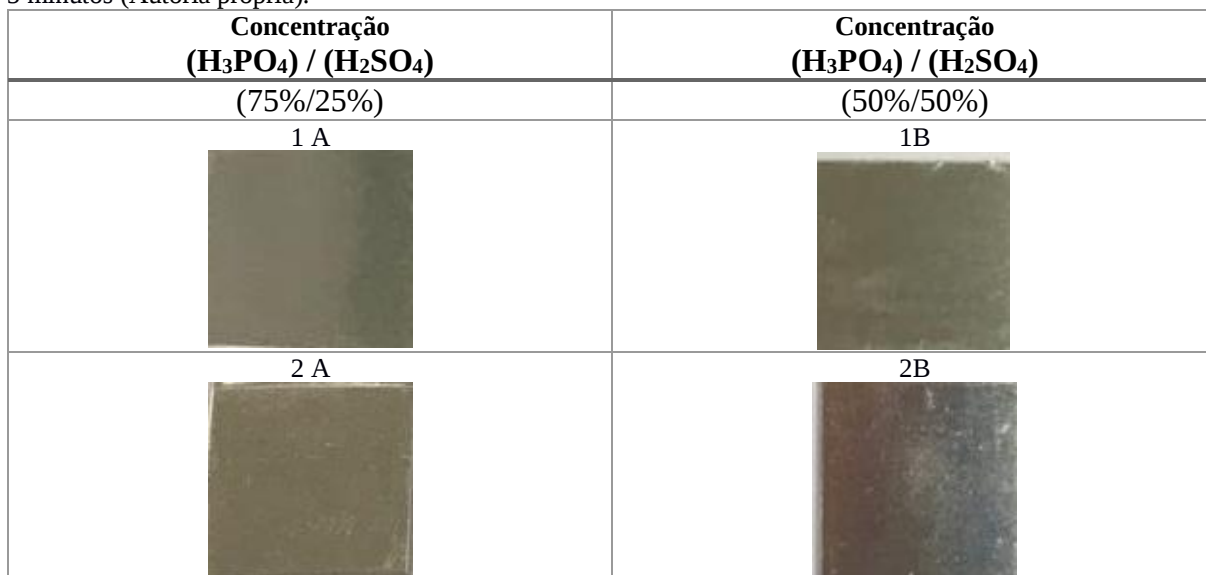
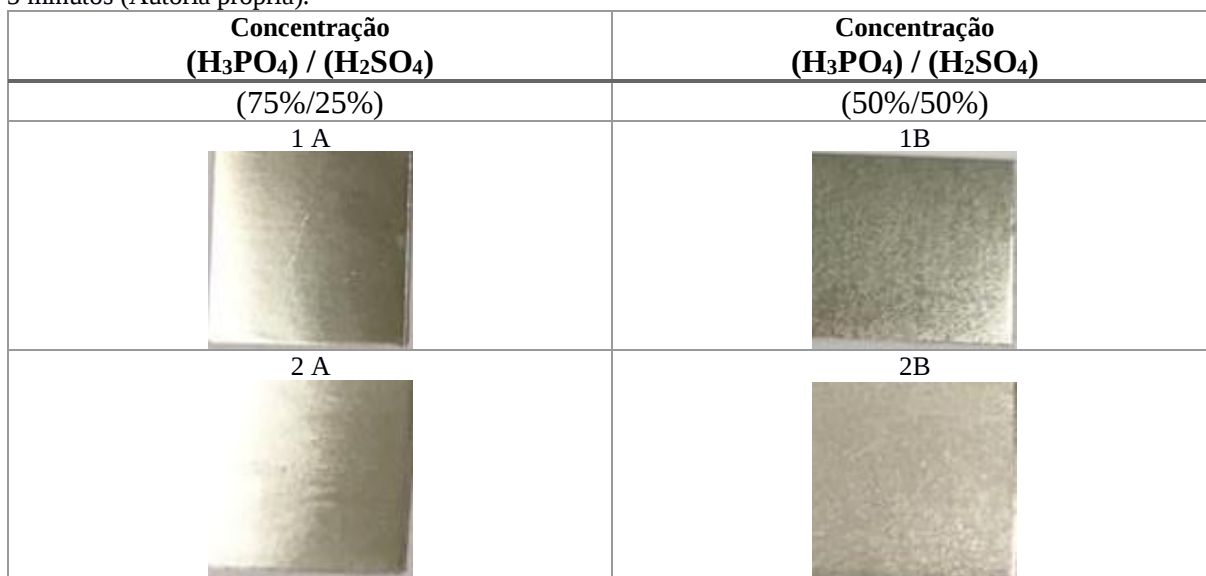


Figura 4: Aspecto das chapas posterior a etapa de polimento na temperatura de 100°C em um tempo de imersão de 5 minutos (Autoria própria).



4. CONCLUSÃO

Analisando os resultados obtidos, é possível concluir que a perda de massa do alumínio, aumenta com o aumento de algumas variáveis, como: concentração usada na solução e a sua temperatura. O aumento da temperatura pode promover o brilho e homogeneidade de forma mais rápida, porém, se esse aumento for brusco, ocasiona um ataque ao alumínio, gerando algumas manchas superficiais e ofuscando seu brilho. No entanto, isso varia de acordo com a concentração da solução de imersão.

As concentrações equivalentes a (50%/50%) promovem bons resultados na temperatura de 80°C, onde pode-se notar um brilho mais intenso e superfícies lisas. Na temperatura de 100°C, onde a perda de massa foi maior, tivemos dois resultados visivelmente diferentes, pois na concentração de (50%/50%) é possível perceber um brilho mais fosco e na (75%/25%) um brilho mais espelhado. Os valores obtidos no trabalho irão servir para que a pesquisa tenha continuidade, com o objetivo de melhorar os resultados.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] SANTOS, Wagner Izaltino Alves dos. **Caracterização da Resistência à corrosão de ligas de alumínio após tratamentos alternados à cromatização, com e sem revestimento orgânico**. 2011. 120 f. Dissertação

(Mestrado) - Curso de Ciências na Área de Tecnologia Nuclear, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

[2] CAMPOS, Vinícius Rangel. Métodos de Preparação Industrial de Solventes e Reagentes Químicos: Ácido Sulfúrico. 2011. Disponível em: <<http://rvq.sbq.org.br/imagebank/pdf/v3n3a06.pdf>>. Acesso em: 05 de dezembro de 2019.

[3] SOARES, P. R. O.. **COMO ANODIZAR OU PINTAR ALUMÍNIO COM QUALIDADE:** Abrilhantamento Químico do Alumínio. 2017. Disponível em: <<https://anodizarpintaraluminio.blogspot.com/2017/06/abrilhantamento-quimico-do-aluminio.html>>. Acesso em: 07 de dezembro de 2019.

[4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ALUMÍNIO – ABAL. **Alumínio:** Cadeia Primária. 2017. Disponível em: <<http://abal.org.br/aluminio/cadeia-primaria/>>. Acesso em: 09 de dezembro de 2019.

[5] SKUBAL D. R.; WALTERS, L. R.. Chemical polishing of aluminum coupons in support of vacuum chambers. **Vacuum: Rapid Communication in Vacuum, Plasma, Surface and Materials Science**. Estados Unidos, 4 de março de 2013. p. 1-6.

[6] FOGAÇA, Jennifer Rocha Vargas. **Ácido Sulfúrico**. Disponível em: <<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/acido-sulfurico.htm>>. Acesso em: 09 de dezembro de 2019.

[7] MAKENI CHAMICALS (São Paulo). Empresa. **Ácido Fosfórico**. 8. ed. São Paulo: FICHA DE INFORMAÇÕES DE SEGURANÇA DE PRODUTOS QUÍMICOS – FISPQ, 2003. 5 p.

[8] QUIMESP QUÍMICA (Org.). **Ácido Fosfórico 85%**. Disponível em: <<http://www.quimesp.com.br/acido-fosforico-85.php>>. Acesso em: 09 de dezembro de 2019.

[9] SKOOG, DOUGLAS A.; WEST, DONALD M.; HOLLER, F. JAMES; CROUCH, STANLEY R.. **Fundamentos de Química Analítica**. Tradução da 8ª edição norte-americana. São Paulo: Cengage Learning, 2013. 999 p.