



UNISUL

UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA

SIBELY VARGAS PEREIRA

**AVALIAÇÃO DE MÉTODO DE REUTILIZAÇÃO DO RESÍDUO DO PROCESSO DE
ANODIZAÇÃO**

Tubarão

2008

SIBELY VARGAS PEREIRA

**AVALIAÇÃO DE MÉTODO DE REUTILIZAÇÃO DO RESÍDUO DO PROCESSO DE
ANODIZAÇÃO**

Relatório apresentado ao curso de graduação em
Engenharia Química como requisito parcial para
aprovação na disciplina Estágio Supervisionado
curricular.

Universidade do Sul de Santa Catarina

Orientadora: Professora Maria Lúcia S. Cochlar, Msc.

Tubarão

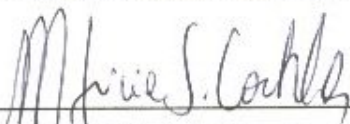
2008

SIBELY VARGAS PEREIRA

**AVALIAÇÃO DE MÉTODO DE REUTILIZAÇÃO DO RESÍDUO DO
PROCESSO DE ANODIZAÇÃO**

Este relatório foi avaliado e considerado adequado como requisito parcial na aprovação da disciplina Estágio Supervisionado Curricular em Engenharia Química da Universidade do Sul de Santa Catarina.

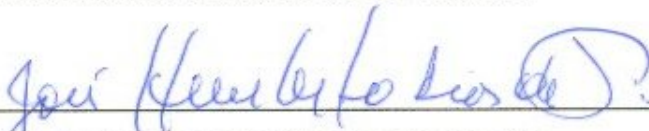
Tubarão, 01 de Julho de 2008



Prof. e Orientadora Maria Lúcia Cochlar, Msc.
Universidade do Sul de Santa Catarina



Prof. Marcos Marcelino Mazzucco, Dr.
Universidade do Sul de Santa Catarina



Prof. José Humberto Dias de Toledo, Dr.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Dedico este trabalho à empresa Alcoa Alumínio S.A. que me possibilitou a oportunidade de aplicar os conhecimentos adquiridos no curso de Engenharia Química.

AGRADECIMENTOS

À Deus, que me proporcionou a vida.

Aos meus pais Maurina Vargas Pereira e Manoel Pereira que sempre estiveram do meu lado me apoiando.

À Universidade do Sul de Santa Catarina e ao Curso de Engenharia Química que oportunizaram a realização deste trabalho.

À Empresa Alcoa Alumínio S.A. pela oportunidade concedida à realização do estágio.

Ao Supervisor de campo Sr. Cleber B. Rodrigues.

À Engenheira Thais Rosa Bento, pela colaboração.

À Professora MSc. Maria Lúcia S. Cochlar, pela orientação, dedicação e incentivo no desenvolvimento deste relatório.

À Murilo Pacheco Hulse.

RESUMO

A Alcoa Alumínio S.A., na fábrica de Tubarão/SC, possui um sistema de gestão integrado baseado nos requisitos das normas da ABNT, ISO 14001, ISO 9001 e OHSAS 18001, e busca sempre alternativas de melhoria contínua, entre elas a diminuição de seus impactos ambientais, como a geração e o destino do lodo do processo de anodização. O processo de anodização utiliza grandes volumes de água e seus efluentes sofrem um tratamento físico-químico que geram um volume de resíduo de aproximadamente uma tonelada para cada tonelada de material processado. Para diminuir os impactos gerados pelo resíduo gerado, a melhor alternativa é utilizá-lo em algum outro processo ou como matéria-prima para um novo produto. Para isso é necessário caracterizar o resíduo, analisar sua disponibilidade e, a partir desse estudo, avaliar e testar as possibilidades de sua reutilização. O resíduo da anodização apresenta umidade alta, em torno de 70 à 80%, e é composto aproximadamente de 80% de hidróxido de alumínio. Avaliando essas características e tendo como referencia uma patente americana, de propriedade de Okamura et. al., foram feitos testes para a obtenção de um isolante térmico e acústico utilizando um material orgânico fibroso junto com o resíduo da anodização. A partir dos resultados levantou-se a possibilidade de utilização do resíduo da anodização na obtenção de um novo produto.

Palavras-chave: Resíduo da anodização. Reutilização. Isolante térmico.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - PROCESSO DE ANODIZAÇÃO	12
FIGURA 2 – ESTRUTURA DA CAMADA ANÓDICA	15
FIGURA 3 - REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA COLORAÇÃO DO ALUMÍNIO MEDIANTE DEPOSIÇÃO DE PARTÍCULAS METÁLICAS NOS POROS	17
FIGURA 4 - RECICLAGEM DE RESÍDUOS.	25
FIGURA 5 - PROCESSO DE ANODIZAÇÃO DA ALCOA.....	28
FIGURA 6 - TRATAMENTO DE EFLUENTES DA EMPRESA ALCOA.	30
FIGURA 7 - METODOLOGIA DO TRABALHO.	32
GRÁFICO 8 - TESTE DE ISOLAMENTO.	37

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - ESPECIFICAÇÕES DA ESPESSURA DA CAMADA ANÓDICA SEGUNDO NORMA NBR 12609 (2003). 16

TABELA 2 - AJUSTE DO PH DA MISTURA DE PAPELÃO. 34

TABELA 3 - AJUSTE DO PH DA MISTURA DE SERRAGEM DE MADEIRA. 35

TABELA 4 - TESTE DE ISOLAMENTO..... 36

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 DESENVOLVIMENTO.....	11
2.1 OBJETIVO GERAL	11
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
2.3 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO.....	11
2.3.1 Processo de Anodização	11
2.3.1.1 Montagem ou Enganchamento	12
2.3.1.2 Desengraxe	12
2.3.1.3 Lavagem	13
2.3.1.4 Fosqueamento	13
2.3.1.5 Neutralização	14
2.3.1.6 Anodização	14
2.3.1.7 Eletrocoloração	16
2.3.1.8 Selagem	17
2.3.1.9 Desmontagem	18
2.3.2 Estação de Tratamento de Efluentes e Formação do Lodo	18
2.3.3 Lodo da Anodização do Alumínio	20
2.3.4 Gestão de Resíduos	21
2.3.5 Classificação de Resíduos	23
2.3.5.1 Classificação de Resíduos – Riscos Potenciais ao Meio Ambiente	23
2.3.6 Reciclagem de Resíduos	24
2.3.7 Possíveis Aplicações do Resíduo Anodização	26
2.4 JUSTIFICATIVA: ATIVIDADE DESENVOLVIDA – O PROBLEMA.....	27
2.4.1 Descrição do Processo de Anodização da Alcoa	27
2.4.2 Tratamento físico-químico do processo de anodização da Alcoa	29
2.4.3 Classificação do Resíduo	31
2.5 METODOLOGIA.....	31
2.5.1 Preparação de material isolante com o lodo da anodização	31
2.6 RESULTADOS E DISCUSSÕES	33
3 CONCLUSÕES E SUGESTÕES	38
REFERÊNCIAS	39

1 INTRODUÇÃO

A Alcoa Alumínio S.A, é a principal produtora e gerenciadora mundial de usinas de alumínio primário, alumínio industrializado e alumina. A Alcoa atende aos mercados aeroespacial, automotivo, de embalagens, construção, transporte industrial, levando engenharia, produção e outras capacitações aos seus clientes. São várias fábricas espalhadas pelo mundo, atendendo aos diversos segmentos citados, no Brasil possui 8 unidades e uma delas situa-se em Tubarão (SC), que fornece produtos para a construção civil e indústrias moveleira, automobilística e metal-mecânico, nos setores de extrusão e anodização.

O estágio supervisionado foi desenvolvido no setor de anodização, em atividades de controle de processo. A anodização é um processo eletroquímico que tem como finalidade criar no alumínio uma fina camada protetora e dar também um acabamento decorativo. O processo é composto por várias etapas, ou seja, são vários banhos com soluções e concentrações diferentes, que o material (perfis de Alumínio) passa seguindo uma seqüência segundo algumas especificações, como cor e camada anódica. No processo de anodização, para que se tenha um bom material, vários parâmetros químicos e eletroquímicos devem ser mantidos sob controle, como as concentrações e temperatura dos banhos, área da guancheira, corrente elétrica, tensão, montagem da guancheira e vários outros, mas também relacionado ao processo está a estação de tratamento de efluentes, pois todo o efluente gerado é necessário ser tratado, e como é gerado uma grande quantidade de efluente continuamente, a estação de tratamento também trabalha em processo contínuo.

Sabe-se que todo efluente tratado gera resíduos, e pelo processo de anodização ser um processo que consome muita água, a quantidade de resíduo gerado também é grande.

O objetivo desse trabalho é estudar novas maneiras de utilização deste resíduo de forma a solucionar o problema ambiental e ainda, obter um produto com maior valor agregado.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 OBJETIVO GERAL

Testar e avaliar novos métodos de reutilização do resíduo (lodo) gerado no tratamento de efluentes do setor de anodização da empresa Alcoa.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desenvolver aplicações para o lodo da anodização;
- Diminuir os impactos ambientais;
- Diminuir os gastos da empresa com a disposição do resíduo.

2.3 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

O levantamento bibliográfico faz uma breve revisão do processo de anodização, descrevendo o tratamento de efluentes, a formação da lama, as propriedades do resíduo gerado e alguns métodos de reutilização do resíduo.

2.3.1 Processo de Anodização

Segundo Cottrell (1993, p. 753) o alumínio possui uma excelente resistência à corrosão, o que lhe permite conservar, quando exposto à atmosfera uma superfície brilhante e de aspecto limpo devido a uma fina camada de óxido. Para a maioria das aplicações do alumínio é necessária uma camada de óxido mais

resistente, ou seja, uma camada protetora mais grossa, fornecida por um processo químico ou eletroquímico, como o da anodização.

[..]A anodização é um processo eletrolítico que produz uma camada penetrante e integral de óxido em superfície de Alumínio. É um método bastante aceito e bem definido para produzir uma película decorativa e protetiva de alta qualidade nas ligas de alumínio, cobrindo uma ampla gama de aplicações. (Associação Brasileira do Alumínio, 2005, p. 13)

O processo de anodização segue o seguinte fluxograma:

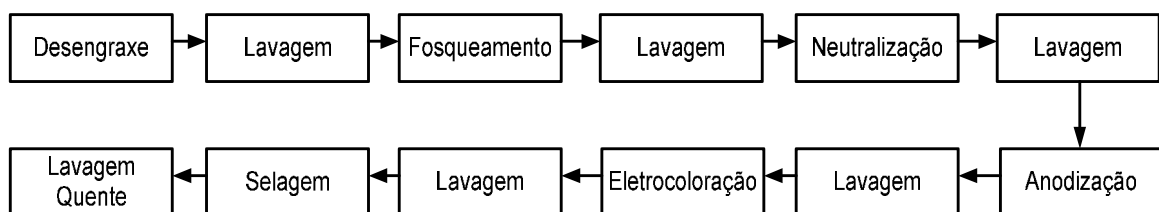


Figura 1 - Processo de Anodização
Fonte: Elaboração do Autor, 2008.

2.3.1.1 Montagem ou Enganchamento

Consiste em fixar os perfis de alumínio nas guancheiras. As guancherías são de alumínio e a fixação é feita com alicate, arames de alumínio, entre outros. Essa etapa parece simples, mas é de fundamental importância para que a camada seja formada e evite-se outros problemas. É necessário que se tenha bons pontos de contatos e que os perfis estejam bem fixos na guancheira.

2.3.1.2 Desengraxe

Este processo serve para efetuar uma limpeza na superfície do alumínio, removendo gorduras, óleos e outros materiais aderentes ao metal. Geralmente a solução utilizada é composta por um desengraxante alcalino com um pH entre 9 e 11, numa temperatura de 55 à 65°C e sem agitação, para que não

forme muita espuma. Quando se utiliza solução alcalina, o banho também remove o filme de óxido.

2.3.1.3 Lavagem

A lavagem com água é feita após o desengraxe e após cada uma das subseqüentes fases do processo, com a finalidade de garantir a ausência de resíduos na superfície das peças provenientes da etapa anterior. Essa fase é muito importante por ser uma fonte permanente de contaminação.

2.3.1.4 Fosqueamento

“O fosqueamento pode ser considerado como uma limpeza da peça em processo” (Associação Brasileira do Alumínio, 2005, p. 33). Tem como finalidade remover o filme de óxido e de contaminantes incrustados na superfície. A solução é composta por soda cáustica, numa concentração entre 5 à 10%, e por um aditivo inibidor de ataque, numa temperatura de 55 à 65°C, resultando em um acabamento superficial fosco e uma superfície um pouco áspera, minimizando os defeitos gerados pelo acabamento bruto.

Os parâmetros de controle do fosqueamento são:

- Temperatura – geralmente na faixa de 55 à 65°C, quanto mais alta a temperatura maior e mais rápido será o ataque;
- Tempo – quanto maior o tempo maior a taxa de ataque, sendo a média de tempo de fosqueamento é de 10 minutos.
- Concentração de soda cáustica – 50 a 120g/L
- Concentração de Alumínio Dissolvido – máximo 150g/L
- Relação soda/alumínio dissolvido – a relação deve estar entre 64 à 74%, pois senão ocorre o desbalanceamento da reação do alumínio com a soda e a

reação se torna irreversível, formando hidróxido de alumínio, na forma de uma massa dura.

- Concentração de Aditivo – o aditivo é muito importante pois, evita a precipitação do hidróxido de alumínio, que forma uma massa dura nas paredes do tanque.

2.3.1.5 Neutralização

Tem como finalidade remover os efeitos dos resíduos alcalinos, efetuando-se “a neutralização do filme de solução de fosqueamento, que permanece aderida ao material, após a lavagem com água.” (Associação Brasileira do Alumínio, 2005, p. 37). Esta fase dissolve compostos formados em decorrência das reações químicas dos elementos da liga do alumínio durante a fase de fosqueamento e quaisquer partículas de intermetálicos ou hidróxidos presentes na superfície após a lavagem. A solução é composta por ácido sulfúrico numa concentração entre 180 à 200g/L.

2.3.1.6 Anodização

É nessa parte do processo que ocorre a formação da camada anódica, de forma controlada e acelerada, criando uma camada homogênea e com elevada dureza e resistência a corrosão. A camada anódica é formada na superfície do alumínio, através de uma eletrólise de uma solução de ácido sulfúrico, por meio de uma corrente contínua.

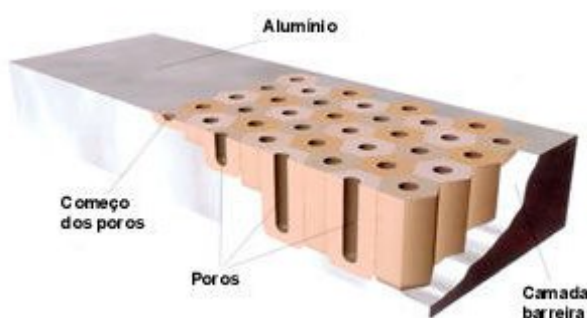


Figura 2 – Estrutura da camada anódica
Fonte: Abal, 2005, p. 41.

[..]A estrutura básica da camada anódica é constituída por células hexagonais, cada uma delas com um poro central. No fundo dos poros forma-se uma fina camada barreira, que separa o óxido em formação do alumínio. Essencialmente, o tamanho das células é determinado pela voltagem, enquanto a espessura da camada é determinada pelo número de coulombs que passam através de delas (relação corrente x tempo). (Associação Brasileira do Alumínio, 2005, p. 39).

Para a formação de uma camada uniforme, vários parâmetros precisam ser controlados, os mais importantes são: concentração de ácido sulfúrico, voltagem, densidade de corrente, agitação, concentração de alumínio dissolvido, temperatura do banho e tempo de anodização.

- **Concentração de Ácido Sulfúrico:** o ácido sulfúrico é o eletrólito mais utilizado, deve-se trabalhar dentro de uma faixa de concentração estreita para que se tenha camadas uniformes, pois uma baixa concentração do eletrólito forma uma camada dura e pouco porosa e uma alta concentração dissolve a camada formada. Geralmente se trabalha numa faixa de concentração de 180 à 200g/L.

- **Temperatura do banho:** a temperatura não interfere na espessura da camada, mas sim na dissolução dentro do poro, por esse motivo a temperatura deve ser mantida em estreitos limites. Temperaturas pouco acima do limite podem gerar um defeito conhecido como pulverulência, que é o depósito de sulfato de alumínio nos poros, prejudicando a coloração e a selagem e também ficando visível a formação do pó na superfície do alumínio.

- **Voltagem:** a voltagem determina o volume e a quantidade de poros, ou seja, voltagem baixa propicia grande número de poros de tamanho pequeno, já voltagem alta fornece pequeno número de poros de tamanho grande.

- **Densidade de Corrente:** a densidade de corrente está relacionada com a corrente que está passando por área do material, então se a corrente for mantida constante durante a anodização a espessura será proporcional ao tempo de anodização. Quanto maior a densidade de corrente maior será a velocidade de formação da camada de anodização e maior a espessura da camada.
- **Agitação:** a agitação do banho é necessária para manter a temperatura do banho uniforme e para formar uma camada homogênea e uniforme.
- **Concentração de Alumínio Dissolvido:** as concentrações de alumínio acima de um limite específico é considerado uma impureza no banho, pois afeta a densidade de corrente podendo ficar retido nos poros em forma de sulfato prejudicando a coloração e a selagem.
- **Tempo de anodização:** Quanto maior o tempo, maior será a espessura da camada formada.

As características da camada formada dependem da aplicação do alumínio, a camada pode ser dura ou branda, porosa ou compacta, espessa ou fina. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (2003, p. 3), pela norma NBR 12609 especifica que, em função da agressividade do meio ambiente, devem ser anotadas as classes de espessuras de camadas anódicas, conforme a tabela 1.

Tabela 1 - Especificações da espessura da camada anódica segundo norma NBR 12609 (2003).

Classe de espessuras de camadas anódicas para aplicações exteriores/interiores			
Classe	Espessura da Camada Anódica (micrômetro)	Nível de Agressividade	Ambiente Típico
A13	11 a 15	Baixa/Média	Urbano/Rural
A18	16 a 20	Alta	Litorâneo
A23	21 a 25	Excessiva	Industrial/Marítimo

Fonte: ABNT – NBR 12609, 2003, p. 3.

2.3.1.7 Eletrocoloração

O processo de coloração é mais decorativo. Atualmente o processo mais utilizado é a coloração eletrolítica, que consiste na obtenção de cores, que vão do bronze claro ao preto, através de um tratamento eletrolítico em uma solução ácida, com um sal de metal, geralmente estanho, utilizando corrente alternada. O processo consiste na deposição de sais de estanho no fundo dos poros da camada formada, onde elas são oxidadas, produzindo as cores, conforme figura 3.

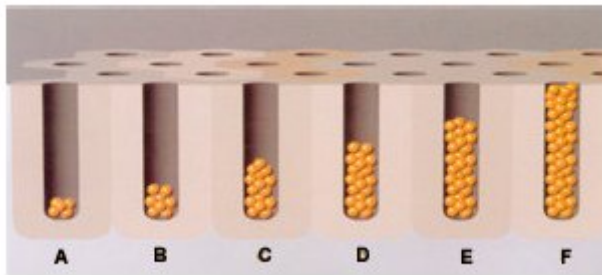


Figura 3 - Representação esquemática da coloração do alumínio mediante deposição de partículas metálicas nos poros
Fonte: Abal, 2005, p. 50.

- **A** – Champagne Claro;
- **B** – Champagne;
- **C** – Bronze Claro;
- **D** – Bronze Médio;
- **E** – Bronze Escuro;
- **F** – Preto.

Para uma boa coloração é necessária uma uniformidade na superfície e na camada de óxido formada, e também que alguns parâmetros de coloração sejam seguidos, como: concentração de ácido sulfúrico, concentração de sulfato de estanho, concentração de aditivo, temperatura, tensão e tempo.

O ácido sulfúrico é que torna a solução ácida e a acidez é importante para que se tenha uma boa penetração. O sulfato de estanho é o sal de metal utilizado como agente de coloração de íon metálico.

2.3.1.8 Selagem

A selagem é a etapa final da formação da camada anódica, pois para que a camada formada tenha uma boa qualidade é necessário que os poros formados sejam fechados para diminuir a porosidade, aumentar a resistência à corrosão e a durabilidade da cor.

A primeira etapa da selagem consiste na imersão em uma solução à temperatura ambiente, com o pH entre 5,5 à 7,0, contendo sal de níquel e flúor. “A selagem é um processo de conversão química envolvendo a formação de um fluoreto de alumínio complexo. A função do níquel é promover e acelerar o processo natural de envelhecimento.” (Associação Brasileira do Alumínio, 2005, p. 97)

A segunda etapa consiste na imersão em água desmineralizada à uma temperatura de 55 à 65°C, para acelerar o envelhecimento.

2.3.1.9 Desmontagem

Após todo o processo, o material é retirado da guancheira em que foi montado, e então são feitos testes de qualidade e também inspeções visuais, onde materiais com pequenos problemas que podem ser removidos com reprocesso, são reprocessados e materiais com problemas maiores são sucateados.

2.3.2 Estação de Tratamento de Efluentes e Formação do Lodo

Como comentado acima, o processo de anodização necessita da utilização de uma grande quantidade de água, gerando assim grandes quantidades de efluentes concentrados e diluídos, que não devem ser lançados no meio-ambiente, precisando passar por um tratamento até que o efluente obedeça aos limites impostos pelas legislações.

[...]Existe uma lei de 18 de junho de 1986, que corresponde ao Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), limitando os padrões de emissões, através do artigo 20. A nova redação dada pela Lei 7.804/89 à Lei 6.938/81 diz, no seu artigo 15, que o poluidor que expuser ao perigo a incolumidade

humana, animal ou vegetal, ou estiver tornando mais grave a situação de perigo existente, fica sujeito a pena de reclusão. (Valenzuela, 1999, p. 8)

O tratamento de efluente utilizado para seguir as legislações é do tipo físico-químico, que é “recomendado na remoção de poluentes inorgânicos, metais pesados, óleos e graxas, cor, sólidos sedimentáveis, sólidos em suspensão através de coagulação-floculação.” (Nunes, 2004, p.64). Esse tipo de tratamento destrói poluentes presentes na água que está sendo tratada através de reagentes químicos específicos, que misturados com água em certos tanques de reação, forma um sólido como resíduo. O tratamento baseia-se em um controle de pH, temperatura, agitação, e teor de impurezas, e está descrito no fluxograma.

- Coleta do efluente

Os efluentes são coletados em tanques ou contenções para serem devidamente tratados.

- Neutralização

Segundo Nunes (2004, p.117) a necessidade de correção de pH do efluente decorre do fato da coagulação exigir valor ótimo de pH para ocorrer a formação dos flocos. Quando o pH está ácido deve-se utilizar soda cáustica, cal ou carbonato de sódio, e quando o pH está alcalino, para a correção deve-se utilizar ácido clorídrico, ácido sulfúrico e soda caustica. “O ajuste do pH tem por objetivo proporcionar as condições ótimas para a precipitação dos hidróxidos, carbonatos e sulfatos dos íons metálicos presentes, para permitir sua remoção posterior, por decantação e/ou filtração.” (Valenzuela, 2004, p. 41).

- Coagulação

“A mistura do coagulante com o efluente provoca a hidrolisação, polimerização e a reação com a alcalinidade, formando hidróxidos, denominados geis, produzindo na solução íons positivos.” (Nunes, 2004, p. 125). Como as impurezas contidas no efluente apresentam cargas negativas, ocorre a aglomeração das partículas.

- Floculação

É um tanque que tem um agitador lento onde dosando um polieletrólito, obtém-se a agregação das partículas que foram formadas na fase anterior, tornando-as maiores e lhes dando mais corpo e peso. “Usados corretamente, são excelentes auxiliares de coagulação, facilitando com isso, o tempo de

sedimentação no reator ou decantador.” (Valenzuela, 1999, p.44). A dosagem do polieletrólito é proporcional à capacidade de transporte das águas tratadas. Segundo Valenzuela (1999, p. 4), os polieletrólitos são divididos em quatro grupos: Catiônicos, Não Aniônicos, Aniônicos e Combinação entre eles; todos solúveis em água.

- Branqueamento da água – Sedimentação

O branqueamento é realizado dentro de um decantador, onde acontece a separação do líquido-sólido dos materiais. “A nucleação das partículas (compostas por hidróxidos, carbonatos e sulfatos), na coagulação e floculação, permite que em minutos, forme-se um precipitado e um sobrenadante.” (Valenzuela, 1999, p.45). O sobrenadante é denominado de líquido clarificado e o precipitado de lodo, os dois são separados por decantação.

- Filtração Final da Água

A água da seção sedimentação é coletada num duto e canalizada para um filtro, que tem como materiais de filtração, quartzo e carvão ativo. A filtração permite uma purificação adicional e o branqueamento da água, filtrando também micro flocos de lama e eventuais poluentes orgânicos.

- Adensamento do Lodo

Consiste em separar a água que foi retirada com o sólido no processo de decantação, para que o processo de endurecimento e compactação da lama seja mais eficiente.

- Filtração do Lodo

A filtração do lodo consiste na separação final sólido-líquido. “Efetua-se, fazendo passar a mistura através de um meio poroso. Os sólidos ficam retidos na superfície do meio filtrante, e o líquido sai isento de sólidos.” (Valenzuela, 1999, p.45). Os sistemas de filtrações mais utilizados pelas estações de tratamento de efluentes, são: filtro-prensa, leitos de secagem e filtração centrífuga.

2.3.3 Lodo da Anodização do Alumínio

A desidratação do lodo é realizada por um filtro-prensa, que é um equipamento constituído por diversas placas quadradas, mais espessas nas bordas, entre as placas havendo um tecido filtrante, que retém os sólidos. Com o tempo as

tortas vão se formando entre a placa e o tecido dificultando a passagem da água, aumentando a pressão do bombeamento até ser necessário abrir o filtro, e fazer a descarga da lama. A lama coletada tem que ser colocada em um recipiente e levada para local adequado.

Segundo Sartor (2006, p. 16) o lodo resultante do processo de anodização apresenta algumas características particulares que são descritas a seguir:

- Coloração branca acinzentada;
- Inodoro;
- Comportamento coloidal (tamanho da partícula dispersa entre 1 e 1000nm) e tixotrópico (isto é, apresenta-se no estado de gel quando no estado natural, mas submetido a esforços cisalhantes torna-se relativamente fluido);
- Atóxico;
- Baixo peso específico;
- Elevado percentual de umidade (aproximadamente 85% de água).

Segundo Pereira (2006, p. 15), a indústria de anodização produz resíduos com características não-perigosas, mas que exigem manipulação e tratamento adequados.

Segundo Sartor (2006, p. 17), a quantidade de lodo gerado no processo de anodização é de uma tonelada de resíduo para cada tonelada de alumínio anodizado, o que confirma todos os problemas com transporte e descarte do material.

2.3.4 Gestão de Resíduos

Desde o começo do processo de industrialização, com a Revolução Industrial, surgiram vários problemas de impacto ao meio ambiente. Segundo Bursztyb (1994, p.13), o modelo de crescimento adotado após a segunda guerra mundial, revelou-se rapidamente como um agente de quebra do equilíbrio ecológico. Isso ocorreu porque a estratégia de desenvolvimento tinha como principal objetivo o

crescimento econômico em curto prazo, utilizando as fontes de matérias primas como se elas fossem ilimitadas.

“O interesse no desenvolvimento de produtos, o crescimento econômico, a abundância e disponibilidade dos recursos naturais fizeram com que o homem explorasse a natureza gerando alto grau de resíduos e poluentes” (Sartor, 2006, p. 1). Assim o próprio mercado passa a exigir uma política ambiental transparente e concreta de preservação e conservação do meio ambiente.

Atualmente, muitas empresas estão realmente preocupadas com os impactos ambientais que estão gerando e com sua imagem ambiental, e por isso estão incorporando políticas de atuação ambiental na empresa.

[...] A política traduz o compromisso de melhoria continua de sua atuação ambiental, e se materializa com a implantação do Sistema de Gerenciamento Ambiental. O sistema de gerenciamento é a parte do sistema de gestão da empresa que abrange a estrutura organizacional, responsabilidades, práticas, procedimentos, processos e recursos necessários para determinar a política ambiental na organização. (Ribó, 2000, p. 1).

Para uma empresa seguir as exigências do sistema de gerenciamento ambiental, ela deve seguir a norma ISO 14001: Sistema de Gerenciamento ambiental, especificações e guias de aplicação, que garante a redução da carga de poluição gerada pela organização, porque envolve a revisão de um processo produtivo visando a melhoria continua do desempenho ambiental, controlando insumos e matérias-primas que representem desperdícios de recursos naturais. Certificar um sistema de Gestão Ambiental significa comprovar junto ao mercado e a sociedade que a organização adota um conjunto de práticas destinadas a minimizar impactos que imponham riscos à preservação da biodiversidade.

[...]Um outro elemento importante a ser considerado, no sentido de melhorar a eficiência de políticas ambientalistas, diz respeito às estratégias preventivas, que são fundamentais na idéia de que é muito mais interessante tanto do ponto de vista ambiental como do ponto de vista econômico, prevenir os danos ambientais do que procurar remedia-la posteriormente. (Bursztyn, 1994, p. 20).

Para que uma empresa tenha uma boa posição no mercado não basta que ela tenha produtos de qualidade, mas que ela tenha práticas de trabalho seguras e transparentes, respeitando e preservando o meio-ambiente.

2.3.5 Classificação de Resíduos

Segundo Kraemer (2005, p. 2), os resíduos podem ser classificados quanto suas características físicas, químicas e sua origem, ou então pode ser classificados quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente.

2.3.5.1 Classificação de Resíduos – Riscos Potenciais ao Meio Ambiente

A norma que classifica os resíduos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente é a NBR 10004:2004. “Esta norma classifica os resíduos sólidos quanto à seus riscos potenciais ao meio ambiente e a saúde pública, para que estes resíduos possam ter manuseio e destinação adequados.” (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004, p. 1). A norma NBR 10004 é muito importante para que as empresas geradoras de resíduo possam decidir qual destino dar ao mesmo, pois somente seguindo a classificação especificada pela norma, que elas saberão quais os riscos que o resíduo gerado oferece para as pessoas e para o meio ambiente.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas, segundo a norma NBR 10004:2004, classifica os resíduos em três classes: classe I (perigosos), classe II (não-inertes), classe III (inertes), como especifica abaixo:

- Classe I: neste grupo estão os resíduos considerados perigosos, ou seja, que apresentam riscos à saúde e ao meio ambiente, exigindo tratamento e disposições especiais em função de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade;
- Classe II: neste grupo estão dispostos os resíduos não-inertes, que não apresentam periculosidade, mas não são inertes, podendo apresentar características como combustibilidade, biodegradabilidade e/ou solubilidade em água;
- Classe III: neste grupo estão os resíduos inertes, que são aqueles que submetidos à teste de solubilização, não apresentam nenhum de seus constituintes

solubilizados em concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água. São resíduos que não se degradam e nem se decompõem quando colocados no solo.

O destino adequado do resíduo gerado nas indústrias é de total responsabilidade dela, e para que o resíduo seja armazenado, transportado, reutilizado ou reciclado de maneira correta, sem nenhum dano a saúde e ao meio ambiente é necessário que seja feita a classificação correta especificada pela norma e que os cuidados necessários pertinentes à classificação sejam seguidos.

[...] A caracterização de um resíduo sólido depende da sua avaliação, qualitativa e quantitativa, devendo ser investigados os parâmetros que permitam a identificação de seus componentes principais e também a presença e/ou a ausência de certos contaminantes. A investigação de contaminantes é, normalmente, baseada no conhecimento das matérias-primas e substâncias que participaram do processo que originou o resíduo sólido. (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004, p. 2)

Na empresa, na hora da escolha de um destino para os resíduos, vários parâmetros precisam ser avaliados, como: composição química, teor de contaminantes, estado físico, entre outros. A classificação do resíduo pelas normas da ABNT, não deve impedir o estudo de alternativas para a sua reutilização.

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (2004, p. 2) os resíduos das classes 1 e 2 devem ser tratados e destinados em instalações apropriadas para tal fim. Por exemplo, os aterros industriais precisam de mantas impermeáveis e diversas camadas de proteção para evitar a contaminação do solo e das águas.

2.3.6 Reciclagem de Resíduos

Na maioria das atividades industriais são gerados grandes quantidades e diversidades de resíduos, que “representam grandes perdas econômicas e acarretam impactos negativos de natureza ambiental e social”. (Pereira, 2006, p.3). Como são diversas legislações cobrando das empresas cuidados diversos a serem tomados com os resíduos gerados, e a própria preocupação das empresas com a

sustentabilidade, tem despertado as empresas para a reutilização e reciclagem dos resíduos.

A reciclagem de produtos pode ser tanto a incorporação em alguns produtos já fabricados ou no surgimento de um novo produto. Segundo Pereira (2006,p.6), a definição das soluções tecnológicas adequadas para reutilização de um resíduo assume as seguintes fases de avaliação:

- Classificação/periculosidade do resíduo;
- Potencialidade das características minerais do material;
- Quantidade, disponibilidade e homogeneidade do resíduo;
- Possíveis alternativas viáveis de valorização.

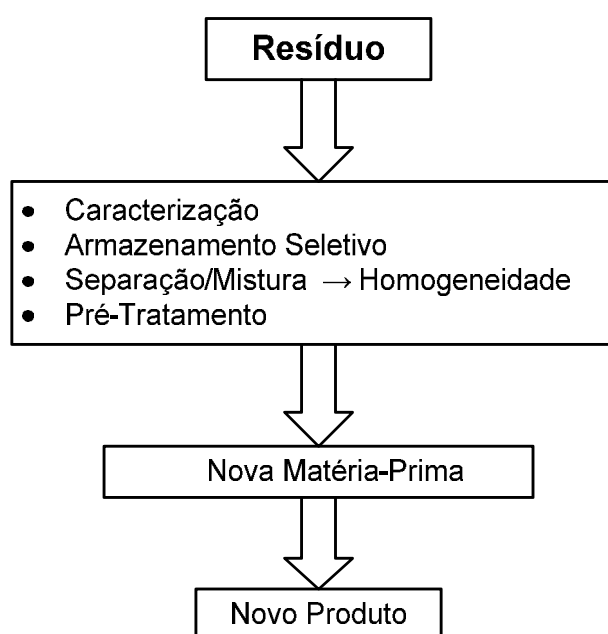


Figura 4 - Reciclagem de resíduos.
Fonte: Pereira, 2006, p. 17.

Ainda segundo Pereira (2006, p. 6), esta avaliação procura, adequar estes materiais ao processo de transformação e à obtenção de características finais compatíveis com a utilização do novo produto.

2.3.7 Possíveis Aplicações do Resíduo Anodização

Alguns estudos já foram feitos para a reutilização do resíduo da anodização. Os principais estão relacionados ao fato do resíduo gerado ter elevada relação hidróxido/alumínio e baixo teor de cálcio, e também pelo resíduo após a calcinação apresentar um elevado teor de alumina, em torno de 85% em peso da composição química do material, o que o torna de grande interesse para o processo de reciclagem em diversas aplicações.

Segundo Sartor (2006, p. 19), alguns estudos feitos com o lodo da anodização foram:

- Gomes, em sua investigação considerou a possibilidade de sintetizar pigmentos cerâmicos com as estruturas de mulita e alumina obtida a partir do resíduo da anodização do alumínio;
- Delmas et al. testaram os resíduos no tratamento de efluentes industriais e domésticos, mediante conversão do lodo em uma suspensão estável com relação melhorada de Al solúvel/Al insolúvel;
- Labrincha et al patentearam uma formulação que combina lodos de estação de tratamento de águas residuárias com lodo de anodização e uma fração de vidro de embalagem reciclado. Deste estudo resultou um material com propriedades bem satisfatórias. Também patentearam o processo de obtenção de pó ou corpos consolidados refratários à base de alumina, incorporando lodo de anodização;
- Ferreira e Olhero relataram o método de tratamento do resíduo de anodização para a produção de refratário de alta alumina.
- Ribeiro et al. estudaram a produção de corpos cerâmicos refratários à base de mulita, obtidos por prensagem unidirecional a seco a partir de diversas formulações que incluíam lodo de anodização como único ou principal componente.

[...]No Brasil, o lodo do processo de anodização é pouco reaproveitado, apenas é utilizado por poucas empresas na fabricação de adubos e também para a fabricação de sulfato de alumínio para o tratamento de água industrial, o que é de extrema insignificância perto da quantidade de lodo gerado, bem como, das diversas possibilidades de aplicação deste material. (Sartor, 2006, p. 21)

Sartor também desenvolveu estudos para o uso do resíduo da anodização para aplicações cerâmicas, como esmalte, engobe, frita e tijolo, substituindo a alumina das formulações dos produtos cerâmicos por este resíduo.

2.4 JUSTIFICATIVA: ATIVIDADE DESENVOLVIDA – O PROBLEMA

O aumento crescente da consciência ambiental e a escassez de recursos naturais vêm influenciando cada vez mais as organizações à contribuírem de forma sistematizada na redução dos impactos ambientais gerados pelos seus processos. A Alcoa, empresa onde foi realizado o estágio, possui a certificação de gestão ambiental da ISO 14001, e busca contribuir com a qualidade de vida das pessoas e com o meio-ambiente. Perante os fatos, a Alcoa precisa estar sempre analisando seu processo produtivo, para tentar minimizar ao máximo os impactos ambientais gerados pelo mesmo. Um dos principais problemas que pode gerar graves impactos ambientais é o resíduo gerado no tratamento dos efluentes da anodização.

O processo de anodização é um processo que consome muita água, na fábrica da Alcoa em Tubarão são tratados em torno de 16m³/h de efluente da anodização, sendo que todo o efluente tratado gera grandes quantidades de resíduo que precisam ser classificados e destinados, segundo a norma NBR 10004.

Este trabalho tem como intuito diminuir o impacto ambiental e os custos da empresa com aterros e/ou transportes para o destino apropriado dos resíduos provenientes do processo de anodização da empresa Alcoa Alumínio S.A. e, em segundo lugar, reaproveitar os resíduos como matéria prima na elaboração de novos produtos.

2.4.1 Descrição do Processo de Anodização da Alcoa

O processo de anodização da empresa Alcoa Alumínio S.A, está representado na figura abaixo.

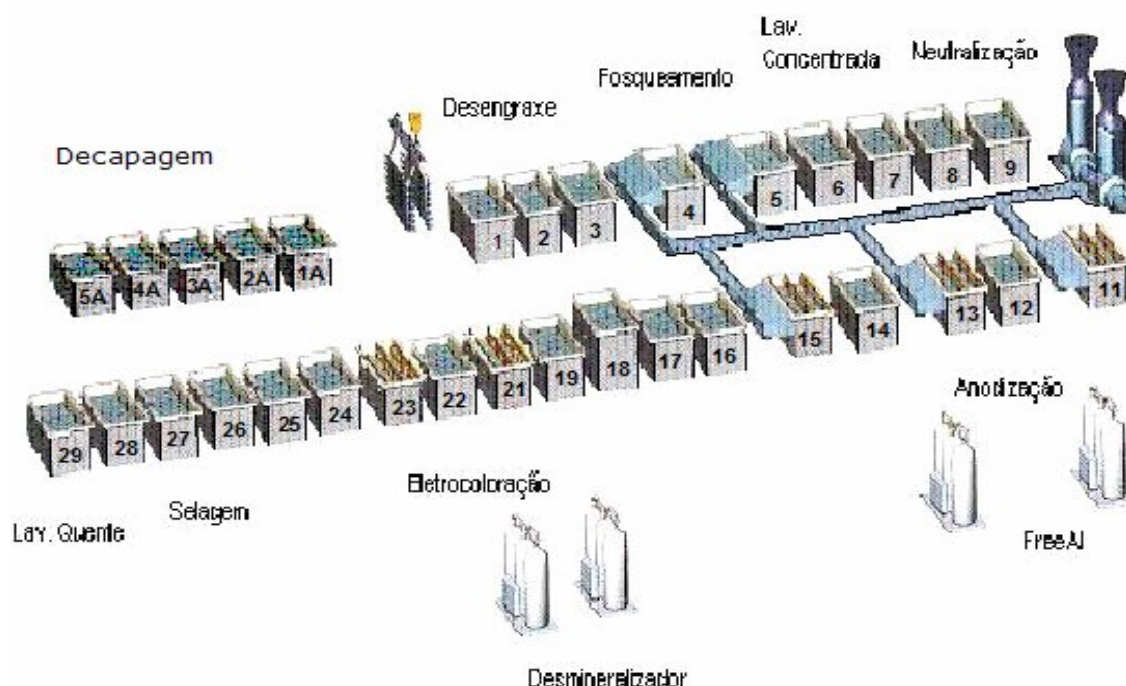


Figura 5 - Processo de Anodização da Alcoa.
Fonte: Elaboração do Autor, 2008.

Etapas do processo:

- **Tanques 1 e 2:** Desengraxe alcalino;
- **Tanques 3A, 5A, 3, 6, 7, 8, 12, 14, 16, 17, 22, 24, 28:** Lavagens;
- **Tanques 4 e 5:** Fosqueamento;
- **Tanque 9:** Neutralização;
- **Tanques 11, 13, 15:** Anodização;
- **Tanque 18:** Lavagem Alta;
- **Tanques 19 e 25:** Lavagem com água desmineralizada;
- **Tanques 21 e 23:** Eletrocoloração;
- **Tanques 26 e 27:** Selagem;
- **Tanque 29:** Tanque de lavagem a quente;
- **Tanques 1A e 2A:** Decapagem ou reprocesso;

O processo é composto por tanques de desengraxe, fosqueamento, neutralização, anodização, eletrocoloração, selagem, decapagem, secador e tanques de lavagens em água após cada etapa do tratamento. Os tanques de lavagem tem como finalidade evitar a contaminação dos próximos tanques com a

solução dos que os antecedem, garantido a ausência de resíduos na superfície do alumínio. Os tanques de lavagem, denominados pela empresa 3A, 5A, 3, 7, 8, 22, 24 e 28 trabalham em fluxo contínuo do efluente (água), para que se obtenha uma água mais livre de impurezas possível. Para o tratamento do efluente a empresa adota o tratamento físico-químico.

2.4.2 Tratamento físico-químico do processo de anodização da Alcoa

A estação de tratamento recebe em torno de $16\text{m}^3/\text{h}$ de efluente dos tanques de fluxo contínuo, essa vazão é limitada pela capacidade de bombas e tubulações que transportam o efluente para a estação de tratamento. Devido às características básicas e ácidas do efluente, ausência de matéria orgânica biodegradável e alto teor de sólido em suspensão, o tratamento adotado é o físico-químico. A estação de tratamento também recebe descartes periódicos dos tanques de lavagem que não trabalham em fluxo contínuo.

O tratamento físico-químico da empresa segue o seguinte fluxograma:

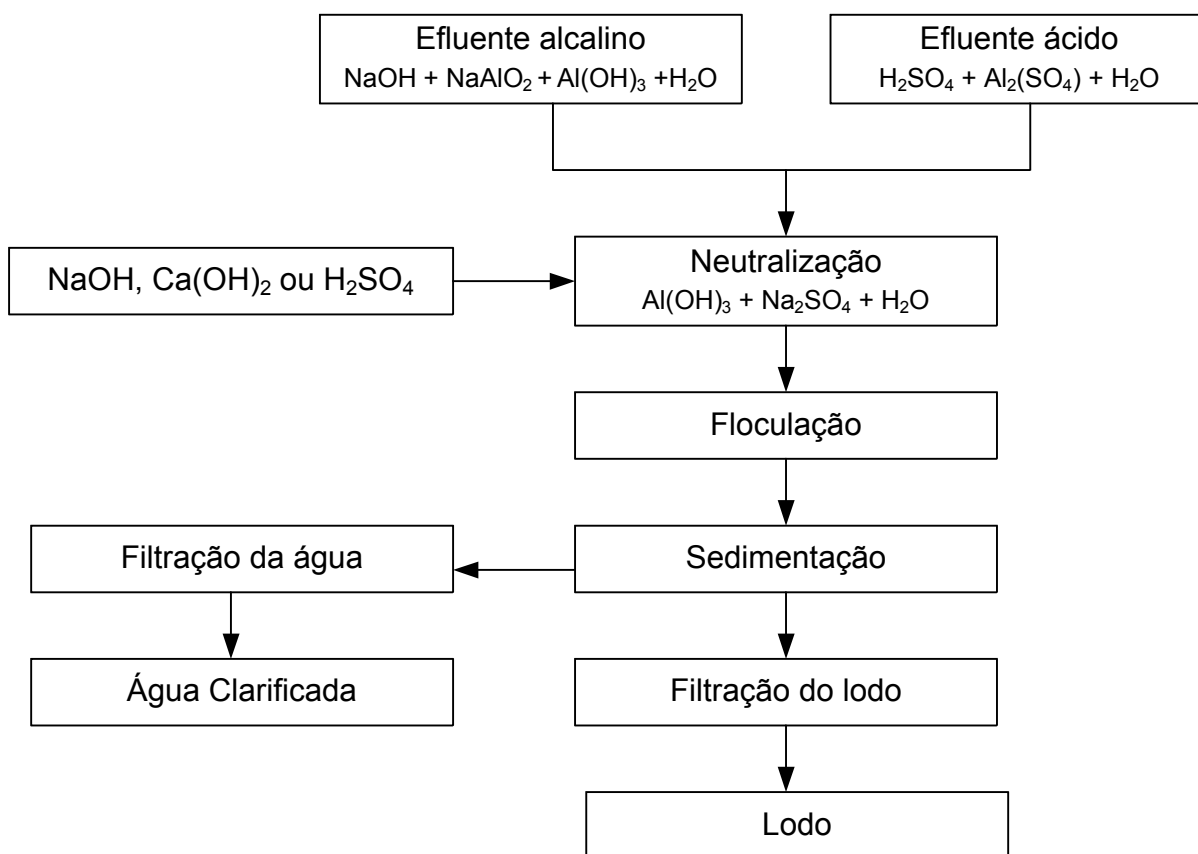


Figura 6 - Tratamento de efluentes da empresa Alcoa.
Fonte: Elaboração do autor, 2008

A coleta do efluente é feita em 3 tanques: tanque de coleta de lavagem contínua de ácidos e alcalino, tanque de coleta de concentrados alcalinos e tanque de coleta de concentrados ácidos. Do tanque de coleta, o efluente é enviado para a seção de neutralização, onde o pH tem que ser ajustado para um valor entre 8 e 9. A neutralização é controlado por um pH metro. A seguir, o efluente é direcionado para o tanque de floculação, onde é adicionado o polieletrólito. O polieletrólito utilizado é do tipo aniônico-sólido e sua faixa de pH ótima para trabalho é de 8,0 à 9,0, por isso na fase de neutralização o pH deve ser ajustado para esse valor. Em seguida possui um decantador laminado, onde acontece a separação do líquido-sólido. As águas mais puras e mais claras são canalizadas para o duto de coleta e a lama sedimentada é extraída periodicamente e enviada para um tanque de fundo cônico, o adensador, onde a lama é endurecida e enviada para um filtro-prensa onde é compactada e desidratada. As águas filtradas na fase de endurecimento e compactação são retornadas para o tratamento e a água mais pura que foi separada na fase de sedimentação, passa por um filtro de carvão ativo e quartzo, permitindo uma purificação adicional da água. Uma parcela da água tratada é reutilizada no

fluxo contínuo dos tanques 3, 7 e 8. O resíduo gerado é colocado em sacos e armazenado em área coberta.

2.4.3 Classificação do Resíduo

O resíduo gerado no tratamento de efluentes da anodização, seguindo a norma NBR 10004 – Classificação de Resíduos, classifica-se como resíduo classe II, pois não se enquadra na classe de periculosidade da classe I, que são patogenicidade, inflamabilidade, corrosividade e reatividade.

2.5 METODOLOGIA

A metodologia utilizada no trabalho foi baseada na patente de Okamura, et. Al., que descreve a obtenção de um material isolante utilizando o resíduo da anodização. Foram feitos vários testes com valores iguais e diferentes dos descritos na patente para verificar a viabilidade da tecnologia e o que poderia ser melhorado na obtenção do material isolante.

2.5.1 Preparação de material isolante com o lodo da anodização

O material isolante tem como constituinte um material orgânico fibroso (fibras de celulose) e o hidróxido de alumínio amorfo. Os testes foram feitos com dois tipos de material orgânico fibroso: papelão picado e serragem de madeira. O hidróxido de alumínio amorfo é encontrado em grandes quantidades no resíduo da anodização, que foi o material utilizado.

Para preparar o isolante, a patente de OKamura, et.al. recomenda que seja misturado 15 à 20% do material fibroso com 3 à 5% do lodo de hidróxido de alumínio, sendo que o pH da mistura deve ser ajustado para 4 à 5,5 utilizando um

ácido inorgânico, e ainda adicionar à mistura 70 à 80% de hidróxido de alumínio em pó. Nos testes foram utilizadas essas proporções dos materiais.

Os testes seguiram o seguinte fluxograma:

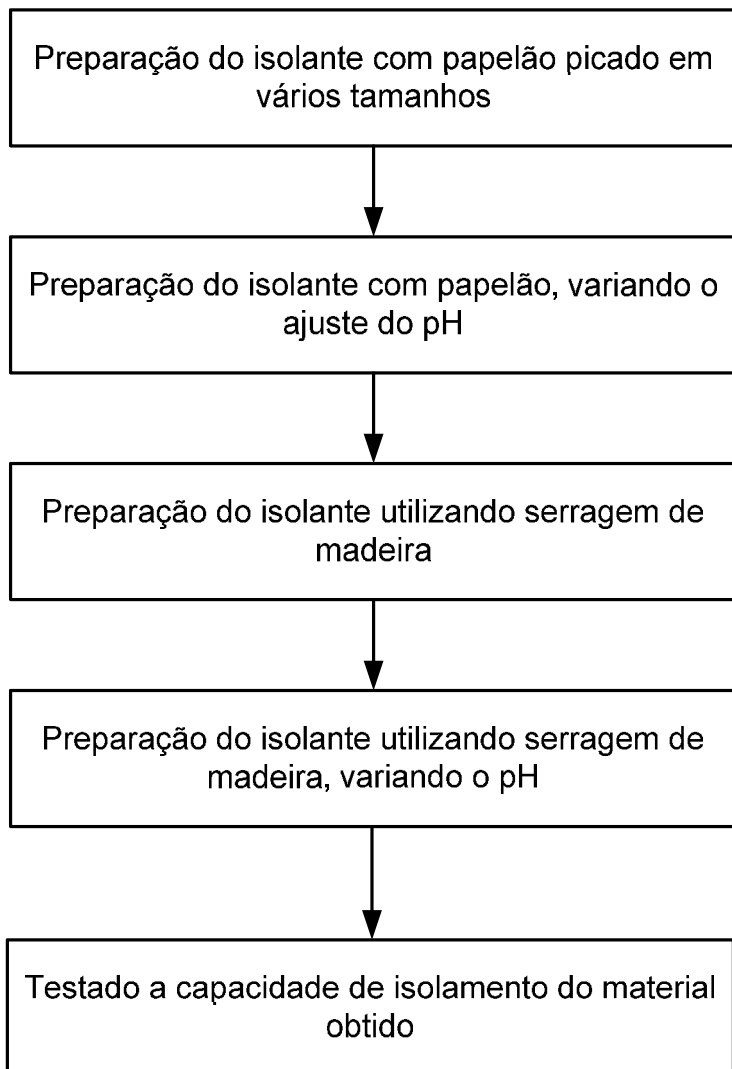


Figura 7 - Metodologia do trabalho.
Fonte: Elaboração do autor, 2008.

Na preparação do material isolante com papelão, foram feitos testes com o papelão, picado em tamanhos pequenos de aproximadamente 1cmx1cm, em tiras compridas e finas de 15cmx1cm, e em tiras compridas e largas de 15x10cm. Com cada tamanho de papel, foram pesados 20 g do papel e misturados a 20g do lodo tipo gel, sendo que, para facilitar a mistura, foi adicionado um pouco de água. Após a mistura dos materiais, o pH que se encontrava entre 7 à 8,5, foi ajustado para a faixa de 4,5 à 5,0, usando-se ácido sulfúrico a 10%. Separadamente, o lodo da anodização foi colocado em estufa à 120°C, mantido por 24horas para ocorrer

secagem completa e após a secagem o lodo foi pulverizado. O lodo seco e pulverizado foi adicionado à mistura, e a nova mistura obtida foi seca à 80°C em estufa por uma hora.

O teste de variação do ajuste do pH foi feito preparando cinco misturas de papelão com o lodo em gel. O pH das misturas antes do ajuste foi medido e encontrava-se em torno de 7 à 8,5, e foram ajustados para valores menor, igual e maior que o recomendado por Okamura et.al.

Também foi feito teste ajustando o pH do lodo antes de ser adicionado a mistura. O lodo em gel foi diluído em água, e o pH que se encontrava entre 7 à 8,5, foi ajustado para 4,5, e após misturado ao papelão sendo que à mistura foi adicionado o lodo seco e pulverizado.

Como material orgânico fibroso, também foi utilizado a serragem de madeira. Os testes foram feitos seguindo as mesmas proporções de material dos testes com papelão, ou seja, foram misturados 20g de serragem com 20 g de lodo em gel, o pH foi ajustado para 4,5 utilizando ácido sulfúrico 10%, e após adicionado à mistura 76g de lodo seco e pulverizado.

Também foram realizados testes com variação do ajuste do pH. Foram preparadas cinco misturas de serragem com lodo em gel, e medido o pH das misturas, que se encontrava entre 7 à 8,5. O pH das misturas foi ajustado para valores menor, igual e maior que o recomendado, e após foi adicionado as misturas o lodo seco e pulverizado, sendo a nova mistura seca em estufa à 80°C por 1 hora.

Para testar a capacidade de isolamento do material obtido foram utilizados dois pedaços de perfil de alumínio e entre eles colocado o material isolante obtido utilizando o papelão. Em um dos lados, onde se encontrava um perfil de alumínio, foi colocada chapa aquecida à 60 °C, tendo-se realizado algumas medições da temperatura no outro perfil de alumínio, depois do isolante.

2.6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Em muitos isolantes encontrados no mercado são utilizados fibras de algodão, de lã e fibras sintéticas. Para os testes foram escolhidos aparas de celulose, como o papelão e serragem de madeira. O outro material utilizado foi o

resíduo da anodização, escolhido porque contém grande concentração de hidróxido de alumínio, que serve como um ligante para as fibras do material orgânico fibroso.

No teste utilizando o papelão de caixas, para avaliar qual o melhor tamanho do papel, o mesmo foi picado em três tamanhos. Os tamanhos escolhidos foram tiras compridas e finas e tiras compridas e largas. Como o ajuste do pH da mistura foi feito para aproximadamente 4,5, como sugere Okamura et. al., visualmente em todos os tamanhos o material ficou bem misturado, no papel em tamanhos menores a mistura ocorreu mais facilmente do que nos tamanhos maiores, mas industrialmente esse problema pode ser resolvido com um bom dimensionamento de um tanque de mistura. Teoricamente, quanto maior o comprimento do papelão, maior o comprimento das fibras de celulose, e melhor o isolamento, pois o material preparado terá menos espaços vazios, diminuindo a passagem do som e do ar.

O teste com diferentes ajustes de pH, foi realizado porque segundo Okamura et. al, o pH da mistura do hidróxido de alumínio em gel com a fibra de celulose deve ser ajustado para uma faixa de 4 à 6, preferencialmente de 4 à 5,5, adicionando um ácido inorgânico, para facilitar a homogeneização da mistura. Os valores para os quais o pH das misturas foram ajustados estão na tabela abaixo.

Tabela 2 - Ajuste do pH da mistura de papelão.

<i>Mistura</i>	<i>pH da mistura</i>	<i>pH de ajuste</i>
1	7,28	Não foi ajustado o pH
2	7,28	6,73
3	7,27	5,32
4	7,23	4,74
5	7,27	2,9

Fonte: Elaboração do autor, 2008.

Para melhor comparação o pH da primeira mistura não foi ajustado, e das outras foram ajustados para valores decrescentes até aproximadamente 4 e para um valor menor que 4. Visualmente as misturas 1 e 2 não apresentaram diferenças, a mistura dos materiais foi bem superficial. Nas misturas 3 e 4, percebeu-se uma maior rapidez na homogeneidade da mistura dos materiais. Na mistura 5, o pH foi

ajustado para um valor menor que o indicado, e percebeu-se que o papel começou a desmanchar, diminuindo o tamanho das fibras, não sendo indicado para o isolamento. Com o ajuste do pH da solução aquosa do hidróxido de alumínio, antes de ser misturado ao papelão, a mistura não ficou homogênea. O ajuste do pH é necessário para que se tenha uma melhor e mais rápida homogeneidade da mistura, pois o lodo da anodização utilizado por ter uma elevada porcentagem de hidróxido de alumínio, coagula e entremeia entre as fibras do material fibroso, ligando as fibras. Sem o ajuste, o pH da mistura se mantém entre 7 à 8,5, nesta faixa ocorre uma mistura dos materiais, mas de forma superficial, não misturando bem o hidróxido de alumínio com as fibras de celulose, sendo insuficiente para a preparação do material isolante.

Nos testes usando serragem os resultados não foram satisfatórios, pois não se obteve uma homogeneidade da mistura. O teste com diferentes ajustes de pH, foi feito para os valores da tabela abaixo.

Tabela 3 - Ajuste do pH da mistura de serragem de madeira.

<i>Mistura</i>	<i>pH da mistura</i>	<i>pH de ajuste</i>
1	7,07	Não foi ajustado o pH
2	7,08	6,63
3	7,08	4,91
4	7,10	4,27
5	7,07	3,00

Fonte: Elaboração do autor, 2008.

Ajustando o pH para o valor mais indicado, entre 4 à 5,5, a mistura não apresentou grandes diferenças na homogeneidade, comparado com a mistura sem o ajuste do pH. Provavelmente, não foram obtidos bons resultados com a serragem, por ela ser mais rígida, sendo mais difícil a homogeneização do hidróxido de alumínio com as fibras de celulose.

A quantidade de água utilizada em todos os testes foi pequena, ou seja, somente o necessário para que o lodo de hidróxido de alumínio em gel diluísse e assim ocorresse a mistura dos materiais com mais facilidade.

O hidróxido de alumínio amorfo foi adicionado à mistura em duas etapas e de maneiras diferentes. Primeiro ele foi adicionado ainda em forma de gel, que é

como é obtido no processo de anodização, ao material orgânico fibroso, tendo como finalidade ligar as fibras. Na segunda etapa ele foi adicionado à mistura, com o pH ajustado, mas antes ele teve que ser seco e pulverizado. Okamura, et. al. não especifica porque o hidróxido deve ser adicionado em duas etapas diferentes, mas nos testes, o que se percebeu é que na primeira etapa é adicionado água, o que deixa a mistura úmida. O mais provável é que é necessário adicionar o hidróxido de alumínio seco para diminuir a umidade e o tempo de secagem necessário para o produto final. Em relação à pulverização, percebeu-se que é necessária, para que ao adicionar o hidróxido de alumínio ao restante da mistura ele tenha uma boa homogeneização, conseguindo entremear bem entre as fibras, ligando as mesmas o máximo possível, obtendo-se um bom isolante.

Os resultados do teste do isolamento estão apresentados na tabela e no gráfico abaixo:

Tabela 4 - Teste de isolamento

<i>Tempo (min.)</i>	<i>Temperatura do perfil lado da chapa (°C)</i>	<i>Temperatura do perfil depois do material isolante (°C)</i>
0	60	20
5	61	37
10	60	36
15	63	40
20	62	38
25	60	38
30	60	39

Fonte: Testes realizados pelo autor, 2008.

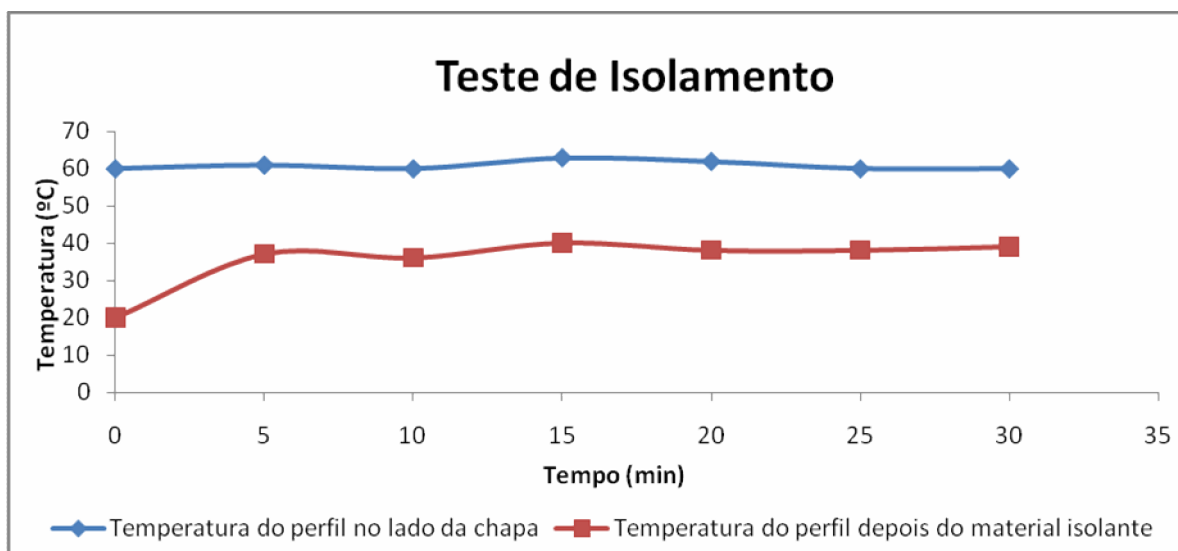


Gráfico 8 - Teste de Isolamento.

Fonte: Resultados dos testes realizado pelo autor, 2008.

O teste da capacidade de isolamento do material isolante obtido foi feito utilizando duas chapas de alumínio, porque foram as condições possíveis para o teste. O ideal seria revestir uma parede de concreto, e após avaliar o isolamento do ambiente, pois segundo Okamura et.al, o isolante obtido tem como principal finalidade isolar paredes e tetos, principalmente quando misturado a materiais usados na construção dessas estruturas.

O papelão, como fonte de celulose, apresentou bons resultados porque ele possui características importantes para a obtenção do material isolante, longas fibras de celulose, grande resistência mecânica e elevada higroscopia. Essa elevada higroscopia é consequência da disposição irregular e cruzada das fibras, deixando grande número de aberturas ou interstícios no seu interior, que na impregnação, são ocupados por um material isolante adequado. Geralmente apenas 40% do volume do papel é de fibras, o restante são espaços livres, e são nesses espaços livres que o lodo de hidróxido de alumínio permeia ligando as fibras, e formando um material isolante.

3 CONCLUSÕES E SUGESTÕES

A crescente preocupação das empresas com o meio ambiente e os impactos gerados pelos seus processos, estão levando as mesmas à procurar meios em que possam reutilizar ou reaproveitar os resíduos gerados. Para reutilizar um resíduo é necessário inicialmente saber suas características e composição e à partir disso avaliar sua disponibilidade e alternativas de reutilização, fazendo os estudos necessários.

A empresa Alcoa Alumínio S.A. tem dado bastante atenção ao resíduo gerado em seu processo de anodização, pois representa um grande volume mensal a ser destinado. Se não for reutilizado em algum outro processo, por ser classificado como resíduo classe II, deve ser enviado para aterros qualificados para receber esse tipo de resíduo. Gera custos para a empresa e o sistema de gestão ambiental tem como objetivo encontrar uma solução para esse resíduo.

Os testes de obtenção de um isolante térmico e acústico utilizando o resíduo da anodização e fibras de celulose, apresentaram resultados satisfatórios. Já existe no mercado alguns isolantes a base de fibras de celulose, pois essas fibras possuem características isolantes. No isolante obtido o resíduo da anodização foi utilizado por possuir elevada concentração de hidróxido de alumínio, que serve como um ligante para as fibras de celulose, aumentando a capacidade de isolamento das fibras.

Os testes apresentados foram feitos usando quantidades baseadas na patente de Okamura et.al, mas devem ser feitos novos testes utilizando quantidades diferentes de cada material, para avaliar se o material obtido não apresentara maior qualidade de isolamento. As fibras de celulose usadas nos testes, foram o papelão e a serragem, que são materiais encontrados em grandes quantidades como resíduos de outros processos, mas testes com outras fibras, como a casca de arroz devem ser realizados. O material isolante testado, segundo Okamura et. Al, apresenta características melhores para isolamentos em paredes e tetos, mas novos estudos podem ser feitos para avaliar as vantagens e possibilidades de utilizá-lo em outras finalidades.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004: Resíduos Sólidos**. Rio de Janeiro: 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12609: Tratamento de Superfícies do alumínio e suas ligas – anodização para fins arquitetônicos**. Rio de Janeiro: 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO. **Guia Técnico do alumínio: Tratamento de Superfície**. 2ªed. São Paulo: Associação Brasileira do Alumínio, 2005.

BURSZTYN, M. A. A. **Gestão Ambiental: Instrumentos e Práticas**. Brasília: IBAMA, 1994. p. 28.

COTTREL, Alan Howard. **Introdução à metalurgia**. 2ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1982. pag 753-760.

FRANKENBERG, Claudio Luis Crescente; RODRIGUEZ, Maria Teresa Raya; CANTELLI, Marlize. **Gerenciamento de Resíduos e Certificação ambiental: seleção de artigos apresentados ao II Simpósio de Qualidade ambiental**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2000.

KRAEMER, M. E. P. Estudo de usuário on-line. **A Questão Ambiental e os Resíduos Industriais**, 14 de out. de 2005. Disponível em : <<http://www.gestaoambiental.com.br/articles.php?id=65>>. Acesso em: 20 abr. 2008.

NUNES, José Alves. **Tratamento físico-químico de águas residuárias industriais**. 3ed. Aracaju: Triunfo, 2001. p. 60-120.

OKAMURA, et al, **Material isolante spray-on baseado em hidróxido de alumínio para construção e método para a sua preparação**. Patente americana: 1982.

PEREIRA, Fabiano Raupp. **Valorização de resíduos industriais como fonte alternativa mineral: composições cerâmicas e cimentíceas**. Tese de doutorado. Universidade de Aveiro, 2006.

SARTOR, Morgana Nuernberg. **Utilização do resíduo de anodização do alumínio como matéria-prima para o desenvolvimento de produtos cerâmicos**. Tese de mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis: 2006.

VALENZUELA, Júlio. **Tratamento de efluentes em indústrias galvanotécnicas**. São Paulo: Páginas e Letras, 1999, p. 8-50.