

RECICLAGEM DE PERCLORETO DE FERRO

Ronny Lanes Silveira – ronnyls@hotmail.com
Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais – PUC-Minas
Av. Dom José Gaspar, 500 – Coração Eucarístico.
30535-610 – Belo Horizonte – Minas Gerais
Tiago Almeida Dias – tiagoalmeida08@hotmail.com
Thelma Virgínia Rodrigues – thelma@pucminas.br
Eufrásia Marçal Belo – eufrasiamarcal91@yahoo.com
Higea Celly Souza Barbosa – higeasouza@gmail.com

Resumo: Este artigo relata o procedimento utilizado por alunos do primeiro período do curso de Engenharia Eletrônica e de Telecomunicação da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais – PUC-Minas, para retirar as substâncias tóxicas e depois reciclar, o cloreto férrico usado na corrosão de circuitos impressos em placas de fenolite cobertas com cobre. O projeto integrou todas as matérias estudadas no curso incentivando a interdisciplinaridade. E através da preocupação ambiental e a intenção de conscientizar os usuários da substância a adotarem o método de descarte correto, o extensionismo. A maior parte do descarte da substância, que contém cátions cobre, é feita através do sistema de esgoto. A preocupação do trabalho é oportuna uma vez que este é o Ano Internacional de Cooperação pela Água. O descarte indevido de cátions cobre causa danos ao meio ambiente e à saúde humana, tema diretamente relacionado ao direito da água. A técnica de descontaminação é extremamente simples e pode ser adotada por qualquer indivíduo que trabalhe com a solução. A de reciclagem, apesar de um pouco perigosa, é também simples e barata e pode ser adotada para uso em domicílio. Com o incentivo necessário, é até mesmo possível criar plantas industriais para conduzir as reações em larga escala.

Palavras-chave: Percloreto, Circuito Impresso, Cobre, Corrosão.

1. INTRODUÇÃO

É comum na área de eletrônica a fabricação de placas de circuito impresso, pois economizam espaço e facilitam a ligação dos componentes (MEHL, E.L.M, 2013). A maioria dos indivíduos que fabricam circuitos impressos em casa, ou comercialmente em pequenos números, se utiliza do percloreto de ferro (cloreto férrico) como agente corrosivo. A técnica consiste em proteger parte da placa e expor a parte restante ao agente corrosivo. Cada vez que o procedimento é repetido, as moléculas de cloreto férrico (FeCl_3) da solução dão lugar às de cloreto ferroso (FeCl_2) e cloreto cúprico (CuCl_2). O descarte é feito assim que a solução perde eficiência, porém ao se despejar o líquido no sistema de esgoto, toda estrutura composta de materiais reativos à solução (ferro, cobre, alumínio entre outros.) sofre corrosão. Pior ainda é o dano ambiental,



cloreto cúprico é tóxico, com nível aceitável de 5ppm(partes por milhão). Ou seja, para cada 5 gramas de cátions cobre são necessários 1000000 de gramas de água para que sejam diluídos a níveis aceitáveis (Clina M. Luna *et al.*, 1994) (R. E. Gross *et al.*, 1970).

2. JUSTIFICATIVA

A solução descartada de maneira errada causa vários danos, parte deles material, corroendo estruturas de várias composições ao longo do caminho percorrido, e o mais preocupante, danos ambientais. Os cátions cobre provenientes da corrosão da camada de metal sobre a placa de fenolite (entre outros materiais não tão comuns) são responsáveis por vários problemas. Primeiramente, ao chegarem à estação de tratamento de esgoto, passam pelo tanque biológico, onde fungos auxiliam no tratamento de água prestes a ser despejada na natureza. Cátions cobre são conhecidos por suas capacidades fungicidas, muito usados no tratamento de piscinas e na agricultura (calda bordaleza). Ao entrarem em contato com os fungos do tratamento biológico, causam problemas ao bom funcionamento da estação. Caso não exista tratamento entre a residência e o meio ambiente o impacto é direto. Por exemplo: sulfato de cobre (CuSO_4) utilizado na agricultura tem classificação toxicológica “III – Medianamente Tóxico” e classificação ambiental “II – Produto Muito Perigoso ao Meio Ambiente”, tendo a seguinte citação na página da AGROFIT – Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários (MAPA, 2002):

PRECAUÇÕES DE USO E ADVERTÊNCIAS QUANTO AOS CUIDADOS DE PROTEÇÃO AO MEIO AMBIENTE: Este produto é Muito Perigoso ao Meio Ambiente (CLASSE II). Este produto é ALTAMENTE TÓXICO para organismos aquáticos. Este produto é ALTAMENTE BIOCONCENTRÁVEL em peixes. Este produto é ALTAMENTE PERSISTENTE no meio ambiente. Evite a contaminação ambiental - Preserve a Natureza. Não utilize equipamento com vazamentos. Não aplique o produto na presença de ventos fortes ou nas horas mais quentes. Aplique somente as doses recomendadas. Não lave as embalagens ou equipamento aplicador em lagos, fontes, rios e demais corpos d'água.

A substância tóxica contida na solução de percloreto de ferro usado é o cloreto cúprico (CuCl_2), que tem danos ambientais muito semelhantes ao sulfato de cobre. Os cátions cobre também causam danos ao ser humano, como é citado pela Ficha de Dados de Segurança da SIGMA-ALDRICH (SIGMA-ALDRICH, 2010):

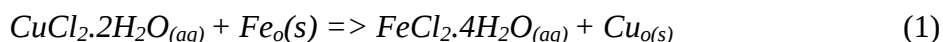
Os sintomas de envenenamento sistêmico por cobre podem incluir: danos capilares, dores de cabeça, suores frios, pulsação fraca, danos nos rins e no fígado, excitação do sistema nervoso central, seguida de depressão, icterícia, convulsões, paralisia e coma. Pode ocorrer a morte por choque ou falha renal. O envenenamento crônico por cobre é caracterizado por cirrose hepática, lesão e desmielinização cerebrais, defeitos renais e deposição de cobre na córnea, como pode ser observado em pessoas portadoras da doença de Wilson. Também foi comunicado que a intoxicação por cobre levou à anemia hemolítica e que acelera a arteriosclerose. Distúrbios gastro-intestinais, Baixa de tensão, Dependendo da intensidade e da duração da exposição, os efeitos podem variar desde leve irritação até severa destruição do tecido.

3. METODOLOGIA

Aqui serão explicados os métodos utilizados para descontaminar e reciclar a solução.

3.1. Eliminação do composto tóxico

O método adotado para eliminar o agente tóxico da solução (cloreto cúprico) é extremamente simples, basta inserir ferro sólido na solução (Foltran C.E., 2010). Nos testes realizados em laboratório foi utilizada palha de aço devido a seu baixo custo, alta superfície de contato e facilidade de aquisição. Mas qualquer objeto composto de ferro sólido pode ser utilizado. Nos testes realizados 30g de palha de aço foram mais que suficientes para neutralizar soluções de 500ml de água contendo 200g de percloreto de ferro usado. Vale lembrar que a palha de aço para o processo pode ser usada múltiplas vezes, inclusive pode ser proveniente do uso doméstico. Após 24 horas (recomendado 48 horas) a solução já pode ser descartada, não há mais risco para o meio ambiente ou tubulações. Recomenda-se apenas que a solução seja filtrada, uma vez que o cobre pode oxidar novamente. Também, com o acúmulo ao longo do tempo é possível vendê-lo.



A solução recém-obtida através da reação com o ferro é composta basicamente de cloreto ferroso (FeCl_2), uma vez que o cloreto férrico ao reagir com cobre sólido produz cloreto cúprico (agente tóxico eliminado, que deu origem a cloreto ferroso), e cloreto ferroso (Figura 1).

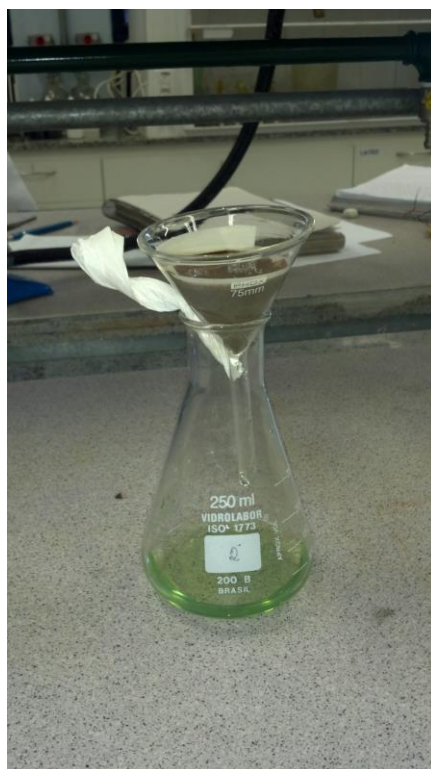
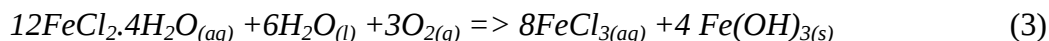


Figura 1: Solução filtrada, cloreto ferroso

3.2. Processo de Reciclagem

Existem dois métodos de reciclagem do composto, que é basicamente a oxidação do Fe^{2+} em Fe^{3+} . Um é seguro, extremamente lento e ineficiente, consiste em expor a solução de cloreto ferroso à atmosfera, o outro é praticamente instantâneo, mas trabalha com dois compostos que oferecem perigo à saúde do operador.

Para a execução do primeiro método basta deixar a solução em um recipiente aberto, e esperar que o cloreto ferroso da solução dê origem à cloreto férrico e ferrugem.

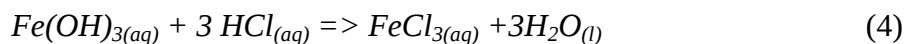


Os testes em laboratório comprovaram que esse método é ineficaz. Após duas semanas os resultados nas velocidades de reação eram extremamente insatisfatórios. Mesmo com o auxílio de um borbulhador os resultados foram ruins. Não somente isso, como é possível observar na reação, grande parte do ferro que poderia ser aproveitado é convertido em ferrugem (Figura 2).

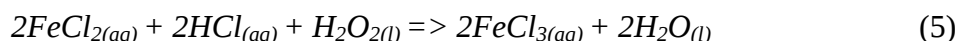


Figura 2: Solução com predomínio de cloreto ferroso, contendo também cloreto férrico e ferrugem.

Foi então adotado um método mais eficiente, onde primeiro elimina-se a ferrugem através da adição de ácido clorídrico.



O ácido clorídrico além de fornecer o cloro necessário para a eliminação da ferrugem, dá à solução característica ácida ainda mais acentuada. É possível então adicionar o segundo reagente, peróxido de hidrogênio.



A velocidade desse procedimento é muito mais alta. Em menos de 2 minutos foi possível observar a conversão de todo o conteúdo (500ml) em cloreto férrico. A velocidade de corrosão do líquido é muito próxima a do produto novo, tendo como diferença apenas a concentração um pouco mais baixa, devido à produção de água pela reação 5. Para amenizar esse problema basta deixar a solução evaporar por um tempo.

4. CONCEITO DE PRODUTO

Depois de verificado que a reação eficiente é perigosa para a maioria dos usuários, e que grande parte não teria a disposição de monitorar o processo como um todo, foi idealizado um conceito de uma máquina, que faria de forma automática a reciclagem.

A ideia é que o lojista ao adquirir a máquina adote uma postura semelhante à observada quanto ao descarte de pilhas e baterias usadas. Exposto em sua loja haveria um cartaz com os dizeres “Descarte aqui seu percloroeto usado”. Assim obteria a solução inicial gratuitamente e poderia vender o reciclado por um preço próximo, porém mais baixo, que o produto novo.

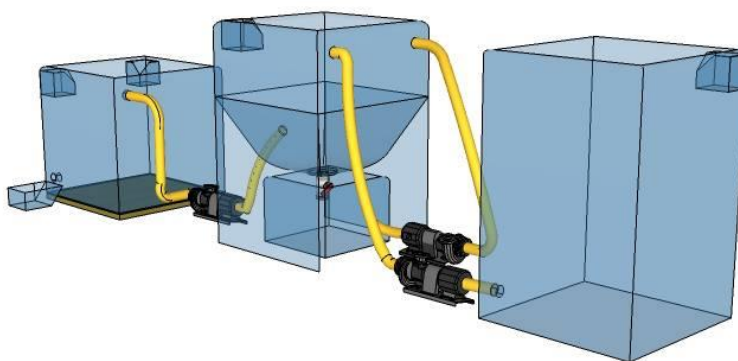


Figura 3: Maquete criada pela equipe.

A Figura 3 é o modelo 3D da maquete construída pelo grupo para a Feira de Integração Curricular – FIC exposta no dia 29/05/2013 na Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais – PUC-Minas. A maquete funciona com água, pois não suportaria os efeitos corrosivos das substâncias utilizadas. Mas é a primeira etapa para se projetar um produto funcional.

O produto final pode ser totalmente diferente da idealização. Trata-se apenas de um conceito.

Da direita para a esquerda, ela é composta de: Tanque de depósito, Tanque de sedimentação (com tanque de filtragem acoplado) e tanque de oxidação.

4.1. Tanque de depósito

Como o nome já diz, serve apenas para acumular a solução a ser reciclada (no máximo contaria com um agitador). É aconselhável que disponha de um volume consideravelmente maior que os outros tanques.

4.2. Tanque de sedimentação

Nele ocorreria a reação 1. Teria acoplado à sua estrutura um dispensador de ferro. Após 24 horas (ou menos, caso acelerado o processo via motor) em seu fundo seria depositado cobre sólido proveniente da reação. Seria então aberta a válvula posicionada em seu fundo, e tanto solução quanto sedimento seriam forçados através de um filtro no topo do tanque de filtragem. A parte líquida circularia pelo mesmo processo através de uma bomba até que todo o sedimento se encontre no filtro. A válvula seria então fechada e a bomba de acesso ao tanque de oxidação ligada (Ron Chiarello *et al.*, 2010).

4.3. Tanque de oxidação

Local onde as reações de risco ocorrem. Como as reações em seu interior formam grandes quantidades de gás é necessário o uso de um sifão. Contaria com 2 dispensadores, um de ácido clorídrico e um de peróxido de hidrogênio. É possível que um misturador (motor) ou borbulhador tenha que ser adicionado para a completa eliminação da ferrugem. Seria também acoplada a sua estrutura uma torneira para a retirada do reciclado.

4.4. Automação dos tanques

A automação proposta para o protótipo usa como alimentação uma tomada comum. Possui um circuito retificador com filtro, que transforma corrente alternada em contínua, e um transformador para baixar a tensão. Utiliza um microcontrolador, a fim de controlar bombas, borbulhadores, válvulas e motores (Figura 4).

Assim, basta que o operador deposite: percloreto usado no tanque de depósito; ferro no tanque de sedimentação; peróxido de hidrogênio e ácido clorídrico no tanque de oxidação. Após o tempo estipulado pelo microcontrolador, é retirado na saída do tanque de oxidação o cloreto férrico reciclado.

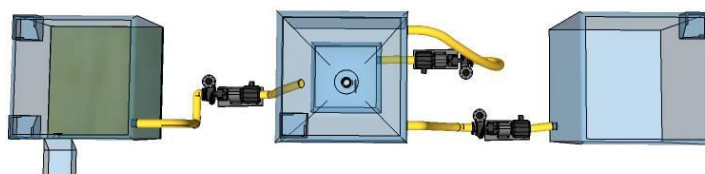


Figura 4: Vista aérea da maquete.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho apresenta enorme potencial, pois aborda os temas: Interdisciplinaridade, extensionismo, direito da água e preocupação com o meio ambiente. No Ano Internacional de Cooperação pela Água o projeto pode render muitos frutos e dar continuidade ao que começou como uma apresentação para uma mostra tecnológica (UNESCO, 2013).

Os alunos que fazem parte do projeto cresceram muito durante sua realização, e com o devido apoio podem levá-lo a um novo patamar.

Ele tem vantagens em várias áreas, ecológica por suas preocupações ambientais, econômica por ser um processo com alta capacidade de se tornar mais barato que a fabricação de um novo produto e extensionista por mobilizar o cidadão a reciclar um resíduo antes descartado de forma errada.

Agradecimentos

A equipe agradece aos seguintes orientadores pelo auxílio: Claudete Botaro de Matos, Heloísa Helena Vieira Machado, Hudson Fernandes Barbosa, Carlos Eduardo Foltran e Airton Rimulo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Internet:

Foltran C.E. **Recuperando Percloreto de Ferro.** Disponível em: <<http://www.handmades.com.br/forum/index.php?PHPSESSID=2bll7ev9b4gqmnqu574j4sd062&topic=1192.0>> Acesso em: 01 jun. 2013.

MEHL, E.L.M **Conceitos Fundamentais Sobre Placas de Circuito Impresso.** Disponível em: <http://www.eletrica.ufpr.br/mehl/te232/textos/PCI_Conceitos_fundamentais.pdf> Acesso em: 01 jun. 2013.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento **Produtos Formulados.** Disponível em: < http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons> Acesso em: 01 jun. 2013.

Ron Chiarello, Agnieszka Jakubowicz, C. Eric Boyd, Christopher Wacinski and Douglas Fraser **A Compact, Real-time, Point-of-Use Metal Ion Concentration Sensor for Liquids.** Disponível em: < http://www.jetalon.com/media/CS-928_Case_Studies.pdf> Aceso em : 01 jun. 2013.

SIGMA-ALDRICH **Ficha de Dados de Segurança.** Disponível em: <<http://sites.ffclrp.usp.br/cipa/fispq/Cloreto%20de%20cobre%20II.pdf>> Acesso em: 01 jun. 2013.

UNESCO **Ano Internacional de Cooperação pela Água.** Disponível em: <<http://www.unesco.org/new/pt/brasil/2013-international-year-of-water-cooperation/>> Acesso em: 01 jun. 2013.



Artigos de periódicos:

Clina M. Luna; Claudio A. González; Victor S. Trippi Oxidative Damage Caused by an Excess of Copper in Oat Leaves. Oxford Journals, Life Sciences, Laboratorio de Fisiología Vegetal, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad National de Córdoba P.O. Box 395, (5000) Córdoba, Republica Argentina, v.35, n.1,p.11-15, 1994.

R. E. Gross; P. Pugno; W. M. Dugger Observations on the Mechanism of Copper Damage in Chlorella. Plant Physiology, Department of Life Sciences, University of California, Riverside, California 92502, v.1 46, n.2, p. 183-185, 1970.

RECYCLING OF IRON(III) CHLORIDE

Abstract: *This document presents the procedure utilized by first period students of the Electronics and Telecommunication Engineering course of the Catholic University of Minas Gerais – PUC-Minas, to withdraw the toxic compounds and then recycle, the iron(III) chloride used on the corrosion of printed circuits on phenolic boards with a copper layer. The project has integrated all of the subjects studied on the course, incentivating interdisciplinarity. And through ecological preoccupation and intention of warning the users of the compound to adopt the right method of disposal, extensionism. Most of the disposal, that contains copper cations, is done through the sewage system. The preoccupation of the paper is opportune, since this is the International Year of Water Cooperation. The irresponsible way of discarding copper cations cause environmental damage and problems to human health, theme which is directly related to the rights of the water. The technique of decontamination is extremely simple and can be adopted by anybody who works with the solution, the recycling one, although dangerous, is also simple and cheap and can be done at home. With the right incentive, it is even possible to create industrial plants to lead the reactions in large scale.*

Key-words: *Iron, Chloride, Circuit Board, Copper.*