

ANÁLISE DO COBREAMENTO EM AÇO 1020

João Pedro Paz Sarmiento ⁽¹⁾ (junior.sarmiento.jopps@gmail.com), Vitor Hugo Medeiros Eggers ⁽²⁾ (vitoreggers@hotmail.com), Leonardo Felipe Debrino Leite ⁽³⁾ (leardo.leite@metropolitana-ro.com.br)

Faculdade Metropolitana (UNNESA)

RESUMO: *A galvanização é um processo amplamente utilizado na indústria para proteger materiais metálicos contra corrosão. Neste trabalho, o objetivo foi investigar o uso do cobre como revestimento galvânico em diferentes aplicações. O estudo iniciou-se com uma revisão bibliográfica sobre os princípios básicos da galvanização e suas aplicações. Foi realizada uma análise das propriedades físicas e químicas do cobre, a fim de avaliar sua viabilidade como alternativa aos revestimentos tradicionais. Em seguida, foram conduzidos experimentos práticos para avaliar a eficácia da galvanização com cobre. A técnica escolhida foi a eletrodeposição para aplicação do revestimento, e amostras foram expostas a condições simuladas de corrosão no laboratório das Faculdades Integradas Aparício Carvalho. Os resultados obtidos mostraram que a galvanização utilizando cobre apresentou uma boa resistência à corrosão, proporcionando proteção efetiva aos materiais metálicos. Por fim, considerações econômicas foram abordadas, levando em conta os custos de produção associado ao uso do cobre. Este estudo demonstrou o potencial do cobre como um revestimento galvânico eficaz e versátil, abrindo caminho para aplicações inovadoras na proteção contra corrosão de materiais metálicos.*

PALAVRAS-CHAVE: *Galvanização, cobreamento, eletrólise*

COPPER PLATING ANALYSIS ON 1020 STEEL

ABSTRACT: *Galvanization is a process widely used in industry to protect metallic materials against corrosion. In this work, the objective was to investigate the use of copper as galvanic coating in different applications. The study started with a literature review on the basic principles of galvanization and its applications. An analysis of the physical and chemical properties of copper was carried out in order to evaluate its viability as an alternative to traditional coatings. Then, practical experiments were conducted to evaluate the effectiveness of copper galvanizing. The chosen technique was electroplating for coating application, and samples were exposed to simulated corrosion conditions in the laboratory of Faculdades Integradas Aparício Carvalho. The results obtained showed that galvanization using copper presented a good resistance to corrosion, providing effective protection to metallic materials. Finally, economic considerations were addressed, taking into account the production costs associated with the use of copper. This study demonstrated the potential of copper as an effective and versatile galvanic coating, paving the way for innovative applications in corrosion protection of metallic materials.*

KEYWORDS: *Galvanization, copper plating, electrolysis*

1. INTRODUÇÃO

A deterioração de um material metálico é conhecida como corrosão, iniciando-se através da ação química ou eletroquímica em exposição ao ambiente, podendo estar associada ao esforço de trabalho (SILVA, 2020), assim que se tem ciência do material e do meio corrosivo, é realizada uma criteriosa pesquisa com o objetivo de realizar melhorias na estrutura do metal (DA SILVA; SILVA; VASCONSELOS; et al, 2020), reconhecimento destas patologias são relevantes para a evolução dos materiais (ANTUNES; RENATO et al, 2022).

Estima-se que 20% de todo aço produzido em escala mundial, tem como objetivo substituir aços que se tornaram inutilizáveis pelo processo de corrosão (MIRANDA, 2022), o processo de corrosão é um fenômeno natural, onde o aço exposto ao ambiente, encontra-se vulnerável às interações físico-químicas (RODINE, 2020), estimando a receita de 5% em investimentos na prevenção de corrosão, na substituição e perda de produtos em um país industrializado (SILVA, 2021), que contém diferente tipos de segmentos como a naval, petroquímica, petróleo e gás, química entre vários outros setores (DE SOUZA; PEREIRA, 2020), na economia atual é relevante que estes setores sejam cautelosos com suas matérias primas, se comprometendo a buscar e implementar técnicas eficazes.(SOUZA; GRIZENDE, 2020).

2. MATERIAIS E MÉTODOS,

2.1 Eletrólise

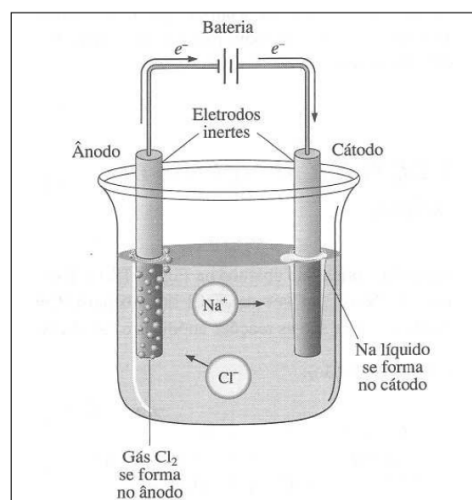
William Nicholson (1753-1815) e Anthony Carlisle (1768-1840), em 1800 na tentativa de reproduzir a experiência de Alessandro Volta (1745- 1827), onde se consistia em analisar descargas elétricas através de um eletroscópio, observaram que ao adicionar dois fios metálicos em um recipiente com uma pilha em volta, resultava em bolhas de gás (FERNANDES, 2015), um processo eletroquímico onde a condução de corrente elétrica criando suas bolhas através proveniente do hidrogênio ao inserir dois eletrodos na solução(KNOB, 2013), caracterizando as reações de oxi-redução quando aplicado uma diferença de potencial(OLIVEIRA, 2010). diferença esta que se chama força electromotriz, usando a unidade de medida em SI Volt (V), podendo ser analisada através de voltímetro ou multímetro (DINIZ; SILVA; ALVES, 2020).

Em 1834 Michael Faraday estabelece as leis que regem sobre a eletrólise relacionadas as massas produzidas por eletrodos e quantidade de energia gasta no processo (LELUDAK, 2013), na qual os eletrodos sofrem modificações neste processo, sendo eles a oxidação ocorrida no polo positivo também chamado de ânodo e a redução no polo negativo denominado cátodo do solução contendo uma substância que tem a capacidade de conduzir corrente elétrica, esta substancia

recebe o nome de eletrólito (ATKINS; JONES; LAVERMAN, 2018), relatado por Russell (2000 p.286) dois tipos do processo podem ser analisados, sendo eles a eletrólise ígnea e a aquosa.

De acordo com Atkins (2012) utilizando como eletrólito sal fundido, como por exemplo NaCl, na qual a eletrólise ígnea ocorre em temperaturas superiores a de 800°C onde é o seu ponto de fusão, garante quebra dos íons que estruturam na sua rede cristalina, transformando-se assim em sal líquido, o eletrólito fundido movimenta os íons através da célula eletrolítica, Neste processo, o material imerso na solução o material que será oxidado será depositado em forma de íons ao material que será reduzido através do banho eletrolítico (SILVA et al, 2016)

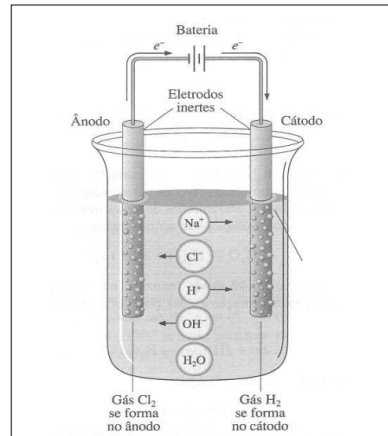
FIGURA 1. Célula eletrolítica ígnea



Fonte: Russell (2000).

Através balanças, provetas e outros equipamento é possível realizar o preparo de soluções, na qual obtemos podemos obter outras substância ou diluir a matéria prima (SANTO, 2015), deste modo ao realizar uma solução diluindo NaCl em água destilada, obtemos a eletrólise aquosa(FELTRE, 2004)

FIGURA 2. Célula eletrolítica aquosa



Fonte: Russell (2000)

Dentre outros tipos de eletrólises mencionadas por Russell (2000 p.290) dispomos da eletrólise por HCl contendo os mesmos aspectos do NaCl aquoso, detemos também do H₂SO₄ considerado um ácido forte, porém é observado que a água oxida mais facilmente

2.2 CORROSÃO

Corrosão se define como todo processo de deterioração de um metal ou liga metálica devido a reações eletrolíticas ou químicas com o ambiente (WIERCINSKI; 2015), estudos de comprovam que a resistência dos metais depende das condições climáticas (MONTENEGRO; et al, 2010), sendo apontado desde 1962 que metais são sensíveis a químicas em sua superfície(FINE, 2010),

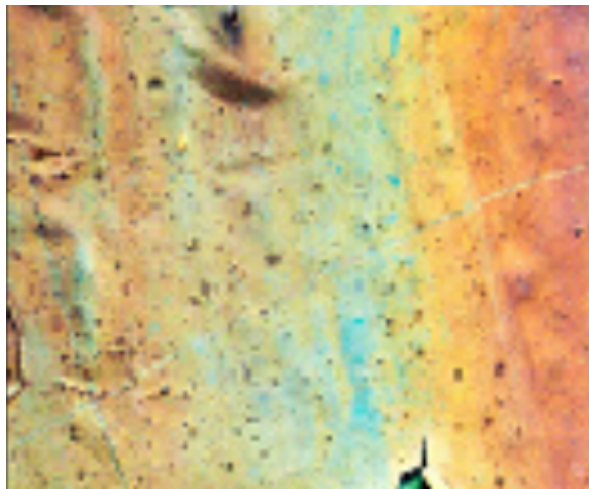
A corrosão química não há troca de corrente elétrica dependendo somente de um reagente químico para que ocorra a reação (FRAUCHES-SANTOS-2014), a corrosão química é comumente compreendida como a degradação de polímeros através de solvente, modificando suas características como flexibilidade e tenacidade, provocando e intensificando seu desgaste, no entanto os metais também sofrem a corrosão química, na qual o metal cria uma camada oxidante sobre sua superfície, onde a mesma pode contaminar outros materiais que estiverem expostos ao metal (MOREIRA; 2015), dependendo da concentração do reagente e da temperatura da superfície, a velocidade que a corrosão acontece pode ser acelerada, também influenciada por impurezas no ambiente (BRAGANÇA, 2010)

Através do contato do metal com um eletrólito, é possível que ocorra através do processo de eletrólise a oxidação do metal pela presença de água ou outro reagente ocasiona a reação anódica:



Na qual a oxidação pode ser chamada de ferrugem, onde pode ser ocasionada pela presença de uma solução natural ou não de água e sais (MERÇON; GUIMARÃES; MAINIER, 2011), diferente da oxirredução espontânea onde há conversão de trabalho químico para corrente elétrica, eletrólise emprega a energia para forçar uma reação química (PINTO 2019), na qual fluidos corporais como o suor que contém sal pode ser utilizado para que uma reação eletrolítica seja iniciada (ROCHA, 2013)

FIGURA 3. Corrosão eletroquímica



Fonte: Freitas; Santos (2020)

2.3 EXPERIMENTO

A Pesquisa deste projeto é de caráter experimental de cunho exploratório qualitativo e quantitativo acerca da identificação realizado nos laboratórios de física e elétrica das Faculdades Integradas Aparício Carvalho – FIMCA no município de Porto Velho/RO. As amostras dos aços que serão analisadas foram adquiridas no município de Porto Velho/RO e as soluções disponibilizadas pela instituição de ensino onde será realizada a presente pesquisa. Considerado critério de inclusão metais cuja composição seja ferrosas e não ferrosas, nos quais estão inclusos: Aço SAE 1020 e cobre. Para os critérios de exclusão estarão amostras onde o procedimento foi realizado de forma errônea, metais utilizados para oxidação com menos de 98% de pureza, metais já galvanizados

Os instrumentos que serão utilizados são: Balança analítica, capela de exaustão, balão volumétrico, becker de 500ml, pipeta e uma fonte de energia, com uma lixa de grão 150 será

realizado o desbaste do material retirando a oxidação já existente no meta, posteriormente será utilizado uma lixa 1200 para fazer o acabamento da peça

Utilizando as técnicas de Masterton, Slowinski, Staniski (1990) para criar o soluto não saturado de HCl através de um balão volumétrico, posteriormente levado para um becker para que seja realizada a limpeza profunda do material ao mergulhar ele para retirar todo excesso de impurezas e fósforo criado ao lixar o metal, aplicando as referências de Brady e Humiston (2005) as soluções utilizadas na galvanização serão preparadas as soluções aquosas de NaCl em água destilada, uma solução CuSO₄, em seguida será utilizada a solução de CuCl₂, na qual se deve a mistura de CuSO₄ com NaCl, Também será usada a técnica apresentada por Russell (2000) onde a solução será usada HCl puro, para que seja retirado a solução de HCl da peça a mesma será lavada em água destilada, para posteriormente ser mergulhada na fórmula para galvanização eletrolítica, em seguida será colocado no becker o eletrólito através de uma pipeta, após este processo será adicionado ao becker água destilada completando a solução, mergulhando o corpo de prova conectado ao catodo para que seja reduzido e o cobre ao anodo para que seja oxidado devido a corrente gerada pela fonte técnica apontada por Franco (2010). Realizada a galvanização a peça será colocada em água corrente e lavada com uma bucha anti riscos e detergente para que seja retirado o excesso do material, para testar a funcionalidade da galvanização o corpo de prova galvanizado será colocado em uma solução de salmoura com outro corpo de prova de características iguais ao aço antes de ser galvanizado

3. RESULTADOS

Almejando compreender os resultados obtidos através da exposição dos metais em uma solução de salmoura durante 5 dias foram realizados testes em triplicatas utilizando os métodos de galvanização em soluções de NaCl, CuSo₄ e Na₂So₄, visto que a obtenção da galvanização correta deve conter o aspecto avermelhado no metal onde o mesmo deve estar fixado na superfície do metal. É observado que a quantidade de eletrólito na solução interfere na velocidade da galvanização e no acabamento do revestimento da peça.

FIGURA 3. Acabamento com excesso de cobre



Fonte: Autor (2023)

3.1 NaCl

Utilizando o NaCl na solução obtivemos uma coloração da solução transparente turvado, que ao decorrer da eletrólise se transformava em uma coloração azulada devido a corrosão do cobre. Pode-se observar que esta solução teve o processo de galvanização sutilmente mais lento que os demais, onde observamos que a corrente não passava de 5.5 amperes em uma tensão de 12 volts. Cada camada era formada com exposição do material no tempo de 60 segundos, dentre os metais usados para o teste apenas um apresentou falha, ocorrendo a descamação do cobre.

FIGURA 4. Descamação do cobre



Fonte: Autor (2023)

3.2 CuSo4

Ao utilizarmos a solução CuSo4, foi possível obter a coloração azul devido o sulfato de cobre, utilizando esta solução nos foi apresentado uma galvanização de aspecto linear, obtendo sua fixação no metal de maneira mais consistente, alcançando correntes entre 6 a 6,5 amperes utilizando a tensão de 12 volts, obtivemos uma eletrodeposição mais rápida que a solução de NaCl, devido ao seu aspecto linear obtivemos uma fixação melhor do cobre ao metal no qual todos os testes tiveram sucesso em sua galvanização.

FIGURA 5. Galvanização bem sucedida



Fonte: Autor (2023)

3.2 NaSo4

A solução de NaSo4 obteve a maior velocidade de revestimento dentre todas outras soluções, ocasionando excesso de material em seu revestimento, alcançando até 7 amperes de corrente utilizando a 12 volts, devido a velocidade de revestimento todas dois corpos de provas de três ocorreu a descamação do cobre observado na figura 6 onde o primeiro metal à esquerda não foi realizado o processo de galvanização seguindo dos metais expostos a galvanização e a solução de salmoura.

FIGURA 6. Galvanização em NaSo4



Fonte: Autor (2023)

3.4 EXPOSIÇÃO

Ao expor os metais em salmoura, obtemos valiosos dados de corrosão no aço, sendo classificado como matéria ferrosa o aço 1020 teve grande parte da sua superfície oxidada sendo visível ao olho nu e a obtenção de hidrogênio ao realizar a eletrólise. Os metais que foram expostos a galvanização porém tiveram a descamação do cobre obtiveram uma oxidação mais intensa, ao metais galvanizados conseguimos observar que não houve oxidação em sua superfície, porém onde houveram falhas de revestimento o metal foi atingido pela oxidação

4. CONCLUSÕES

Foi observado que a galvanização se destaca como uma solução eficaz e sustentável para uma ampla variedade de setores industriais. Ela oferece uma abordagem econômica e eficiente para reduzir o descarte e a perda de metais, especialmente em ambientes onde os metais estão expostos ao oxigênio. A pesquisa contínua na área de metalurgia é essencial para a evolução dos revestimentos metálicos. Com o objetivo de criar um revestimento metálico, a eletrólise concede propriedades ao material com a produção de um esmalte metálico (ANDRADE, 2021), obtendo tenacidade e a capacidade de preservar contra a oxidação e a corrosão (SOUZA; GRIZENDE, 2020). Combinando as matérias primas banhadas em uma solução, uma fonte conectando o anodo no material que será utilizado como revestimento e o catodo no material que será revestido (ANDARA; SOUZA, 2020).

Durante nosso estudo, observamos que cada etapa do processo de galvanização desempenha um papel crucial na obtenção de resultados precisos. O processo de lixamento e desengraxe do metal, por exemplo, é fundamental, pois quaisquer resíduos de fósforo ou gordura podem comprometer a eficiência da aderência do material catódico ao metal, levando à descamação. Portanto, a atenção aos detalhes em todas as etapas é fundamental para o sucesso da galvanização como método de proteção de metais contra oxidação e corrosão.

DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis por este trabalho

REFERÊNCIAS

- ANDARA, Flávio Roberto; SOUZA, Adriano Mendonça. Estratégia de avaliação da neutralização do processo de galvanização eletrolítica por meio de modelagem e gráficos de controle. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 10, p. 79592-79607, 2020.
- ANDRADE, Letícia V.; ZIMMER, Cinthia G. Galvanização: uma proposta para o ensino de eletroquímica. 43volume, 2021.
- ANTUNES, RENATO A. et al. Caracterização de produtos de corrosão de aço carbono e aço patinável submetidos a ensaio acelerado de corrosão e ensaio de intemperismo. 2022.
- ATKINS, P.; JONES, L.; LAVERMAN, L. Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente. 7. ed. Porto Alegre: Bookman, 2018.
- BRADY, James E.; HUMISTON, Gerard E.. **QUÍMICA GERAL**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ltc S.A., 2005
- BRAGANCA, Saulo Roca. Corrosão de refratários utilizados na siderurgia. Parte II: propriedades físicas dos refratários e fatores operacionais. *Cerâmica*, v. 58, p. 459-464, 2012.
- BRAGANÇA, S. R. Aspectos Teóricos e Práticos sobre a corrosão de Refratários utilizados na Metalurgia. *Anais 54º Cong. Bras. Cerâmica*, Foz do Iguaçu, PR, p. 1142-1151, 2010.
- Da Silva, K. A., da Silva, L. de S. V. Vasconcellos, M. dos S., Santos, S. F., & Santana, A. I. de C. (2020). ETILENODIAMINA COMO INIBIDOR DE CORROSÃO DOS AÇOS INOXIDÁVEIS AUSTENÍTICOS 304 E 316 EM MEIO ÁCIDO. *Revista Univap*, 26(51), 191–200
- DE SOUZA, L. M.; PEREIRA, E. C. Influência da corrosão no aço inoxidável duplex S31803 submetido a íons de cloreto em diferentes temperaturas. *Exatas & Engenharias*, v. 10, n. 29, 30 jul. 2020.
- DINIZ, B. P.; SILVA, L. A. e ALVES, V. A. Experimentação no ensino de células galvânicas utilizando o método jigsaw. *Revista Virtual de Química*, v. 12, n. 6, p. 1559-1574, 2020

FRANCO, Dalton. **QUIMICA** : processos naturais e tecnologicos. São Paulo: Fdt, 2010.

FELTRE, R. Fundamentos de Química. 6ª ed. São Paulo: Moderna. 2004

Fernandes, Ricardo Ferreira. “Eletrólise”. Revista de Ciência Elementar, vol. 3, no 1, 2015.
rce.casadasciencias.org, <https://doi.org/10.24927/rce2015.019>.

FINE, G. F. et al. Metal Oxide Semi-Conductor Gas Sensors in Environmental Monitoring. Sensors, v. 10, n. 6, p. 5469-5502, 2010

FRAUCHES-SANTOS, Cristiane et al. A corrosão e os agentes anticorrosivos. Revista virtual de química, v. 6, n. 2, p. 293-309, 2014.

FREITAS, João Luís Lopes; SANTOS, Aldo Ramos. Detecção de ferrugem em imagens de ligas metálicas pela utilização de uma Rede de Análise Paraconsistente (RAP). Anais do Encontro Nacional de Pós-graduação, v. 4, n. 1, p. 11-15, 2020.

KNOB, Daniel. Geração de hidrogênio por eletrólise da água utilizando energia solar fotovoltaica. 2013. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear - Materiais) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

LELUDAK, F. T., & Haus, T. L. (2013). CÉLULA DE HIDROGÊNIO: ESTUDO E CONSTRUÇÃO DE UMA CÉLULA ELETROLÍTICA PARA PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO GASOSO. Caderno PAIC, 14(1), 383–397.

MASTERTON, William L.; SLOWINSKI, Emil J.; STANITSKI, Conrad L.. **Princípios de química**. Rio de Janeiro: Ltc S.A., 1990.

MERÇON, Fábio; GUIMARÃES, Pedro Ivo Canesso; MAINIER, Fernando Benedito. Sistemas experimentais para o estudo da corrosão em metais. Química Nova na Escola, v. 31, n. 1, p. 57-60, 2011.

MIRANDA, Thiego Silva Epifani. Projeto e implantação do novo setor de galvanização eletrolítica livre de cianeto. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

MONTENEGRO, Iêda NS et al. Taxa de corrosão de corpos-de-prova expostos no Ceará em atmosfera marinha de muito alta agressividade e em condições aceleradas no laboratório. 2010.

MOREIRA, Renata Ferreira da Silva. “A corrosão e seus aspectos na engenharia civil”. Revista Obras Civas, vol. 7, no 1, 2015, p. 36–40.

OLIVEIRA, César Rodnei de. Alteração das propriedades superficiais do alumínio via eletrólise e plasma. 2010. 122 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências de Bauru, 2010.

PINTO, Camila Ferreira. Produção de hidrogênio por corrosão eletroquímica acelerada utilizando o ácido hexafluossilícico. 2019. 82f . Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de

Pós-Graduação Multicêntrico em Química de Minas Gerais, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, 2019 .

ROCHA, Thais Lenquist da. Resistência à corrosão eletroquímica da liga TI-6AL4V prototipada para aplicações biomédicas. 2013. 87 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2013.

RODINE, Caroline Côrtes. Influência do banho eletrolítico na camada de galvanização formada sobre aço carbono e sua resistência à corrosão. 2020.

RUSSELL, Jhon B.. Química geral. 2. ed. [S.l]: Pearson, 2000.

SANTOS, SRB et al. Química experimental para deficientes visuais. Latin American Journal of Science Education, v. 2, p. 12015, 2015.

SILVA, Daniely De Lucena et al.. Processo de eletrólise em banhos galvânicos. Anais I CONAPESC... Campina Grande: Realize Editora, 2016

SILVA, Jardel Freire da. Estudo sobre proteção contra corrosão do metal em ambiente salina. 2020.

SILVA, Rafael Soares. EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE A FORMAÇÃO DA FERRUGEM. REAMEC-Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática, v. 9, n. 2, p. e21058-e21058, 2021.

SOUZA, Istefani Almeida de; GRIZENDE, Jose Carlos. Processo de eletrólise em banho de Galvanização utilizando retificadores para biojoias. 2020

WIERCINSKI, Adriano. Galvanoplastia: Melhorias no processo de zincagem eletrolítica. 2015.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos professores Vinicius Augusto Castelo Branco Mateus e Ester R. Silva Alves por toda ajuda antes, durante e após a execução deste trabalho