

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DE RESÍDUOS SÓLIDO E LÍQUIDO DE EMPRESAS GALVÂNICAS DE JUAZEIRO DO NORTE-CE.

LARISSA SARAIVA OLIVEIRA^{1*}; LEONARDO ALVES PINTO², JORGE MARCELL COELHO MENEZES³, FRANCISCO JOSÉ DE PAULA FILHO⁴

¹ Estudante de IC de Eng. de Materiais, UFCA, Juazeiro do Norte-CE, larissa.saraiva@aluno.ufca.edu.br;

² Estudante de IC de Eng. de Materiais, UFCA, Juazeiro do Norte-CE, leonardo18.pinto@gmail.com;

³ Me. Ciên.e Tec. Ambiental, Téc. Quím., CA/CCT, UFCA, Juazeiro do Norte-CE, jorge.menezes@ufca.edu.br.

⁴Dr. em Ciên. Mar. Tropicais, UFC, Prof. Adj. CCT, UFCA, Juazeiro do Norte-CE, francisco.filho@ufca.edu.br;

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2018
21 a 24 de agosto de 2018 – Maceió-AL, Brasil

RESUMO: As atividades de galvanoplastia geram grandes volumes de resíduos com características tóxicas, que se descartados de forma incorreta, podem acarretar inúmeros problemas ambientais e seus efeitos podem acometer a saúde humana. Os efluentes galvânicos contêm alto teor de metais pesados e necessitam de grande cuidado em relação ao seu monitoramento e destino. Visto que a região do cariri, especificamente em Juazeiro do Norte, apresenta-se em destaque na produção de joias folheadas através da técnica de galvanização. O presente estudo procurou realizar a caracterização química através da técnica Espectrometria de Absorção Atômica por Chama (FAAS) dos efluentes sólido e líquido, gerados pela técnica de galvanoplastia nas indústrias dessa região, com objetivo de identificar suas propriedades químicas. A partir dos resultados encontrados neste trabalho torna-se evidente que a classificação dos resíduos galvânicos como perigosos classe I, podendo ainda observar que Cu e Zn são os elementos em maiores concentrações. Através dos dados obtidos, foram avaliadas possíveis formas de reuso e destinação final dos efluentes.

PALAVRAS-CHAVE: Galvanoplastia, resíduos galvânicos, metais pesados.

CHEMICAL CHARACTERIZATION OF SOLID AND LIQUID WASTE FROM ELECTROPLATING INDUSTRIES IN JUAZEIRO DO NORTE-CE.

ABSTRACT: Electroplating activities generate large bulks of waste with toxic characteristics which, if discarded incorrectly, can lead to numerous environmental problems and their effects can affect human health. Galvanic effluents contain high concentrations of heavy metals and require great care in regard to their monitoring and destination. The Cariri region, is featured in the production of veneer jewelry through electroplating. So, the present study aimed to evaluate to perform the chemical characterization by the Flame Atomic Absorption Spectrometry (FAAS) technique of the solid and liquid effluents generated by the electroplating process in the industries of that region, aiming to identify its chemical properties. From the results found in this work it becomes clear that the galvanic wastes classifies as hazardous class I, and it can be observed that Copper (Cu) and Zinc (Zn) are the elements in higher concentrations. Through the obtained data, possible forms of reuse and final disposal of the effluents were evaluated.

KEYWORDS: Electroplating, galvanic wastes, heavy metals.

INTRODUÇÃO

No ramo industrial da produção de joias e bijuterias, é feita uma série de processos para o tratamento das superfícies das peças através do banho de metais, técnica conhecida como galvanização.

Nesta fase podem ocorrer inúmeros problemas ambientais típicos desta atividade, decorrentes dos produtos utilizados na indústria galvanizada.

A galvanização é uma técnica de revestimento superficial amplamente utilizada, que forma uma camada protetora na superfície do objeto, que é banhado por meio da ação de corrente contínua em uma solução eletrolítica contendo cátions do metal usado, tornando o material menos suscetível a atmosfera corrosiva; sendo Cromo (Cr), Estanho (Sn), Cobre (Cu), Zinco (Zn), Níquel (Ni), Chumbo (Pb), Cádmio (Cd) e Ferro (Fe) os metais mais utilizados nesse tipo de processo. O processo de galvanoplastia gera efluentes tanto na etapa de preparo e limpeza da superfície da peça como na etapa de revestimento da mesma. Os efluentes líquidos gerados desse processo contêm alto teor desses metais pesados, devendo ser tratados, de forma a adquirir um perfil físico-químico estabelecido pela Resolução N° 154/02 da SEMACE, que dispõe sobre padrões e condições para lançamento de efluentes líquidos gerados por fontes poluidoras. O tratamento desse resíduo líquido gera o lodo galvanizado, resíduo sólido com alto teor de metais, classificado como Resíduo Perigoso Classe I, segundo a NBR-10.004.

A região do Cariri, no sul do Ceará, possui um polo industrial localizado no Triângulo Crajubar, que engloba as cidades de Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha. Sendo que atualmente o município de Juazeiro do Norte é o terceiro maior polo produtor de joias folheadas no país, estando atrás apenas das cidades de Limeira/SP e Guaporé/RS (Fernandes, 2005).

Os resíduos supracitados necessitam de grande cuidado em relação ao seu monitoramento e destinação. Com isso faz-se necessário avaliar com muita atenção o caminho dentro do processo industrial por qual passa esse tipo de resíduo para que se dê a ele o tratamento adequado.

Nas indústrias de galvanoplastia da região do Cariri onde o presente estudo foi desenvolvido, o resíduo que é gerado não é descartado no meio ambiente. As empresas produtoras de joias da região formam um consórcio e encaminham todo o lodo galvanizado gerado para uma empresa onde é dada a correta destinação do resíduo (Oliveira, 2017).

Desta forma o presente estudo buscou realizar a caracterização química dos efluentes sólido e líquido, gerados em indústrias galvanizadas de Juazeiro do Norte-CE, com a finalidade de identificar suas propriedades químicas, bem como apontar possíveis formas de reuso, destinação final e avaliar os perigos ambientais.

MATERIAL E MÉTODOS

Nas etapas iniciais do estudo, foram realizadas visitas técnicas em três empresas produtoras de joias folheadas, localizadas em Juazeiro do Norte-CE, e feita a coleta de amostras de lodo galvanizado e efluente líquido nessas empresas. Em etapas posteriores, foram realizadas a preparação das amostras coletadas e sua caracterização química, com o objetivo de identificar a composição química dos resíduos e indicar uma possível aplicação e reuso do mesmo, como forma de amenizar seus efeitos ao meio ambiente. Durante a caracterização do material coletado, tanto líquido como sólido, as empresas foram identificadas como LE, LJ e LR.

As amostras de lodo galvanizado foram submetidas, inicialmente, a um processo de secagem em estufa com temperatura de 110°C durante 24 horas, para a remoção da fração líquida do lodo. Após secas, foram maceradas utilizando-se mão de gral e almofariz, e posteriormente peneiradas em abertura de 180 µm, seguindo então para a caracterização química. O material prosseguiu para a etapa de preparação, que foi realizada na Central Analítica da UFCA, onde, por meio da mesma, os metais foram extraídos, a partir de 1,0000 g de sedimento, por digestão parcial ácida usando-se 25,0 mL de água régia (3HCl:HNO₃), em banho maria a 80°C e com recirculação, por 2h.

O material coletado foi caracterizado pela técnica analítico-instrumental de Espectrometria de Absorção Atômica de Chama (FAAS). Através dessa técnica, foi possível determinar as concentrações dos metais Zn, Cu, Cr, Pb, Cd, Ni, Alumínio (Al) e Manganês (Mn), tanto no material líquido como no sólido-para a quantificação de seus teores metálicos. Com base no princípio fundamental desta técnica, o elemento metálico de interesse, no estado atômico de vapor, absorve a radiação de um comprimento de onda específico pela transição de seus elétrons para um nível mais energético. A quantidade de radiação absorvida é diretamente relacionada com a concentração de átomos no estado fundamental, resultando em espectros de emissão atômico, iônico e molecular (Oliveira, 2017). Para tal caracterização, fez-se uso de um equipamento da marca Varian SpectraA, modelo A-50B. As análises foram realizadas na Central Analítica da UFCA.

Imagem 1. Tanque de resíduo galvânico sólido à esquerda, e à direita, tanques de resíduo galvânico líquido.



Fonte: a autora.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise quantitativa, para detectar os teores dos elementos presentes nos resíduos galvânicos, como supracitado, foi feita por FAAS, e os resultados obtidos estão representados nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Concentração de metais no lodo galvânico das empresas visitadas em Juazeiro do Norte-Ce.

Amostras (lodo)	Elementos							
	Cu	Zn	Ni	Cd	Al	Pb	Cr	Mn
LE	135	8,3	0,45	6	0,07	9	1	0,6
LJ	172	8,3	0,43	11	0,01	8,7	0,1	1
LR	135	8,5	0,42	14	0,01	3	0,8	1

*Concentração em g/kg

A partir da tabela 1, pode-se observar que o resíduo sólido da empresa LJ, apresenta maior concentração do metal Cu. A empresa LE, apresenta concentrações mais elevadas dos metais Ni, Cd, Al, Pb e Cr, em relação as outras empresas. Já a LR apresenta maiores concentrações de Zn, Cd e Cr, em relação às demais. A elevada concentração destes metais, no lodo galvânico, possivelmente está associada aos banhos mais utilizados no processo produtivo da empresa, podendo também evidenciar a ineficiência no reuso dos banhos químicos, acarretando em perdas.

Tabela 2. Concentração de metais no efluente líquido das empresas visitadas em Juazeiro do Norte-CE.

Amostras (efluente líquido)	Elementos							
	Cu	Zn**	Ni	Cd**	Al	Pb	Cr	Mn
LE	959	12,9	78,1	2,6	93,8	28,8	176,4	91
LJ	970	0,26	33,3	0,1	0	28,7	68,5	60
LR	41,6	0	2,7	0	0	7,9	0	0

*Concentração em ppm

**Concentração em mL/L

Na tabela 2, pode-se observar que o efluente da empresa LE, apresentou maiores concentrações de Zn, Ni, Cd, Al, Pb, Cr e Mn em relação as outras avaliadas. Já a empresa LJ, apresenta maiores

concentrações de Cu, comparada a LE, e maiores concentrações de Cu, Zn, Ni, Cd, Al, Pb, Cr e Mn, em relação a LR. Essas diferenças de concentrações podem se dar devido a fatores como as diferenças de demanda, ineficiência dos processos produtivos das empresas ou do tipo de técnica de galvanização utilizada, se zincagem, niquelagem ou cobreamento. Como se trata de um processo de douração, é natural que o Cu esteja presente em maior quantidade nos resíduos. Em termos gerais, a constituição elementar dos resíduos galvânicos sólidos e líquidos é similar.

A partir da caracterização química dos resíduos é possível identificar os elementos que caracterizam esses resíduos como perigosos. A partir disso, torna-se possível apontar possíveis formas de reutilização dos mesmos, além de mostrar o potencial de poluição que o mesmo representa para o meio ambiente e para os seres humanos.

A busca por soluções aos problemas destes resíduos sólidos é a preocupação mais recente deste segmento e não se resume apenas em encontrar meios de reciclá-los ou de dispô-los de forma segura. Há que se pensar antes em minimizar na fonte o que se tem gerado para, com o que realmente não se pode reduzir ou eliminar, desenvolver meios viáveis de mantê-los em uma forma estável na sua disposição final ou, melhor ainda, reutilizá-los. (SENAI, 2002)

Vários autores relatam a viabilidade do reuso de resíduos da galvanização na produção de cerâmicas, constatando que a incorporação do resíduo galvânico em massas de cerâmica vermelha estrutural é uma boa alternativa para a inertização do resíduo, fechando o ciclo de tratamento dos resíduos galvânicos. A cerâmica estrutural constitui-se em um ramo industrial tradicional no estado do Ceará. A produção cerâmica, na sua grande maioria, é realizada por grupos de micro, pequenos e médios empresários e tem grande importância socioeconômica. A região do Cariri - CE possui grande parte de indústrias de cerâmica vermelha com grande produção de blocos e telhas (Lima, 2009).

Como uma alternativa com relação ao reuso do lodo galvânico, Espinhosa & Tenório (2000) investigaram, em escala laboratorial, a utilização de resíduo galvânico como matéria-prima para fabricação de cimento Portland. Seus estudos concluíram que a adição de 2% de resíduo seco não afetou as temperaturas de formação de fases e o processo de clínquerização. Segundo Marques (2000), “os elementos metálicos introduzidos no forno de produção de clínquer são fixados em quase sua totalidade e incorporadas ao cimento.”

Ferreira et al (2001) propuseram a inertização de rejeitos sólidos galvânicos em vidros silicatos utilizando até 23% de resíduo rico em cromo, classificado como Classe II – não inerte segundo a NBR 10004.

Vários autores demonstram a viabilidade do reuso de resíduos da indústria galvanotécnica na produção de cerâmica contribuindo para prevenção da poluição ambiental. Naga e El-Maghraby, (2003), realizaram um estudo para prever a adequação de resíduo de cobre para a produção de telhas de cerâmicas sintetizadas. Balaton *et al.* (2002), usaram de 2% a 5% de lodo galvânico com misturas de dois tipos de argila natural com vistas a seu uso em materiais cerâmicos. Também Borgo (2005), descreveu que os resíduos da indústria galvânica, com altos teores de metais pesados, podem ser usados como matéria-prima na quantidade 40-45% para a produção de novas cerâmicas ambientalmente seguras como tijolos, revestimentos de pisos e outros.

CONCLUSÃO

Os resíduos da indústria galvânica são ricos em metais pesados, elementos que apresentam grande capacidade de contaminação ao meio ambiente e seus efeitos podem afetar a saúde humana. A partir da caracterização química dos mesmos, pode-se mostrar o potencial de poluição que eles representam e possivelmente apontar formas de reuso dos resíduos.

Uma alternativa a este problema é a conversão de resíduos perigosos (classe I) para não perigosos (classe II - não inerte), através de um tratamento conjunto dos efluentes feito por ajuste de pH entre 7,5 e 10,0. No entanto, isso requer mudanças no processo de produção das empresas de galvanoplastia e no tratamento de efluentes. Isso poderia permitir uma mudança na classificação de resíduos. Nesse caso, quando um resíduo é caracterizado como não perigoso, abre-se uma série de

opções para reutilização, como na indústria de cerâmica, vidro e fertilizantes, agregando valor ao resíduo e oferecendo outras possibilidades de uso mais nobre para este tipo de resíduos.

Por ser um polo industrial de fabricantes de joias folheadas, geradoras de resíduos galvânicos, conclui-se que há a possibilidade de realizar a caracterização físico-química em resíduos da indústria galvânica de Juazeiro do Norte, bem como apontar um uso alternativo dos mesmos, visto que, a região também conta com um grande número de indústrias cerâmicas, que vem sendo utilizadas como uma alternativa promissora para a reuso de resíduos, tendo em vista contribuir com a sustentabilidade da atividade na região cariariense.

AGRADECIMENTOS

A UFCA pela concessão das bolsas de pesquisa. Este projeto também contou com o apoio da FUNCAP, através de recursos do Projeto transferência de nutrientes e metais traço entre bacias do semiárido cearense (Processo nº: BP2-0107-00009.01.00 / 15).

REFERÊNCIAS

- Balaton, V. T.; Gonçalves, P.S.; Ferrer, L.M. 2002. Incorporação de Resíduos Sólidos Galvânicos em Massa Cerâmica Vermelha. SENAI/SP. Revista Cerâmica Industrial, 7 (6).
- Borgo, S. C. 2005. Minimização e reciclagem de lodo galvânico e poeira de jateamento. 2005. 141 f. Dissertação. (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) Programa de Pós Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental. UFPR, 2005.
- Costa, T.C.; Santos, F.E.; Tavares, L.R.P. Potencialidade da contaminação por metais pesados procedente da indústria galvânica no município de Juazeiro do Norte/Ce. Juazeiro do Norte, Ce.
- Espinosa, D. C. R.; Tenório, J. A. S. Laboratory study of galvanic sludge's influence on the clinkerization process. Resources, Conservation and Recycling, v.31, p.71-82, 2000.
- Fernandes, L.S. C., 2005. Arranjo produtivo de joias e folheados de Juazeiro do Norte: Uma
- Lima, R. H. C., Estudo de formulação de massas através do controle da mistura: argilas aluvionares do pólo cerâmico de Russas-Ceará, Tese de Doutorado PPGGR-UNESP, Rio Claro –SP, 2009.
- Marques, L.M.L. 2000. Co-processamento de resíduos industriais em fornos de clínquer: aspectos do desempenho ambiental associados aos metais pesados. 122f. Dissertação (Mestrado) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.
- Naga, S.M., El-Maghraby, A., 2003. Industrial waste as raw materials for tile making, Silicates Industriels, v. 68, pp. 89-92.
- Oliveira, M.C.L., 2017. Caracterização de resíduos da indústria de galvanoplastia de Juazeiro do Norte. Juazeiro do Norte, Ce.
- SEMACE, 2007. Portaria no 154/02.
- SENAI. Serviço Nacional de Indústria. Manual de orientações técnicas básicas para a minimização de efluentes e resíduos na indústria galvânica. CNTL - Porto Alegre: Senai-RS, 2002.
- Silva, A.C.; Mello Castanho, S.R.H. 2003. Incorporação de resíduo galvânico em vidro silicato obtido a partir de finos de sílica. Anais do 47º Congresso Brasileiro de Cerâmica.15-18 julho/2003. João Pessoa-PB