



11º SIMPÓSIO
INTERNACIONAL
DE QUALIDADE
AMBIENTAL

02 A 04 DE
OUTUBRO
PORTO ALEGRE-RS
TEATRO DA PUCRS



TEMA
meio ambiente,
política & economia

OBTENÇÃO DE NÍQUEL E REMOÇÃO DE FERRO E CROMO CONTIDOS EM EFLUENTE DE INDÚSTRIA METAL-MECÂNICA

Ana Carolina Favero – anacfav@hotmail.com
Universidade La Salle
Av. Victor Barreto, 2288
CEP: 92010-000 – Canoas/RS

Bruno Matheus Favero – bmfavero@gmail.com
Universidade La Salle

Gelsa Edith Navarro Hidalgo – gelsaedith@ufrgs.br
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Silvio Roberto Taffarel – silvio.taffarel@unilasalle.edu.br
Universidade La Salle

Resumo: O estudo investigou a eficiência dos processos de filtração, ozonização e neutralização na obtenção de níquel e remoção de metais considerados como contaminantes (ferro, cromo, etc) de um efluente galvânico. Após os tratamentos realizados, observou-se a redução nas concentrações de níquel (101,02 mg/L), ferro (<0,1 mg/L) e cromo (<0,01 mg/L) no efluente líquido tratado. A amostra sólida obtida continha teores de 85,06% de NiO, 0,14% de Fe₂O₃ e 0,06% de Cr₂O₃, indicando a eficiência das técnicas utilizadas na obtenção de níquel e na redução das concentrações dos contaminantes.

Palavras-chave: Galvanoplastia, Níquel, Reúso.

OBTAINING NICKEL AND REMOVAL OF IRON/CHROMIUM CONTAINED IN EFFLUENT FROM METAL-MECHANICAL INDUSTRY

Abstract: The study investigated the efficiency of the filtration, ozonation and neutralization processes in obtaining nickel and the removal of metals considered as contaminants (iron, chromium, etc.) of a galvanic effluent. After the treatments, the reduction in concentration of nickel (101.02 mg/L), iron (<0.1 mg/L) and chromium (<0.01 mg/L) in the treated liquid effluent was observed. The solid sample obtained contained 85.06% NiO, 0.14% Fe₂O₃ and 0.06% Cr₂O₃, indicating the efficiency of the techniques used to obtain nickel and the reduction of contaminant concentrations.

Keywords: Electroplating, Nickel, Reuse.

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO
INTERNACIONAL
DE QUALIDADE
AMBIENTAL

02 A 04 DE
OUTUBRO
PORTO ALEGRE-RS
TEATRO DA PUCRS



TEMA
meio ambiente,
política & economia

1. INTRODUÇÃO

A galvanoplastia é um processo que consiste no depósito de finas camadas de um metal sobre superfícies de corpos metálicos ou não, por meios químicos ou eletroquímicos, a partir de soluções aquosas que contêm metais, tais como, cromo, níquel, cobre, zinco, cádmio, entre outros, seguidos de enxágues com água para limpeza (COSTA, 1998). O objetivo deste processo é garantir a proteção da peça tratada contra agentes corrosivos, aumento da espessura, melhoria da resistência mecânica, preparação para operações de soldagem, isolamento elétrico e aspectos decorativos (BURGESS, 1995; PUGAS, 2007).

Durante a galvanoplastia são consumidos grandes volumes de água, pois após cada etapa do processo galvânico as peças passam por uma sequência de banhos químicos (desengraxantes e decapantes, para limpeza das peças) e eletroquímicos (revestimento metálico das peças), seguidos por lavagens (CHEPCANOFF, 2001). Os efluentes gerados a partir desses banhos são extremamente poluidores, devido à grande quantidade de metais pesados encontrados em sua composição.

Com o intuito de estabelecer padrões e limites para os lançamentos de efluentes nos corpos d'água, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) criou a Resolução nº 430/2011, especificando os valores máximos de compostos orgânicos e inorgânicos presentes no efluente após tratamento. Para os metais níquel e ferro, as concentrações máximas permitidas são 2,0 mg/L e 15,0 mg/L, respectivamente. Quanto ao cromo, devem ser respeitados os valores máximos de 1,0 mg/L de Cr^{3+} e 0,1 mg/L de Cr^{6+} (BRASIL, 2011).

A remoção de metais dos efluentes galvânicos pode ser efetuada empregando-se técnicas como a precipitação química, adsorção em carvão, troca iônica e osmose reversa (METCALF & EDDY, 2016). A precipitação química é a tecnologia mais utilizada, devido ao custo reduzido e fácil execução. Esta técnica envolve o ajuste de pH do efluente, com ácido ou álcali, de forma a diminuir a solubilidade de metais dissolvidos e conseqüentemente precipitar os metais sob a forma de hidróxidos metálicos (CAVALCANTI, 2009).

Os processos oxidativos avançados (POAs) são uma alternativa a ser considerada no tratamento de efluentes industriais, inclusive para a remoção de metais. Caracterizam-se pela geração de radicais hidroxila ($\text{HO}\cdot$), altamente oxidantes e capazes de reagir praticamente com todas as classes de compostos orgânicos e inorgânicos (BUXTON et al., 1988; ALBUQUERQUE, 2005).

O ozônio (O_3) é muito utilizado nos POAs, pois é um gás instável, muito solúvel em água, de alto poder oxidante e com ação desinfetante mais intensa e mais rápida que o cloro (RITCHER & AZEVEDO NETTO, 2000). As reações de formação e decomposição do ozônio são apresentadas abaixo:



As reações (1), (2) e (3) representam a formação do ozônio. Na reação (3), M representa a molécula de gás utilizado para retirar o excesso de energia da reação para estabilização da molécula de ozônio, podendo ser O_2 , N_2 , etc (LEME, 2014). Na reação (4), o ozônio formado reage com água, originando radicais livres. As reações (5) e (6) apresentam a formação dos radicais livres HO_2 e HO , que promovem a oxidação dos metais em solução. Ao final do processo de oxidação há a formação de H_2O e O_2 , produtos atóxicos (reação (7)).

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO
INTERNACIONAL
DE QUALIDADE
AMBIENTAL

02 A 04 DE
OUTUBRO
PORTO ALEGRE-RS
TEATRO DA PUCRS



TEMA
meio ambiente,
política & economia

A precipitação de metais presentes nos efluentes galvânicos gera grande volume de lodo, classificado como resíduo classe I (perigoso), segundo a NBR 10004 (ABNT, 2004). Este lodo necessita de descarte adequado em centrais de disposição de resíduos industriais, representando um alto custo, pois o valor de disposição soma-se ao valor dispensado para adquirir a grande quantidade de metais descartada no lodo (BENVENUTI, 2012).

Assim, o reaproveitamento de metais com alto valor agregado contidos no lodo galvânico torna-se uma alternativa interessante tanto ao meio ambiente (diminuindo-se os resíduos sólidos destinados à natureza), quanto às indústrias, que terão ganhos econômicos com a reinserção do metal recuperado ao processo produtivo e com a diminuição do lodo a ser encaminhado para aterros licenciados.

Este trabalho teve como objetivo promover o reaproveitamento de níquel e remoção de ferro e cromo contidos em um efluente de uma indústria metal-mecânica. Foram investigados os processos de filtração, ozonização e neutralização, visando a separação e precipitação dos metais presentes no efluente.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Efluente

O efluente analisado é proveniente de uma indústria metal-mecânica localizada na região metropolitana de Porto Alegre. A amostra foi disponibilizada no Centro de Estudos Ambientais da Universidade La Salle, em Nova Santa Rita/RS e foi mantida em um galão plástico à temperatura ambiente para realização dos ensaios.

2.2 Reagentes

A neutralização e acidificação das amostras de efluente foram realizadas com solução de NaOH 1M (Dinâmica) e H₂SO₄ 1M (Synth), respectivamente. No preparo das soluções foi utilizada água deionizada (Milli-Q) e reagentes com grau analítico (P.A.).

2.3 Equipamentos

Na ozonização utilizou-se um concentrador de O₂ (Philips, modelo Everflo) e um ozonizador (Ecozon, modelo DCGO1). A filtração à vácuo foi realizada com uma bomba de sucção (Primatec, modelo 132). As medições de pH e do potencial de oxidação/redução das amostras líquidas (Eh) foram realizadas com pHmetro (Hanna, modelo HI 8424). A agitação do efluente durante a neutralização foi efetuada com agitador magnético (Fisatom, modelo 752), enquanto que a pesagem e secagem dos precipitados foram realizadas na balança analítica (BEL, modelo M214Ai) e na estufa (Gehaka, modelo G4023D), respectivamente.

2.4 Procedimento analítico

As análises das amostras sólidas foram realizadas por fluorescência de raios X - FRX (Shimadzu, modelo XRF 1800F) e microscopia eletrônica de varredura - MEV (Phenom, modelo Pro-X) acoplado ao sistema EDS (Oxford Instruments), enquanto que as amostras líquidas foram analisadas através de espectrômetro de emissão óptica com plasma acoplado indutivamente - ICP-OES (Agilent, modelo 710 Axial).

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO
INTERNACIONAL
DE QUALIDADE
AMBIENTAL

02 A 04 DE
OUTUBRO
PORTO ALEGRE-RS
TEATRO DA PUCRS



TEMA
meio ambiente,
política & economia

Filtração (Tratamento 1)

O efluente bruto contido no galão foi agitado para homogeneização e foi efetuada a medição do valor de pH. Como o efluente apresentava material sólido em suspensão, primeiramente foi realizada uma etapa de filtração. Utilizou-se um sistema de filtração a vácuo com membrana filtrante de acetato de celulose de 1,2µm. Neste procedimento foram separados 80 mL de amostra bruta, acidificada com solução de H₂SO₄ 1M até pH 1,11, para análise posterior. O restante da amostra foi filtrada a vácuo e teve o pH e Eh medido. O precipitado obtido foi seco na estufa à 105°C, por 1 hora e posteriormente pesado e analisado. Realizou-se a acidificação de uma amostra de 80 mL do efluente filtrado com solução de H₂SO₄ 1M, para análise posterior.

Ozonização (Tratamento 2)

A amostra de efluente filtrado foi submetida ao processo de ozonização para remoção de metais que são considerados contaminantes. A ozonização foi realizada com um concentrador de O₂ (que capta ar atmosférico, adsorve oxigênio e realiza a purga de nitrogênio e outros gases), acoplado a um ozonizador (que converte o O₂ em O₃). O sistema foi conectado a um erlenmeyer, onde adicionou-se 1,6 L de efluente filtrado, mantido sob agitação. Ajustou-se a vazão de oxigênio para 5 L/min e manteve-se o sistema fechado, para evitar a fuga de ozônio.

A amostra foi submetida ao processo de ozonização por 30 minutos. Mediu-se o pH e Eh do efluente ozonizado. Após a ozonização, efetuou-se a filtração a vácuo do efluente. O precipitado obtido foi seco na estufa à 105°C, por 1 hora, sendo posteriormente pesado e analisado. Foram tratados pelo processo de ozonização 4,8 L de efluente. Foi coletada também uma amostra de 80 mL de efluente ozonizado para análise.

Neutralização (Tratamento 3)

Após o processo de ozonização o efluente foi submetido a uma etapa de neutralização. Neste processo utilizou-se 1,25 L de efluente ozonizado. Ajustou-se o pH do efluente para 8,50 com solução de NaOH 1M, mantendo-se o sistema sob agitação por 15 minutos. Na sequência, o efluente neutralizado foi filtrado por gravidade para separação do precipitado formado, que posteriormente foi seco na estufa à 105°C, por 1 hora, pesado em balança analítica e analisado. Foi coletada também uma amostra de 80 mL de efluente obtido no processo de neutralização. A amostra foi acidificada e então analisada.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Caracterização das amostras líquidas de efluente

A caracterização do efluente galvânico líquido foi efetuada antes e após os ensaios de filtração, ozonização e neutralização. Os resultados das análises (apresentados na Tabela 1), indicam que o efluente bruto apresentava concentrações elevadas de níquel (1379,49 mg/L), sódio (864 mg/L) e boro (107 mg/L). Outros elementos, como o ferro (34,9 mg/L) e potássio (26,7 mg/L) também estavam presentes em concentrações consideráveis no efluente bruto. Observou-se que a concentração de cromo era baixa (0,77 mg/L).

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO
INTERNACIONAL
DE QUALIDADE
AMBIENTAL

02 A 04 DE
OUTUBRO
PORTO ALEGRE-RS
TEATRO DA PUCRS



TEMA
meio ambiente,
política & economia

Tabela 1 - Caracterização do efluente bruto e tratado após a filtração, ozonização e neutralização.

Parâmetro	Unidade	Efluente Bruto	Efluente após o tratamento (1)	Efluente após o tratamento (2)	Efluente após o tratamento (3)
Alumínio Total	mg Al/L	0,23	0,2	0,18	<0,05
Bário Total	mg Ba/L	0,04	0,03	0,04	0,03
Berílio Total	mg Be/L	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004
Bismuto Total	mg Bi/L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Boro Total	mg B/L	107	73,1	123	73,1
Cádmio Total	mg Cd/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Cálcio Total	mg Ca/L	19,1	11,5	3,59	3,34
Chumbo Total	mg Pb/L	0,12	0,09	0,12	<0,01
Cobalto Total	mg Co/L	1,16	0,86	1,33	0,14
Cobre Total	mg Cu/L	0,22	0,03	<0,009	<0,009
Cromo Total	mg Cr/L	0,77	0,05	<0,01	<0,01
Escândio Total	mg Sc/L	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Estanho Total	mg Sn/L	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Estrôncio Total	mg Sr/L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Ferro Total	mg Fe/L	34,9	1,6	<0,1	<0,1
Ítrio Total	mg Y/L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Lantânio Total	mg La/L	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Lítio Total	mg Li/L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Magnésio Total	mg Mg/L	2,03	1,63	1,99	1,57
Manganês Total	mg Mn/L	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025
Molibdênio Total	mg Mo/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Níquel Total	mg Ni/L	1379,49	1028,29	1595,51	101,02
Potássio Total	mg K/L	26,7	20,6	31,2	31,9
Prata Total	mg Ag/L	0,015	0,005	<0,005	0,005
Sódio Total	mg Na/L	864	666	1253	2297
Telúrio Total	mg Te/L	0,41	0,34	0,5	<0,3
Titânio Total	mg Ti/L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Tungstênio Total	mg W/L	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Vanádio Total	mg V/L	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Zinco Total	mg Zn/L	8,11	6,26	9,61	0,63
Zircônio Total	mg Zr/L	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
pH	-	6,5	6,95	6,98	8,5

Após a filtração (tratamento 1), verificou-se a diminuição na concentração de todos os elementos que compõem o efluente, à exceção daqueles presentes em concentrações muito reduzidas ($\leq 0,2$ mg/L), que permaneceram constantes. Nesta etapa, observaram-se concentrações de 1028,29 mg/L de níquel, 666 mg/L de sódio e 73,1 mg/L de boro.

Foi verificado o aumento do pH do efluente filtrado (de 6,50 a 6,95) e a redução da concentração de ferro na amostra (de 34,9 mg/L no efluente bruto para 1,60 mg/L após a filtração). A redução da concentração de ferro no efluente justifica-se pelo comportamento do Fe^{2+} em solução, que em pH acima de 4,5 começa a ser oxidado por oxigênio dissolvido a Fe^{3+} , precipitando totalmente

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO
INTERNACIONAL
DE QUALIDADE
AMBIENTAL

02 A 04 DE
OUTUBRO
PORTO ALEGRE-RS
TEATRO DA PUCRS



TEMA
meio ambiente,
política & economia

acima de pH 7,0 (PONTE, 2017). Além disso, o potencial de oxidação-redução do efluente filtrado (+ 0,5 mV), indicava condições oxidantes do meio.

A redução da concentração de cromo no efluente filtrado (de 0,77 mg/L para 0,05 mg/L) deve-se à diferença entre o valor de pH deste efluente (pH 6,95) e a faixa de pH de precipitação do cromo como hidróxido, que inicia em pH 4,5 até 8,5, conforme a concentração da espécie no efluente (METCALF & EDDY, 2016).

Durante a ozonização (tratamento 2), o pH do efluente permaneceu praticamente constante (pH 6,98). O potencial de oxidação-redução medido foi de -1,8 mV, indicando condições redutoras do meio. Reduções consideráveis nas concentrações de ferro (<0,1 mg/L) e cromo (<0,01 mg/L) foram observadas. Em contrapartida, verificou-se o aumento da concentração de níquel (1595,51 mg/L), sódio (1253 mg/L) e boro (123 mg/L). As variações na concentração dos elementos justificam-se em razão da complexidade dos caminhos possíveis das reações de ozonização, que não permitem prever todos os subprodutos que podem ser gerados em uma determinada aplicação (ANGIOLETTO et al., 2016).

Embora a análise das amostras líquidas por ICP-OES tenha indicado que as concentrações de manganês mantiveram-se constantes durante os tratamentos 1, 2 e 3, observou-se na análise das amostras sólidas por FRX que durante a etapa de ozonização ocorreu uma considerável remoção desse metal, fato comprovado pelo percentual de manganês na amostra sólida obtida após a ozonização (13,68%).

Na etapa de neutralização (tratamento 3), o pH do efluente foi ajustado para 8,50 para possibilitar a precipitação seletiva do níquel, presente em grande concentração no efluente. Os resultados indicam que o reaproveitamento de níquel foi satisfatório, pois após a neutralização, a concentração de níquel no efluente foi reduzida a 101,02 mg/L, indicando um percentual de remoção de 92,68%.

Ao final do processo de neutralização observou-se a redução das concentrações de praticamente todos os elementos que compõem a amostra de efluente, à exceção do sódio. O aumento da concentração deste elemento foi devido à utilização de solução de NaOH 1M em excesso para a precipitação de níquel. Após o processo de neutralização, o sódio adicionado em excesso permaneceu em solução, aumentando a concentração desse elemento no efluente.

Destaca-se que no caso dos elementos cromo (<0,01 mg/L) e ferro (<0,1 mg/L), as concentrações verificadas na etapa de ozonização e neutralização mantiveram-se constantes. De qualquer modo, após os tratamentos, as concentrações desses elementos no efluente atenderam aos limites estabelecidos na Resolução CONAMA 430/11 para as espécies Cr^{3+} (1,00 mg/L), Cr^{6+} (0,10 mg/L) e para o ferro total (15 mg/L).

Quanto ao níquel, os tratamentos realizados não foram suficientes para enquadrar a concentração desse metal aos limites previstos pela legislação brasileira (2,0 mg/L), pois após a neutralização, a concentração de níquel no efluente permaneceu elevada (101,02 mg/L). Uma alternativa a ser considerada seria a realização do processo de neutralização do efluente a um pH mais elevado, pois a faixa de pH de precipitação do níquel varia de 7,5 a 10,0 (CAVALCANTI, 2009).

3.2 Caracterização das amostras sólidas obtidas

Filtração

Após a filtração do efluente bruto obteve-se uma amostra sólida de massa 0,8675 g e coloração marrom alaranjada. Para identificação das substâncias que compõem a amostra sólida, efetuou-se a análise por FRX. A Figura 1 apresenta os resultados obtidos.

Realização

ABES-RS



Correalização

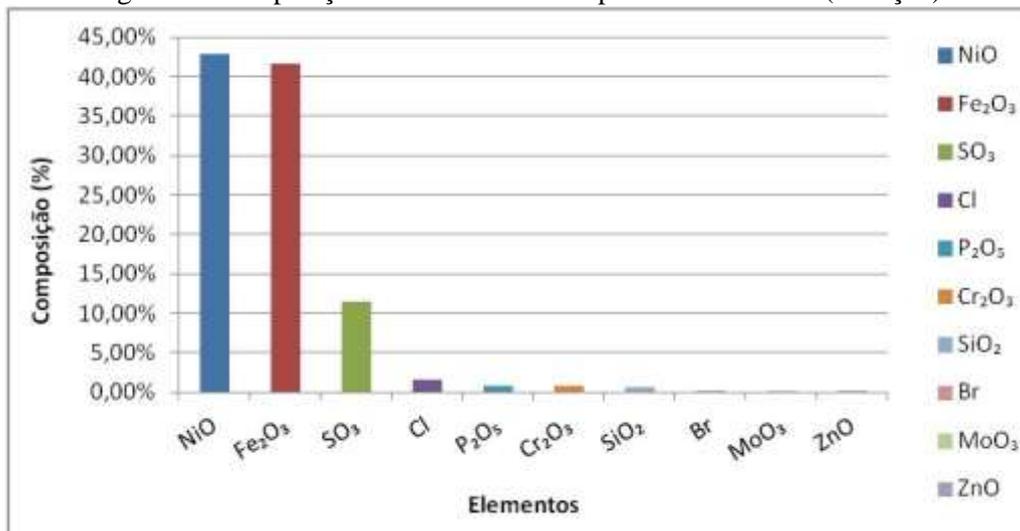


Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375



Figura 1 - Composição da amostra sólida após o tratamento 1 (filtração).

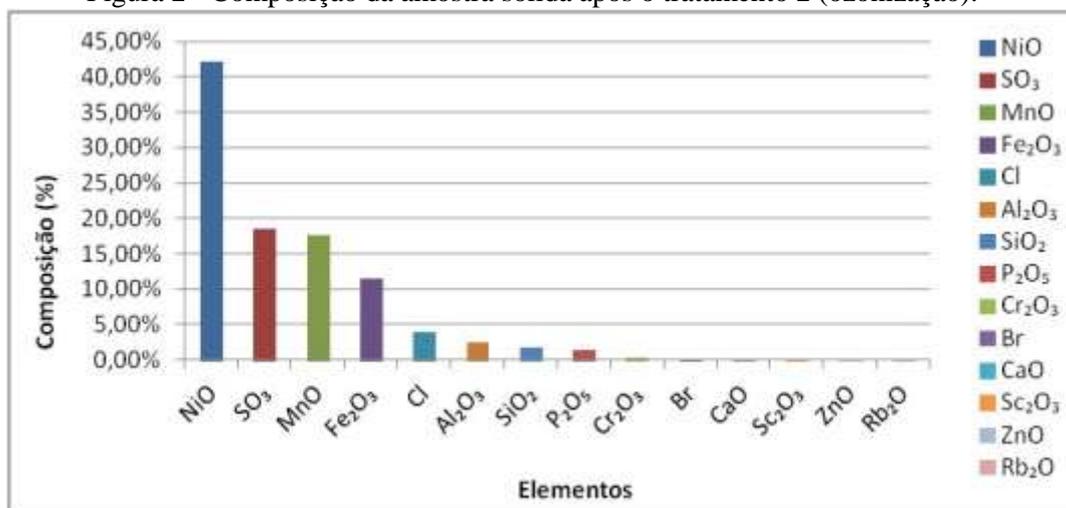


A partir da análise, constatou-se que a amostra sólida obtida após a filtração era composta principalmente por NiO (42,79%) e Fe₂O₃ (41,69%), que totalizam 84,48% da amostra. Considerando os elementos níquel e ferro isoladamente, foi observado que a amostra apresentava 33,62% de níquel e 14,58% de ferro. A elevada concentração de ferro na amostra sólida indicou que o processo de filtração removeu a maior parcela deste metal contida no efluente. O mesmo ocorreu com o cromo, presente em 0,28% da amostra sólida. A precipitação do ferro contido na amostra sólida foi possibilitada devido ao pH de precipitação característico desse elemento (que varia de valores acima de 4,5 até 7,0, conforme a espécie de ferro analisada), e em razão do baixo produto de solubilidade do ferro ($3,8 \times 10^{-38}$), mesmo na presença de outros íons em solução (VOGEL, 1981).

Ozonização

Nesta etapa, o ozônio dissolvido no efluente atuou na oxidação de íons metálicos em suspensão, inertizando-os e/ou promovendo sua transformação em óxidos metálicos. A Figura 2 apresenta os resultados da análise da amostra sólida por FRX.

Figura 2 - Composição da amostra sólida após o tratamento 2 (ozonização).

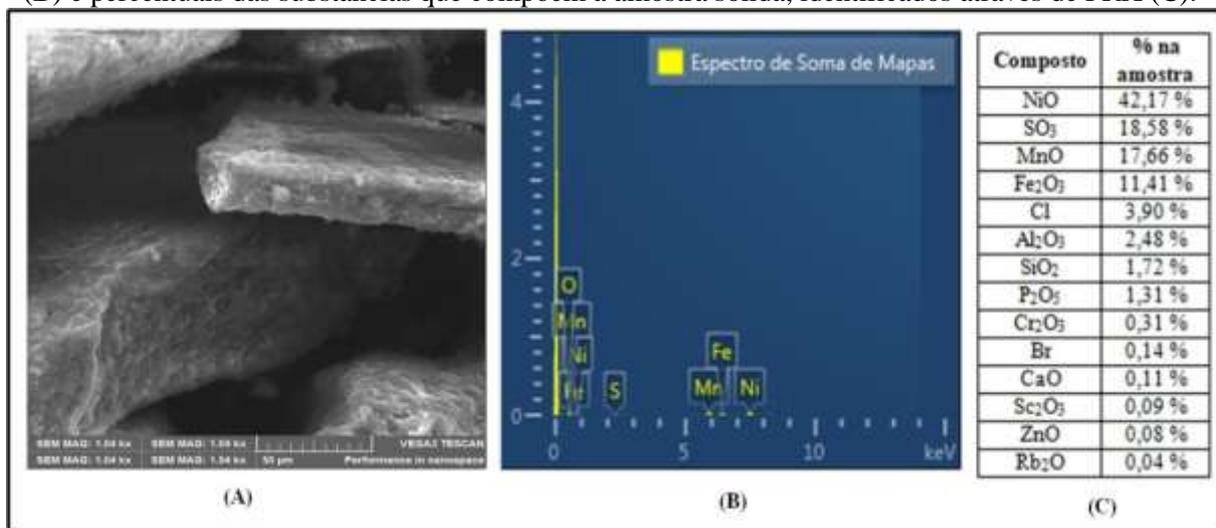


Ao final do processo de ozonização do efluente, obteve-se um precipitado de 0,169 g, de coloração marrom escuro. A partir da análise por FRX, foi possível identificar que esse precipitado era composto principalmente por NiO (42,17%), SO₃ (18,58%), MnO (17,66%) e Fe₂O₃ (11,41%). Os percentuais dos elementos na amostra foram de 33,14% de níquel, 13,68% de manganês, 7,44% de enxofre e 3,99% de ferro.

Verificou-se que o tratamento com ozônio foi especialmente eficaz na remoção de metais como o fósforo, zinco e manganês, uma vez que não foi detectada a presença desses metais na análise da amostra sólida subsequente (após a neutralização). Ocorreu também a remoção de cromo, presente em 0,11% da amostra analisada.

A análise das amostras sólidas por FRX foi efetuada em conjunto com a análise por MEV/EDS, para a identificação dos átomos que compõem a superfície do sólido. Os resultados das análises são apresentados na Figura 3.

Figura 3 - Imagem MEV da amostra sólida após ozonização - aumento de 1000x (A), espectro EDS (B) e percentuais das substâncias que compõem a amostra sólida, identificados através de FRX (C).



Observando-se o espectro EDS apresentado na Figura 3, verifica-se que a superfície da amostra é composta por átomos de oxigênio, manganês, níquel, ferro e enxofre. Essa informação foi confirmada através da análise de FRX, que identificou a presença de NiO, SO₃, MnO e Fe₂O₃, que compõem a quase totalidade da amostra sólida (89,82%) e que, por sua vez, são formados por átomos identificados no espectro EDS.

Neutralização

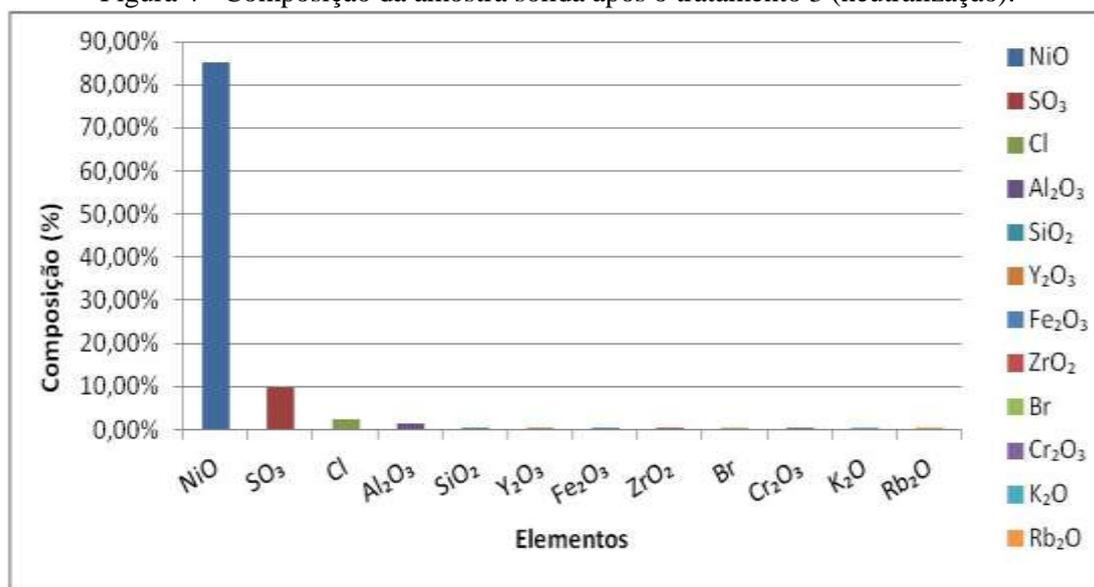
A análise da amostra líquida de efluente ozonizado por ICP-OES comprovou que o efluente ainda continha elevada concentração de níquel antes da etapa de neutralização. Considerando-se esse aspecto, elevou-se o pH da amostra para 8,50, possibilitando a precipitação do níquel em solução.

A escolha do pH de precipitação do níquel baseou-se em estudos como o de Kurniawan et al. (2006), que verificou que o aumento do pH do efluente contendo níquel para valores de 7,5 a 10,5 com o emprego de soluções alcalinas, permite obter um precipitado com até 85% de níquel puro. Ao final do processo de neutralização, obteve-se um precipitado de coloração esverdeada, pesando 4,7416 g.

A análise da amostra sólida por FRX indicou que o precipitado era composto principalmente por NiO (85,06%), com um teor de níquel de 66,84%. Identificou-se também a presença de SO₃ (9,92%) e Cl (2,53%) na amostra, com um percentual de 3,97% de enxofre.

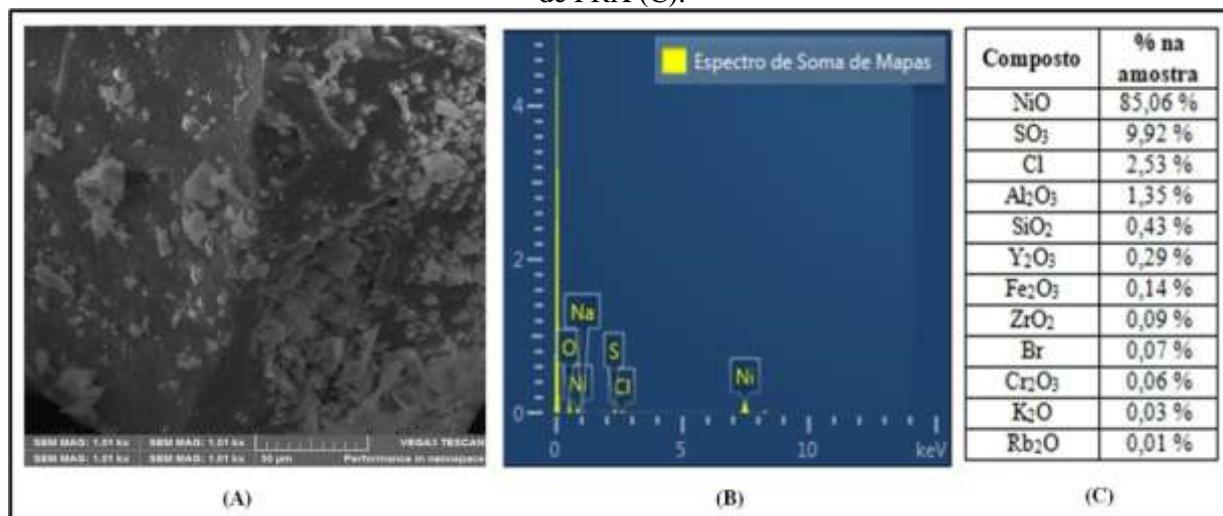
Comparando-se as amostras sólidas obtidas após a ozonização e neutralização, foi observada a redução dos percentuais de ferro e cromo presentes nos sólidos, passando de 11,41% para 0,14% de Fe₂O₃ e 0,31% para 0,06% de Cr₂O₃ nas amostras. Os percentuais desses metais na amostra sólida (após neutralização) foram de 0,02% de cromo e 0,05% de ferro. A Figura 4 apresenta os resultados obtidos após análise por FRX.

Figura 4 - Composição da amostra sólida após o tratamento 3 (neutralização).



Além da análise por FRX, realizou-se a análise da amostra sólida via MEV/EDS, para determinação dos átomos presentes na superfície do sólido. A Figura 5 apresenta os resultados obtidos.

Figura 5 - Imagem MEV da amostra sólida após a neutralização do efluente - aumento de 1000x (A), espectro EDS (B) e percentuais das substâncias que compõem a amostra sólida, identificados através de FRX (C).





11º SIMPÓSIO
INTERNACIONAL
DE QUALIDADE
AMBIENTAL

02 A 04 DE
OUTUBRO
PORTO ALEGRE-RS
TEATRO DA PUCRS



TEMA
meio ambiente,
política & economia

O espectro EDS da amostra sólida evidencia a presença de átomos de níquel, oxigênio, sódio, enxofre e cloro na superfície do sólido analisado. Comparando-se os elementos que constam no espectro EDS e os compostos detectados através da técnica de FRX, verifica-se que, à exceção do sódio, os átomos presentes na superfície do sólido compõem também a maior parte dos compostos identificados no interior da amostra (NiO, SO₃ e Cl).

A presença de átomos de sódio na superfície da amostra analisada se deve ao excesso de solução de NaOH 1 M utilizada durante a neutralização do efluente. A solução foi adicionada em excesso para assegurar a precipitação do níquel contido no efluente. Conforme verificou-se na análise por ICP-OES, a maior parcela de sódio permaneceu em solução após a neutralização do efluente, indicando que o sódio presente na superfície do sólido é residual.

Analisando-se a amostra sólida obtida após o processo de neutralização, observa-se que os tratamentos propostos foram eficazes na obtenção de níquel, pois o precipitado obtido apresenta 66,84% de níquel em sua composição, indicando que o metal recuperado possui considerável pureza. Pelo fato dos metais cromo e ferro estarem presentes na amostra sólida em um percentual muito reduzido (0,02% de cromo e 0,05% de ferro), observa-se que sua remoção foi satisfatória.

4. CONCLUSÕES

O presente estudo demonstrou que os tratamentos de filtração, ozonização e neutralização são eficazes na recuperação do níquel contido em efluentes galvânicos, obtendo-se ao final do processo de neutralização um precipitado com 66,84% de níquel em sua composição. O reaproveitamento de níquel foi igualmente observado durante a análise das amostras líquidas por ICP-OES, onde verificou-se a remoção de 92,68% deste elemento contido no efluente galvânico.

Os tratamentos propostos neste estudo também apresentaram desempenho satisfatório na remoção de ferro e cromo contidos no efluente galvânico. Ao final dos processos, as concentrações de cromo e ferro foram, respectivamente, <0,01 mg/L e <0,1 mg/L, valores muito reduzidos quando comparados às concentrações desses elementos no efluente bruto.

Foi possível adequar as concentrações finais de cromo e ferro presentes no efluente galvânico aos limites estabelecidos na legislação brasileira para o lançamento de efluentes nos corpos d'água (Resolução CONAMA 430/11). Entretanto, mesmo após a realização dos tratamentos propostos, a concentração de níquel no efluente era elevada (101,02 mg/L), sendo superior ao valor previsto na legislação brasileira. Uma alternativa que pode ser implementada em estudos futuros é a investigação da eficiência da precipitação de níquel em valores de pH superiores à 8,50. De qualquer forma, o modelo de tratamento estudado neste artigo demonstrou ser eficiente na remoção de cromo e ferro e na recuperação de níquel contido no efluente galvânico, pois ao final dos tratamentos, obteve-se um precipitado rico em níquel e com considerável grau de pureza.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo benefício CAPES/PROSUC (taxas escolares) concedido.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, L. F. **Estudo da oxidação do metabissulfito de sódio contido no efluente da carcinicultura**. Natal, 98 p., 2005. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO
INTERNACIONAL
DE QUALIDADE
AMBIENTAL

02 A 04 DE
OUTUBRO
PORTO ALEGRE-RS
TEATRO DA PUCRS



TEMA
meio ambiente,
política & economia

ANGIOLETTO, Elídio; CARVALHO, Elita Fontenele Urano; BIAZINI FILHO, Francisco Luiz; LAGE FILHO, Frederico A.; RIELLA, Humberto Gracher; SANTOS, Ivan; DEPINTOR, José Carlos; BOSCOV, Maria Eugenia Gimenez; MENASCE, Samy. **Ozônio na recuperação de solos e recursos hídricos contaminados por mineração**. Criciúma: UNESC, 2016. 247 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: Resíduos sólidos: classificação. Rio de Janeiro: Abnt, 2004. 71 p.

BENVENUTI, T. **Avaliação da eletrodialise no tratamento de efluentes de processos de eletrodeposição de níquel**. Porto Alegre, 130 p., 2012. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

BROWN, Theodore L.; LEMAY, H. Eugene; BURSTEN, Bruce E.; BURDGE, Julia R. **Química: a ciência central**. São Paulo: Pearson, 2005. 1152 p.

BRASIL. **Resolução Conama nº 430, de 13 de maio de 2011**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res11/res43011.pdf>>. Acesso em: 11 ago. 2017.

BURGESS, William A. **Recognition of health hazards in industry: a review of materials and processes**. New York: John Wiley & Sons, 1995. 560 p.

BUXTON, G. V.; GREENSTOCK, C. L.; HELMAN, W. P.; ROSS, A. B. Critical review of rate constants for reactions of hydrated electrons, hydrogen atoms and hydroxyl radicals ($\bullet\text{OH}/\bullet\text{O}$) in aqueous solution. **Journal of Physical and Chemical Reference Data**, v. 17, p. 513-886, 1988.

CAVALCANTI, José Eduardo. **Manual de tratamento de efluentes industriais**. São Paulo: Engenho, 2009. 453 p.

COSTA, C. A. **Sorção de íons cobre, níquel e zinco com rejeito do beneficiamento de carvões e outros materiais alternativos**. Porto Alegre, 64 p., 1998. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

CHEPCANOFF, V. **Separação e recuperação de cromo e outros elementos de valor em soluções de trabalho e resíduos industriais de galvanoplastia por troca iônica**. São Paulo, 66 p., 2001. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares.

KURNIAWAN, T. A.; CHAN, G. Y. S.; HUNGLO, W.; BABEL, S. Physico-chemical treatment techniques for wastewater laden with heavy metals. **Chemical Engineering Journal**, v. 118, p. 83-98, 2006.

LEME, Edson José de Arruda. **Manual prático de tratamento de águas residuárias**. São Carlos: Edufscar, 2014. 599 p.

MACCHI, G.; PAGANO, M.; PETTINE, M.; SANTORI, M.; TIRAVANTI, G. A bench study on chromium recovery from tannery sludge. **Water Research Institute**. v. 25, n. 8, p. 1019-1026, 1991.

METCALF, Leonard; EDDY, Harrison. **Tratamento de efluentes e recuperação de recursos**. Porto Alegre: AMGH, 2016. 1980 p.

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO
INTERNACIONAL
DE QUALIDADE
AMBIENTAL

02 A 04 DE
OUTUBRO
PORTO ALEGRE-RS
TEATRO DA PUCRS



TEMA
meio ambiente,
política & economia

NETO, A. P.; BRETZ, J. S.; MAGALHÃES, F. S.; MANSUR, M. B.; ROCHA, S. D. F. Alternativas para o tratamento de efluentes da indústria galvânica. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 3, p. 263-270, 2008.

NUNES, José Alves. **Tratamento físico-químico de águas residuárias industriais**. Aracajú: J. Andrade, 2004. 298 p.

PONTE, H. A. **Tratamento de efluentes líquidos de galvanoplastia**. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/80098018/Tratamento-de-Efluentes>>. Acesso em: 02 dez. 2017.

PUGAS, M. S. **Íons de metais pesados Ni, Cu e Cr em área impactada por resíduo de galvanoplastia na região metropolitana de São Paulo - SP**. São Paulo, 95 p., 2007. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo.

RITCHER, Carlos A.; AZEVEDO NETTO, José Martiniano. **Tratamento de água - tecnologia atualizada**. São Paulo: Edgard Blücher, 2000. 332 p.

SILVA, A. M. **Remoção do manganês de efluentes industriais utilizando calcário**. Ouro Preto, 91 p. 2007. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Ouro Preto e Universidade Estadual de Minas Gerais.

SKOOG, Douglas A; WEST, Donald M.; HOLLER, F. James; CROUCH, Stanley R. **Fundamentos de química analítica**. São Paulo: Thomson, 2005. 999 p.

VOGEL, Arthur Israel. **Química Analítica Qualitativa**. São Paulo: Mestre Jou, 1981. 659 p.

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375