



1. INTRODUÇÃO

A crescente utilização de recursos naturais tem gerado preocupação, tanto pela possibilidade de sua escassez eminente, quanto por danos ambientais consequentes de resíduos gerados em processos industriais. A galvanoplastia, revestimento de superfícies de um metal por outro metal, é um processo industrial muito empregado que tem o lodo galvânico como resíduo. Este apresenta risco a saúde pública e ao meio ambiente, em função de características como inflamabilidade, corrosividade, reatividade, patogenicidade e toxicidade. Sua composição pode ser muito diversa, dependendo da especificidade do processo que lhe deu origem, podendo conter teores elevados de metais pesados. Esses metais podem ser imobilizados em corpos cerâmicos, propiciando características desejáveis a novos materiais.

2. OBJETIVO

Avaliar a imobilização dos metais presentes no lodo galvânico em corpos cerâmicos vitrificados.

3. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Para este trabalho, foi empregado lodo galvânico fornecido por metalúrgica localizada no Vale do Rio dos Sinos, o qual foi seco a 105°C e utilizado para as formulações com vidro sodocálcico. Os materiais moídos em moinho de bolas foram passantes em peneira de 80 mesh. Após preparação, foi realizada caracterização química, granulométrica e comportamento térmico. Foram preparadas formulações com o vidro, empregando 1, 5, 10 e 20% em peso de lodo. As formulações foram prensadas a 20MPa e queimadas em três diferentes temperaturas, 750, 800 e 850°C (Figura 1). Para classificação do lodo e avaliação da imobilização dos metais, foram utilizadas as normas NBR 10005 – lixiviação; NBR 10006 – solubilização. Os teores de metais obtidos foram avaliados de acordo com os limites estabelecidos pela NBR 10004.



Figura 1: Fluxograma do procedimento experimental adotado neste trabalho.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização Química - Fluorescência de Raios X

O resultado da análise de fluorescência de raios X, demonstra que enxofre e silício são encontrados em maior quantidade, sendo ferro, cobre, zinco os metais com maiores teores (Tabela 1). A análise do vidro está de acordo com o esperado para um vidro sodocálcico.

Tabela 1: Resultados obtidos para o lodo na análise de FRX.

Óxido	% Lodo Galvânico	% Vidro Sodocálcico
K ₂ O	0,05	0,71
CaO	0,50	12,95
MgO	0,17	1,11
CuO	4,88	-
ZnO	2,84	-
Fe ₂ O ₃	12,63	0,64
Na ₂ O	0,21	12,48
Cr ₂ O ₃	0,65	-
NiO	1,92	-
Al ₂ O ₃	0,41	1,62
MoO ₃	0,03	-
SO ₃	53,43	-
SiO ₂	21,89	70,24
P ₂ O ₅	0,39	0,05
TiO ₂	-	0,10
MnO	-	0,06

4.2 Análise granulométrica

A Figura 2 apresenta os diâmetros das partículas nos percentuais menores que 10%, 50% e 90%, além dos diâmetros médios, tanto para o vidro como para o lodo.

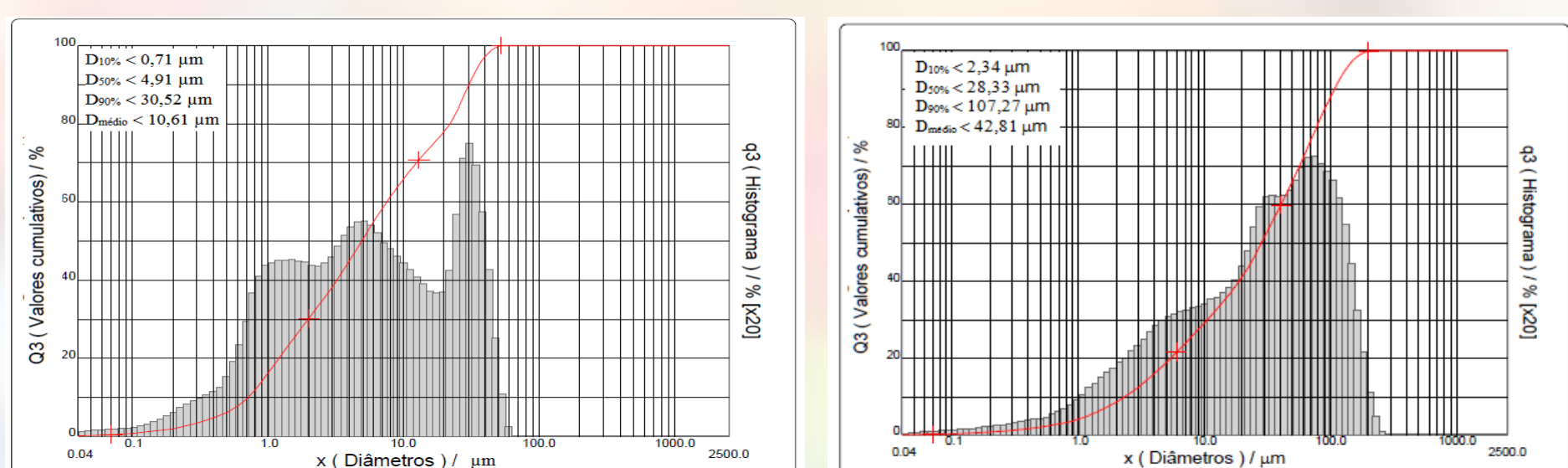


Figura 2: Análise granulométrica (a) lodo galvânico, (b) vidro sodocálcico

4.3 Análise termogravimétrica

O lodo apresentou perda de massa até 900°C. A perda ocorrida de 100°C a ~350°C (40%) pode ser associada a perda de água de ligação, além de estar de acordo com características de decomposição do metabissulfato de sódio, usualmente empregado em processos galvânicos para redução do cromo hexavalente. A porcentagem de cinzas restante ao final do processo foi de aproximadamente 49%. Já a perda de massa do vidro foi inferior a 0,5%.

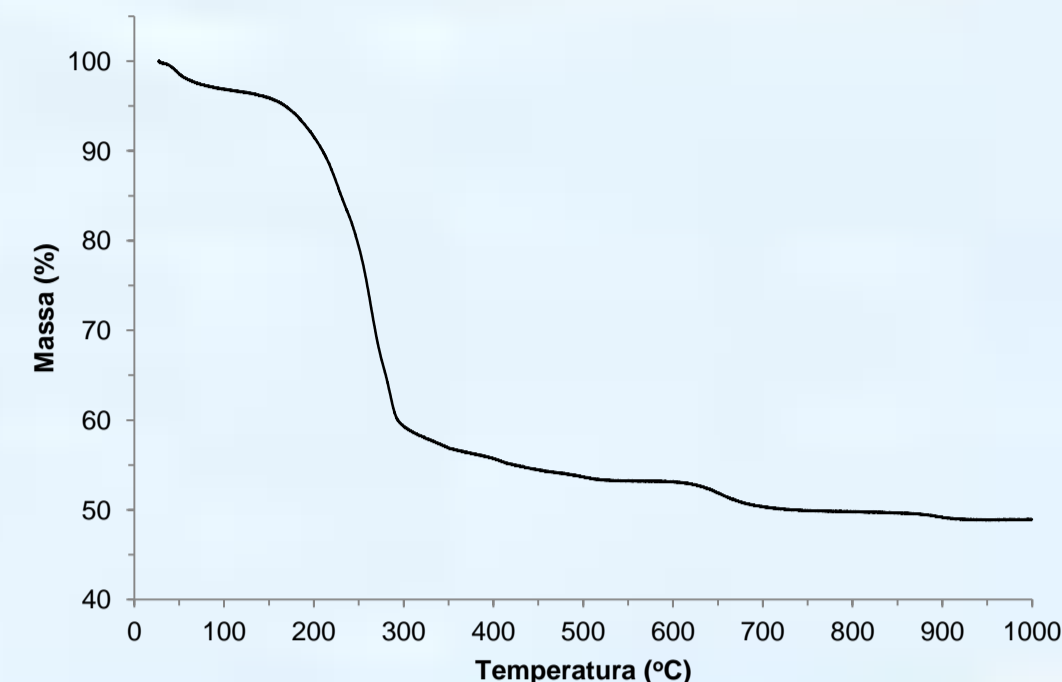


Figura 3: Análise termogravimétrica do lodo

4.4 Ensaio de lixiviação – NBR 10005

O ensaio de lixiviação do lodo apresentou inconformidade com limites previstos pela norma NBR 10004, apenas para o teor de Selênio, como apresentado na Tabela 2, sendo então classificado como resíduo Perigoso, Classe I.

Tabela 2: Resultados obtidos no ensaio de lixiviação e limites estabelecidos pela NBR 10004

Elementos	Valores obtidos	Valores NBR 10004
	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹
Ba	0,05	70
Cd	< 0,002	0,5
Pb	< 0,01	1
Cr total	0,44	5
Ag	< 0,01	5
Se	1,3	1

4.5 Ensaio de lixiviação dos corpos-de-prova – NBR 10005

O ensaio de lixiviação demonstrou que todas as amostras analisadas ficaram dentro dos limites previstos pela norma NBR 10004 para este ensaio. O resultado deste ensaio indica que os corpos de prova se comportam como um resíduo classe II.

4.6 Ensaio de solubilização dos corpos de prova – NBR 10006

O ensaio de solubilização forneceu valores de cromo e sódio superiores aos permitidos para algumas amostras, conforme apresentado na Tabela 3. Os menores teores de cromo foram obtidos nas maiores temperaturas de queima. Já os teores de sódio acima do limite foram obtidos para a formulação de 20% de lodo. O resultado deste ensaio indica que, com exceção da formulação de 1% a 850°C, os corpos de prova se comportaram como um resíduo classe II- não inerte.

Tabela 3: Resultados obtidos na análise de lixiviação dos corpos de prova com diferentes formulações e temperaturas de queima.

	mg/L de elemento												NBR 10004	
	F1			F5			F10			F20				
	750°C	800°C	850°C	750°C	800°C	850°C	750°C	800°C	850°C	750°C	800°C	850°C		
Cu	0,01	< 0,004	< 0,004	0,01	< 0,004	< 0,004	0,01	< 0,004	< 0,004	0,01	< 0,004	< 0,004	0,01	2,0
Zn	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	5,0
Ag	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,05
Se	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	0,01
Cd	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	0,005
Cr	0,06	0,08	0,04	0,5	0,52	0,36	1,3	1,1	0,48	26	6,7	1,2	0,05	0,05
Pb	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01
Al	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	0,20
Na	11	17	28	28	46	52	57	65	74	740	252	118	200,0	200,0
Fe	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	0,3
Ba	< 0,01	< 0,01	0,03	0,01	0,01	0,03	0,01	0,02	0,02	0,02	0,04	0,02	0,02	0,7
Mn	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	0,1

5. CONCLUSÕES

Embora o selênio tenha sido o elemento responsável pela classificação deste lodo como perigoso, o mesmo evapora a 685°C e sublima na forma de seus óxidos na temperatura de 320°C. Sabe-se que o selênio é empregado como colorante em processo de fabricação de vidro, e sua incorporação é de dificuldade conhecida. Neste trabalho, houve perda de selênio durante as queimas estudadas. Quanto ao cromo, os ensaios não foram conclusivos, de modo que terão que ser testadas queimas em temperaturas mais altas, pois percebe-se pelos resultados que, quanto mais alta a temperatura, menor é o teor de cromo obtido no lixiviado. Além disso, também serão testadas novas formulações com outros tipos de vidros (borossilicato, por exemplo) e adição de novos materiais com diferentes características, para verificar a possibilidade de maior imobilização do cromo.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o suporte do CNPq, da ANP e da UFRGS.