



**SNPTEE  
SEMINÁRIO NACIONAL  
DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA**

GIA-25  
19 a 24 Outubro de 2003  
Uberlândia - Minas Gerais

**GRUPO XI  
GRUPO DE ESTUDO DE IMPACTOS AMBIENTAIS - GIA**

### **REUTILIZAÇÃO DO BAUXITO IMPREGNADO COM ÓLEO MINERAL ISOLANTE EM CERÂMICA VERMELHA**

**Josélia E. A. Piluski\*  
ELETROSUL**

**Dachamir Hotza  
UFSC**

#### **RESUMO**

O óleo mineral isolante usado em transformadores quando atinge os limites especificados por normas técnicas, deve ser regenerado.

O bauxito ativado é utilizado como meio adsorvente em percoladores, durante a regeneração de óleo mineral isolante. Após o processo de regeneração, obtém-se o óleo mineral isolante, com características físico-químicas similares ao óleo novo, e o bauxito saturado impregnado com óleo mineral isolante.

Segundo a norma NBR 10004, o bauxito impregnado com óleo mineral isolante é um resíduo Classe I, pois apresenta concentração de fenol e hidrocarbonetos acima da concentração definida pela mesma norma. Portanto, trata-se de um resíduo perigoso, nocivo ao ser humano e ao meio ambiente.

No presente trabalho, desenvolveu-se uma forma de reutilização do bauxito impregnado com óleo mineral isolante através de sua incorporação, em diferentes concentrações, à massa de cerâmica vermelha.

Este reaproveitamento tem como objetivo a eliminação do envio do resíduo da regeneração de óleo mineral isolante a aterros industriais e conseqüentemente a eliminação do impacto negativo causado ao Meio Ambiente.

**PALAVRAS CHAVE:** Óleo mineral isolante, bauxito, regeneração, cerâmica vermelha, tijolo.

#### **1 INTRODUÇÃO E OBJETIVOS**

O óleo mineral isolante é um derivado do petróleo, utilizado em equipamentos elétricos (transformadores, reatores, comutadores, disjuntores, etc.). O processo de oxidação do óleo inicia logo após o enchimento do equipamento na fábrica. Tal processo tem início quando o oxigênio dissolvido no óleo reage com os

hidrocarbonetos instáveis, na presença de catalisadores como cobre e ferro existentes nos equipamentos. Este processo de oxidação é acelerado quando o equipamento entra em operação, devido às perdas dielétricas que se convertem em calor, ocasionando a degradação térmica.

Os produtos finais resultantes são compostos ácidos e, em um estágio mais avançado de oxidação, há a formação de borra, que se deposita nos trocadores de calor e na parte ativa dos equipamentos. Estes depósitos dificultam o processo de convecção do óleo e a troca térmica do sistema espira / óleo, resultando em superaquecimento, diminuindo, assim, a eficiência do sistema de isolamento óleo / papel e conseqüentemente a vida útil do equipamento.

A regeneração do óleo mineral isolante é o processo que elimina, por métodos químicos e/ou por adsorção, contaminantes ácidos e coloidais e produtos de deterioração do óleo, de forma a se obter um produto com características similares às características do óleo novo. A regeneração do óleo mineral isolante com o bauxito ativado, meio adsorvente, recupera as características físico-químicas originais do óleo removendo seus produtos de oxidação e gerando um resíduo Classe I, o bauxito impregnado com óleo mineral isolante. Atualmente o bauxito impregnado com óleo mineral isolante é depositado em aterros industriais, acarretando despesas e conseqüente elevação do custo da regeneração do óleo mineral isolante.

De maneira geral, objetiva-se desenvolver uma metodologia adequada para o aproveitamento de tal resíduo, incorporando-o ao processo produtivo de cerâmica vermelha.

## 2 CARACTERIZAÇÃO DO BAUXITO ATIVADO, DO BAUXITO IMPREGNADO COM ÓLEO MINERAL ISOLANTE E DA ARGILA

O bauxito analisado é proveniente da Mineradora Curimbaba em Poços de Caldas, Minas Gerais e a argila AC12, *in natura*, fornecida pela Colorminas, de Criciúma, Santa Catarina.

Diversos ensaios de laboratório foram realizados com a finalidade de melhor caracterizar as amostras supracitadas, através de uma seqüência de ensaios específicos, com o objetivo de enquadrá-las em determinados usos industriais.

### 2.1 Teste de atividade de azobenzeno para argilas, segundo astm d 2007/01

O teste de atividade de azobenzeno para argilas foi realizado no Laboratório Físico-Químico da Eletrosul, LAFIQ. Neste ensaio utilizou-se uma amostra de bauxito ativado com teor de umidade igual a 3% e outra amostra que permaneceu em estufa a 100°C por vinte e quatro horas.

Neste ensaio, utilizou-se bauxito ativado com teor de umidade igual 3% e bauxito ativado seco em estufa a 100°C por 24 horas.

O bauxito ativado úmido apresentou resultado de adsorção por azobenzeno igual a 03 ml e o bauxito ativado seco apresentou resultado adsorção por azobenzeno igual a 47 ml.

O valor mínimo de adsorção por azobenzeno para o bauxito ativado, especificado pelo fabricante do bauxito ativado é igual a 14 ml. A eficiência de adsorção do bauxito ativado reduz significativamente quando o bauxito ativado está úmido.

### 2.2 Fluorescência de raios-x

A análise de fluorescência de raios-X foi realizada no Centro de Tecnologia em Cerâmica, objetivando identificar e quantificar os compostos presentes a partir do resíduo de perda ao fogo a 1000°C. O ensaio foi realizado na amostra de bauxito ativado, pois a amostra de bauxito impregnada com óleo mineral isolante poderia causar danos ao equipamento de fluorescência de raios-X.

Os principais componentes do bauxito são  $Al_2O_3$ , (75,29% em massa),  $SiO_2$  (10,04% em massa) e  $Fe_2O_3$  (7,35% em massa). A concentração de  $Fe_2O_3$  confere ao bauxito a coloração vermelha. Os demais constituintes presentes apresentam concentração abaixo de 1%.  $CaO$ ,  $MgO$ ,  $Na_2O$  e  $K_2O$  são agentes fundentes e tendem a baixar a refratariedade. Perda ao fogo de 3,46% é devido à ativação (calcinação) do bauxito, que não foi completa.

Foram detectadas baixas concentrações de  $ZrO_2$ ,  $Nb_2O_5$ , e  $Ce_2O_3$ . O fabricante do bauxito ativado informou ser comum em análises rotineiras a presença de traços destes compostos neste tipo de bauxito.

A composição química da argila AC 12 é de 62,75% de  $SiO_2$ , 23,33% de  $Al_2O_3$  e 1,98% de  $Fe_2O_3$ . Os demais constituintes,  $CaO$ ,  $Na_2O$ ,  $K_2O$ ,  $MnO$ ,  $TiO_2$ ,  $MgO$ ,  $P_2O_5$  apresentam concentração em massa inferior a 1%. A perda ao fogo é de 6,99% devido à matéria orgânica presente na argila.

### 2.3 Difração de raios-x

O ensaio de difração de raios-X foi utilizado com o objetivo de identificar qualitativamente as fases

presentes na amostra de bauxito ativado e na amostra de argila. Esta análise foi realizada no CCDM/UFSCar, em um difratômetro Philipis. As amostras foram moídas em almofariz e analisadas com o comprimento de onda do cobre,  $\lambda = 1,54056\text{Å}$ , amostra rotacional, intervalo de medida em  $2\theta$  de 15 a 80°.

A análise mineralógica por difratometria de raios-X mostrou que as duas amostras, bauxito ativado e bauxito impregnado com óleo mineral isolante apresentam o mesmo perfil de difração, identificando as fases gibsite, boemita, óxido de alumínio e hematita.

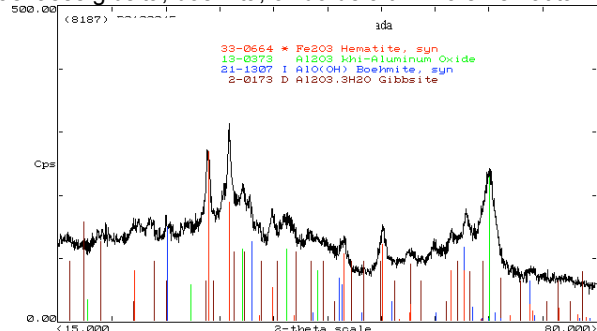


Figura 1 - Difratograma de raios-X do bauxito ativado.

Na amostra de argila AC 12 identificaram-se as fases quartzo ( $SiO_2$ ) hexagonal, caulinita ( $Al_2Si_2O_5(OH)_4$ ) triclinico, moscovita  $[KAl_2(Si_3AlO_{10})](OH,F)$  hexagonal e ortoclásio  $KAlSi_3O_8$  monoclinico.

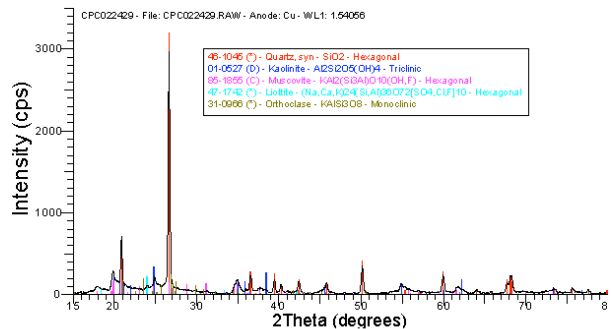
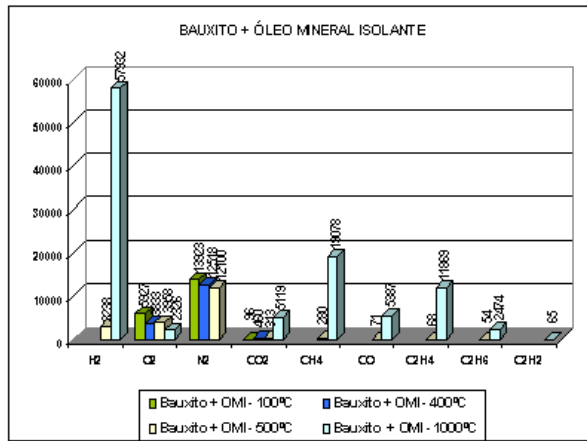


Figura 2. Difratograma da amostra de argila AC 12.

### 2.4 Queima do bauxito – análise dos gases gerados

Através de cromatografia gasosa, analisou-se o gás gerado durante a queima do bauxito impregnado com óleo mineral isolante. As amostras foram queimadas em um forno tubular nas temperaturas de 100°C, 400°C, 500°C e 1000°C, utilizando-se com gás de arraste o argônio à vazão de 95 ml/min.

Através da Figura 3 observa-se a detecção de oxigênio, nitrogênio e dióxido de carbono a 100 °C e a 400 °C. A 500 °C além dos três gases já mencionados, detectou-se hidrogênio, metano, monóxido de carbono, etileno e etano. A 1000°C detectou-se também a presença de acetileno. Segundo Milash, o óleo mineral isolante quando sobreaquecido (500°C), origina gases metano, etano, etileno, dióxido de carbono (400°C) e água (200°C) em presença de oxigênio. A pirólise do óleo conduz à formação de hidrogênio, acetileno, metano e etileno, confirmando os gases detectados.



**Figura 3.** Gases gerados durante a queima do bauxito impregnado com óleo mineral isolante

## 2.5 Classificação de resíduos sólidos - NBR 10004

Para a realização das análises na amostra de bauxito impregnado com óleo mineral isolante foram empregadas as técnicas de espectrometria de absorção atômica, espectrometria de emissão de plasma, espectrometria de visível, titulometria potenciométrica e visual e gravimetria.

Quanto aos parâmetros avaliados no teste de lixiviação, a amostra ensaiada apresentou resultados abaixo daqueles relacionados na Listagem 7 da NBR10004. Nos valores obtidos para os itens indicados no teste de solubilidade, o resultado encontrado para fenol apresentou-se acima dos valores indicados na Listagem 8 da NBR 10004, ou seja, o valor limite é de 0,001mg/L e o valor encontrado é de 2,93 mg/L. Já na massa bruta, o valor encontrado para hidrocarbonetos na forma de óleos e graxas, apresentou-se acima daquele indicado na Listagem 9 da NBR 10004. O valor limite é de 5 % e o valor encontrado é de 16%. Portanto, essa amostra é classificada como Resíduo Classe I (Resíduo Perigoso).

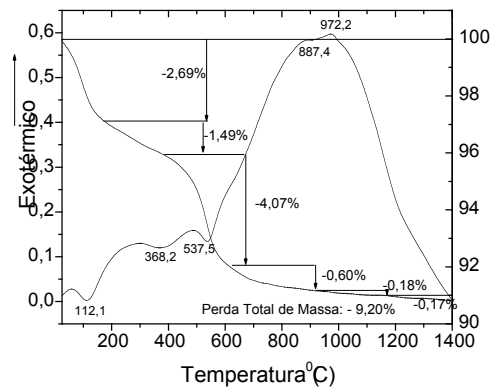
## 2.6 Análise térmica diferencial e gravimétrica

Os ensaios de DTA (análise térmica diferencial) e ATG (análise termogravimétrica) foram realizados com o objetivo de obter o comportamento térmico da amostra de argila. Foram realizados no CCDM/UFSCar, em um equipamento Netzsch ST 409C. A amostra foi submetida à secagem em uma estufa à aproximadamente 50°C e em seguida quantidades suficientes das mesmas foram inseridas nos porta amostras para o referido ensaio. A faixa de temperatura utilizada foi de 25°C a 1400°C a uma taxa de aquecimento de 10°C/ min.

Na temperatura de 112,1 °C, pico endotérmico, detectou-se uma perda de massa associada de 2,69 % indicando perda de água adsorvida na superfície externa dos argilominerais. Na temperatura de 368,2 °C, determinou-se uma perda de massa 1,49 % indicando a decomposição da matéria orgânica.

Na temperatura de 537,5 °C, foi medida uma perda de massa associada de 4,07% indicando a desidroxilação de argilominerais. Na temperatura de 886,9°C, há uma perda de massa de 0,60% indicando uma reação de

combustão e na temperatura de 975,8°C, há uma perda de massa de 0,18%.



**Figura 4.** Análise térmica diferencial e gravimétrica da argila AC 12.

## 3 PARTE EXPERIMENTAL

### 3.1 Preparação das misturas

Estudaram-se cinco misturas, em diferentes concentrações, de bauxito impregnado com óleo mineral isolante e argila e uma mistura de controle, constituída por 100% de argila. As concentrações de bauxito impregnado com óleo mineral isolante utilizadas foram de 1%, 3%,5% e 10%.

### 3.2 Moagem

As misturas foram moídas à úmido em moinhos de bolas de laboratório. A carga utilizada foi de esferas de alumina, composta de 25% de bolas pequenas (11,89 mm de diâmetro), 50% de bolas médias (21,12 mm de diâmetro) e 25% de bolas grandes (40 mm de diâmetro). O tempo de moagem utilizado para todas as misturas foi de quatro horas.

A massa de água de moagem foi calculada pela seguinte equação

$$Ma = Ms \frac{X}{1 - X} \quad \text{onde:}$$

Ma = quantidade de água a ser adicionada ( g ) ;

Ms = massa de sólido seco ( g ) ;

X = umidade de moagem ( % ) .

### 3.3 Secagem e granulação

As misturas foram secas em estufa a temperatura de 110°C, por 48horas. A massa seca foi triturada com martelo e passada em peneira de 16 mesh (1,00 mm).

### 3.4 Umidificação

As misturas foram umidificadas por pulverização, variando a umidade de 5% a 6% em base seca. Foram armazenadas em sacos plásticos fechados por 24 horas, permitindo assim uma boa homogeneização.

### 3.5 Moldagem

Para o processo de moldagem utilizou-se uma prensa hidráulica manual de laboratório fabricada pela Servitch, modelo 30 t CT 320.

Os corpos de prova foram moldados através de um estampo retangular de 126x58 mm. A carga foi aplicada lentamente até 21 ton, a qual foi mantida por

15 segundos. Foram moldados 15 corpos de prova para cada mistura e medidas suas dimensões.

### 3.6 Secagem dos corpos de prova

Os corpos de prova foram secados em estufa a uma temperatura de 110°C, por 24 horas. Foram pesados e medidos novamente.

### 3.7 Queima dos corpos de prova

Com o objetivo de construir a curva de gresificação, os corpos de prova foram queimados em três temperaturas: a 700°C, a 850°C e a 1000°C, utilizando-se um forno mufla modelo KK260 SO 1060 da Linn Elektro Therm GMBH.

O processo de resfriamento dos corpos de prova foi de maneira natural até temperatura ambiente, com duração de 15 horas.

À temperatura ambiente, os corpos de prova foram pesados, medidas suas dimensões e determinou-se a retração de queima e perda ao fogo.

## 4 CARACTERÍSTICAS DOS CORPOS DE PROVA

### 4.1 Perda ao fogo

Com o resultado das pesagens após a secagem e após a queima, determinou-se a perda ao fogo, ensaio que indica a perda de massa do material durante o cozimento. A perda ao fogo é dada pela seguinte equação:

$$PF = \frac{M_s - M_q}{M_q} \cdot 100 \quad \text{onde:}$$

PF = perda ao fogo ( % );

Ms = massa do corpo de prova após a secagem ( g );

Mq = massa do corpo de prova após a queima ( g ).

### 4.2 Absorção de água

O ensaio de Absorção de Água foi realizado segundo a NBR 13818, Anexo B. Os corpos de prova foram secos em estufa a 110°C por 24 h, resfriados, anotados sua massa e foram imersos verticalmente em um recipiente contendo água destilada em ebulição por duas horas e resfriados submergidos em água. Com um pano ligeiramente úmido, enxugou-se suavemente a superfície e pesaram-se os corpos de prova. Calculou-se a absorção de água através da equação abaixo:

$$Abs = \frac{m_2 - m_1}{m_2} \cdot 100 \quad \text{onde:}$$

Abs = absorção de água ( % );

m1 = massa do corpo de prova seco ( g );

m2 = massa do corpo de prova saturado ( g ).

### 4.3 Retração linear

A retração linear foi determinada a partir do comprimento dos corpos de prova após a secagem em estufa e após a queima. Utilizou-se um paquímetro digital com resolução de 0,01 mm. A retração linear foi calculada segundo a fórmula abaixo:

$$RL = \frac{L_o - L}{L_o} \cdot 100 \quad \text{onde:}$$

RL = retração linear ( % )

L<sub>o</sub> = comprimento do corpo de prova seco ( mm )

L = comprimento do corpo de prova pós queima ( mm )

### 4.4 Densidade aparente

Para determinação da densidade aparente dos corpos de prova queimados a 700°C, 850°C e 1000°C utilizou-se o método de imersão em mercúrio.

$$D_{ap} = \frac{m \cdot d_{Hg}}{ep} \quad \text{onde:}$$

D<sub>ap</sub> = densidade aparente do corpo de prova

m = massa do corpo de prova

ep = empuxo do corpo de prova submerso em mercúrio

d<sub>Hg</sub> = densidade do mercúrio

### 4.5 Módulo de resistência a flexão

Para realização deste ensaio utilizou-se o Anexo C da norma NBR 13818 – Placas Cerâmicas para Revestimento – Especificação e Métodos de Ensaio.

$$MRF = \frac{3FL}{3be^2_{MIN}} \quad \text{onde:}$$

MRF = Módulo de Resistência a Flexão

F = Força

L = Distância entre as barras de apoio

b = Largura do corpo de prova

e = espessura mínima

### 4.6 Gases gerados durante a queima

Com objetivo de detectar possíveis compostos fenólicos despreendidos durante a queima da mistura argila bauxito impregnado com óleo mineral isolante, fez-se a queima da mistura em um forno tubular de laboratório. Utilizaram-se 4 g da mistura composta por argila e bauxito impregnado com óleo mineral isolante a 10 % . Este ensaio foi realizado nas temperaturas de 700 °C, 850 °C e 1000 °C e utilizou-se argônio como gás de arraste a uma vazão de 95 ± 5 ml/min.

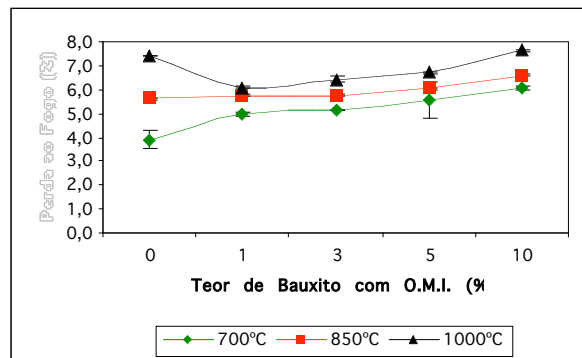
Os gases produzidos durante a queima foram borbulhados em água destilada.(duas provetas, dispostas em série, de 250 ml cada). As amostras foram acidificadas a 1% em peso com ácido sulfúrico.

Deve-se lembrar que este não é um ensaio normatizado, é apenas uma tentativa de detectar compostos fenólicos despreendidos durante a queima das amostras.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Perda ao fogo

Conforme resultados esperados, nas três temperaturas de queima dos corpos de prova, a tendência é aumentar os valores de perda ao fogo à medida que aumenta o teor de bauxito.



**Figura 5.** Influência da temperatura de queima e do teor de bauxito impregnado com óleo mineral isolante na perda ao fogo.

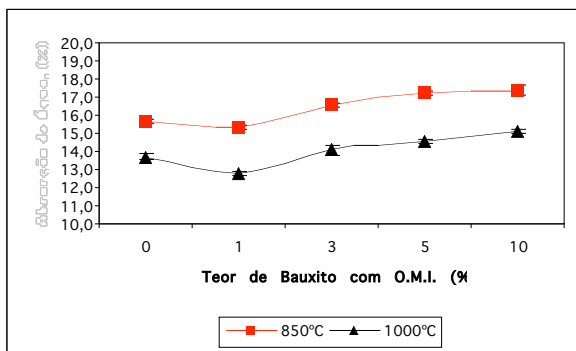
## 5.2 Absorção de água

Valores muito baixos de absorção, menores que 10%, apresentam problemas para aderência da argamassa de assentamento e de revestimento e valores muito elevados, superiores a 18 %, indicam que o material apresenta grande porosidade e permeabilidade.

Os corpos de prova queimados a 700 °C não resistiram ao ensaio de absorção de água. Logo no início do ensaio começaram a se desintegrar, nos permitindo afirmar que a temperatura de 700 °C não foi suficiente para a sinterização dos mesmos.

Na Figura 6, observa-se que os corpos de prova queimados a 1000 °C apresentaram absorção de água inferior aos corpos de prova queimados a 850 °C, o que nos leva a concluir que eles estão mais densificados.

O aumento do teor de bauxito impregnado com óleo mineral isolante evidencia uma tendência ao aumento da absorção de água.



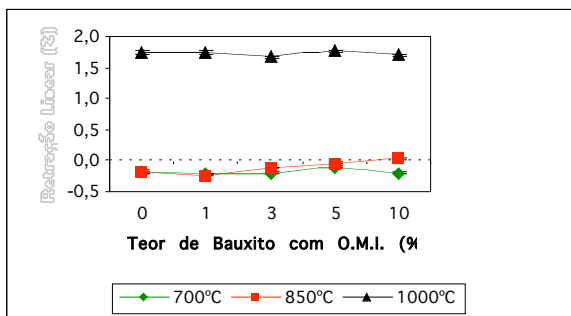
**Figura 6.** Influência da temperatura de queima e do teor de bauxito impregnado com óleo mineral isolante na absorção de água.

## 5.3 Retração linear

Observou-se que o efeito da temperatura de queima foi distinto para a retração linear de queima dos corpos de prova analisados.

Para a temperatura de 1000 °C não ocorreram variações significativas quanto à retração linear de queima nas concentrações analisadas de bauxito impregnado com óleo mineral isolante.

Nas temperaturas de 700°C e 850 °C houve pequena expansão dos corpos de prova em todas as concentrações utilizadas.

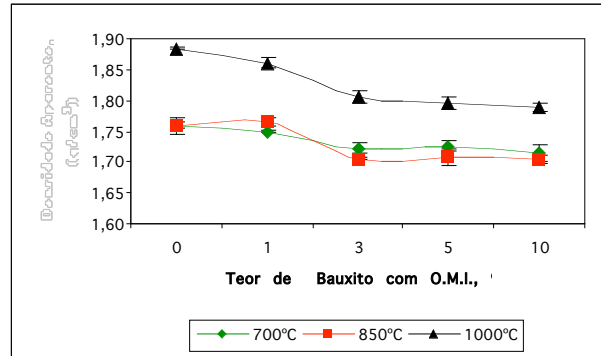


**Figura 7.** Influência da temperatura de queima e do teor de bauxito impregnado com óleo mineral isolante na retração linear.

## 5.4 Densidade aparente

A densidade aparente é uma propriedade muito importante para peças cerâmicas prensadas, pois tem influência sobre a retração linear, absorção de água e principalmente para resistência mecânica.

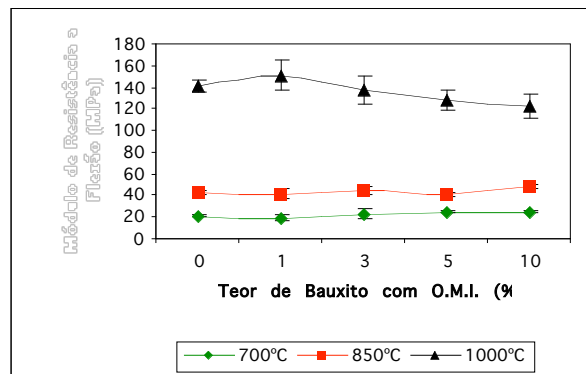
Para a temperatura de 1000 °C obtém-se uma densidade aparente superior à densidade aparente dos corpos de prova queimados a 700 °C e 850 °C, com tendência a diminuir à medida que a incorporação do bauxito à argila aumenta.



**Figura 8.** Influência da temperatura de queima e do teor de bauxito impregnado com óleo mineral isolante na densidade aparente

## 5.5 Módulo de resistência a flexão

Os corpos de prova sinterizados a temperaturas mais elevadas, com maior grau de densificação, apresentam valores superiores de módulo de resistência a flexão.



**Figura 9.** Influência da temperatura de queima e do teor de bauxito impregnado com óleo mineral isolante no módulo de resistência a flexão.

## 5.6 Gases gerados durante a queima

Em todas as amostras analisadas não se detectou a presença de compostos fenólicos.

## 5.7 Classificação dos corpos de prova segundo a NBR 10004

A análise de classificação dos corpos de prova pós queima foi realizada em três laboratórios diferentes com o objetivo de confirmar realmente a ausência de compostos fenólicos. Ao contrário do esperado, os laboratórios obtiveram resultados diferentes entre si, conforme observa-se na tabela abaixo:

**Tabela 1.** Resultados do teor de fenol em três diferentes laboratórios.



	MASSA BRUTA - Limite máximo: 10 mg/kg (Listagem 8)			SOLUBILIZADO - Limite máximo: 0,001 mg/L (Listagem 9)		
	Lab X	Lab Y	Lab Z	Lab X	Lab Y	Lab Z
A	< 0,2	< 0,2	< 1,0	< 0,002	< 0,002	< 0,1
B	0,20	-	< 1,0	0,020	0,008	< 0,1
C	0,55	-	< 1,0	0,015	-	< 0,1
D	0,48	-	< 1,0	0,016	0,006	< 0,1
E	< 0,2	0,28	< 1,0	0,018	0,002	< 0,1

**A:** Argila – 100% **B:** Argila + Bauxito OMI – 1 % **C:** Argila + Bauxito OMI – 3 % **D:** Argila + Bauxito OMI – 5 % **E:** Argila + Bauxito OMI – 10 %

Todos os resultados efetuados na massa bruta encontram-se dentro dos limites especificados pela NBR 10004. Já para o solubilizado os valores medidos estão numa faixa de indeterminação, devido à grande variabilidade dos resultados e à incerteza de equipamento de análise para medição de concentrações inferiores a 0,1 mg/L.

### 5.8 Características visuais observadas

Observam-se as seguintes características dos corpos de prova após queima a 1000°C.

Regularidade de forma, sem empenamentos e deformações. Arestas vivas e cantos resistentes, cor uniforme e massa homogênea, com ausência de fendas, trincas e corpos estranhos. Cozimento homogêneo e som metálico quando percutido com martelo. A igualdade das dimensões proporcionará aos tijolos uniformidade e facilidade de assentamento.

Os corpos de prova queimados a 700 °C apresentaram uma resistência mecânica, quando manuseados, inferior aos corpos de prova queimados a 850 °C e a 1000°C.

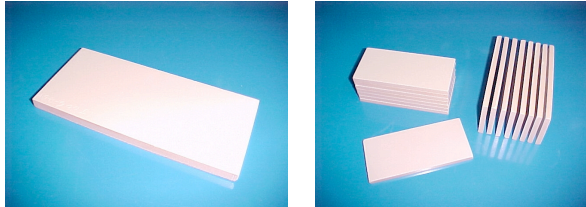


Figura 10. Corpos de prova após queima.

## 6 CONCLUSÕES

Em escala laboratorial, foi analisado o efeito da incorporação do bauxito impregnado com óleo mineral isolante em argila para produção de cerâmica vermelha.

Considerando os resultados encontrados, ressaltamos:

- Os ensaios de classificação de resíduos segundo a norma NBR 10004, caracterizam o bauxito impregnado com óleo mineral como um Resíduo Classe I, Resíduo Perigoso. Os corpos de prova de cerâmica vermelha com o resíduo incorporado após queima apresentaram teores reduzidos de fenol, próximos do limite de detecção das técnicas de análises.

- A incorporação do bauxito impregnado com óleo mineral isolante proporciona à Empresa uma pequena economia anual, valor irrisório quando comparado com os benefícios que proporcionará ao Meio Ambiente,

contribuindo assim, para aumentar a conscientização ambiental entre os funcionários da empresa, pois um Resíduo Perigoso passará a ser parte integrante do processo produtivo de cerâmica vermelha.

- Levando-se em consideração os itens abordados acima, pode-se concluir que o uso do bauxito impregnado com óleo mineral isolante misturado a argila para fabricação de tijolos surge como uma alternativa econômica para problemas ambientais.

## 7 SUGESTÕES

Como continuidade deste trabalho, sugere-se:

- Implantar efetivamente este estudo em olarias da região, confirmando a viabilidade do processo na prática.
- Estender esta pesquisa a regeneradoras de óleo mineral isolante que possuam como meio adsorvente terra fuller ou similar.
- Desenvolvimento de testes laboratoriais de maneira análoga a efetuada, utilizando para moldagem dos corpos de prova o processo de extrusão.
- Todos os laboratórios, especializados em análises de resíduos industriais, consultados para realização do ensaio do teor de fenol segundo NBR 10004 não dispõem de técnicas que permitam afirmar com precisão valores de fenol abaixo de 0,1 mg/L. Portanto, sugere-se uma revisão nos valores limites especificados pela norma NBR 10004.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Amorós, José Luís; Sánchez, Enrique; Garcia-Ten, Javier...[et al]. Manual para el control de la calidad de materias primas arcillosas. Instituto de Tecnología Cerámica – ITC. Castellón, 1998.
- (2) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Resíduos Sólidos – Classificação, NBR 10004, 1987.
- (3) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Lixiviação de Resíduos – Procedimento, NBR 10005. 1987.
- (4) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Solubilização de Resíduos – Procedimento, NBR 10006, 1987.
- (5) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Amostragem de Resíduos – Procedimento, NBR 10007, 1987.
- (6) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Tijolo Cerâmico para Alvenaria, NBR 7170, 1992.
- (7) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Placas cerâmicas para revestimento –Especificação e métodos de ensaio, NBR 13818, 1997.
- (8) Milasch, Milan. Manutenção de Transformadores em Líquido Isolante. Editora Edgard Blücher, 1984.
- (9) Santos, P. S.; 1992, Ciência e Tecnologia das Argilas. Argilas e Bauxitos Ativados, Zeólitas Sintéticas, Diatomitos, Vol. 2, pp.650-686.
- (10) Santos, P. S.; Santini, P.. Análise térmica diferencial de bauxitos, de argilas aluminosas e de lateritos, Cerâmica, 1963.