

CARACTERIZAÇÃO DOS ISOLADORES ELÉTRICOS CERÂMICOS DESCARTADOS PELAS REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ELETRECIDADE E COMPARAÇÃO COM PRODUTOS SIMILARES SEM USO.

C.S. Franco¹; V.A. Mantovani¹; M. Fávero¹; J. Morales²; H.L. Hasegawa²

1-Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) - Campus Sorocaba - Av. 3 de março, 511 - CEP: 18087-180 - Alto da Boa Vista - Sorocaba-SP
- Email: camilasilvafranco@yahoo.com.br

2-Universidade de Sorocaba (UNISO)-Campus Cidade Universitária - Rodovia Raposo Tavares km 92,5 - CEP: 18023-000 - Cidade Universitária - Sorocaba

RESUMO

A manutenção das redes de distribuição de eletricidade gera uma grande quantidade de resíduos. Dentre estes, um dos mais representativos em peso são as porcelanas dos isoladores, encontrados em para-raios, chaves, isoladores. O objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial de reciclagem de dois modelos de isoladores cerâmicos, novos e usados. Para tanto, foram submetidos a ensaios comparativos de Microscopia Eletrônica de Varredura, acoplada a Espectroscopia de Energia Dispersiva, difração de raios-x, ângulo de contato, teor de voláteis e densidade. De uma maneira geral, as amostras de cerâmica novas e usadas não apresentaram diferenças que possam ser associadas à degradação do material mediante a utilização. Isto indica que os materiais descartados e novos são bastante próximos, o que pode favorecer a reutilização e reciclagem.

Palavras chaves: resíduos, isoladores, cerâmica, reciclagem.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento tecnológico aliado ao crescente consumo de bens e serviços necessitam de um rápido aumento na demanda energética. Segundo a

Empresa de Pesquisas Energéticas do Ministério de Minas e Energia, as projeções de demanda de energia elétrica no Brasil apresentarão aumento de em média 5,2% ao ano entre 2010 e 2018 ⁽¹⁾.

Durante o serviço de manutenção das redes de distribuição de eletricidade são gerados resíduos sólidos dos mais variados tipos. Dentre os materiais descartados os isoladores cerâmicos que podem ser encontrados na forma de, pára-raios, chaves faca e chaves fusíveis, são aqueles que as técnicas de reciclagem ainda se encontram em desenvolvimento. Sendo que a moagem destes e a incorporação em concretos é um dos métodos mais pesquisados.

Portanto o objetivo deste trabalho foi caracterizar os isoladores usados para avaliar o potencial de outros meios de reciclagem.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram realizadas amostragens dos isoladores cerâmicos segundo a norma ASTM D531-92 ⁽²⁾. Após a separação e contabilização das diferentes peças, por tamanho, modelo e cor, foi possível escolher as mais representativas de cada modelo e cor do esmalte.

Análises de laboratório foram realizadas para verificar a qualidade do material usado a partir da comparação com produtos similares novos. Para tanto, amostras de porcelana com tamanho aproximado de 2 cm por 2 cm de base e x 1 cm de altura foram cortadas com o auxílio de uma serra diamantada e lavadas em banho ultrassônico com água deionizada por 20 minutos. Para a caracterização das amostras cerâmicas cinza e marrom, novas e usadas, foram utilizadas as seguintes técnicas:

- 1) Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) em microscópio Quanta Inspect S (FEI) acoplado a Espectroscopia de Energia Dispersiva (EDS) INCA X-sight (Oxford) do grupo Schaeffler Sorocaba e no microscópio Philips XL-30 FEG acoplado a Espectroscopia de Energia Dispersiva (EDS) do Laboratório de Caracterização Estrutural da Universidade Federal de São Carlos;
- 2) Ângulo de Contato em Goniômetro Ramé-Hart, modelo 100-00 da Unesp-Sorocaba;

- 3) Densidade Relativa pela norma ASTM D 792 ⁽³⁾ em balança analítica com suporte estacionário para o recipiente de imersão do Laboratório de Polímeros do Grupo Schaeffler-Sorocaba;
- 4) Teor de voláteis seguindo a norma D 5630 ⁽⁴⁾ em forno mufla Quimis, modelo Q-318M24, da Unesp Sorocaba;
- 5) Difração por raios-X realizado em difratometro Siemens, modelo D 5005, com tubo de cobre com potencia de 40kVx40mA, do Departamento de Engenharia de Materiais da UFSCar.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo dados fornecidos por uma concessionária distribuidora de energia elétrica, no ano de 2009 foram geradas 3,91 mil toneladas de resíduos, dos quais os resíduos cerâmicos representam 16%, na qual são inclusos os pára-raios, chaves-faca, chaves-fusível e isoladores conforme pode ser observado na Fig. 1.

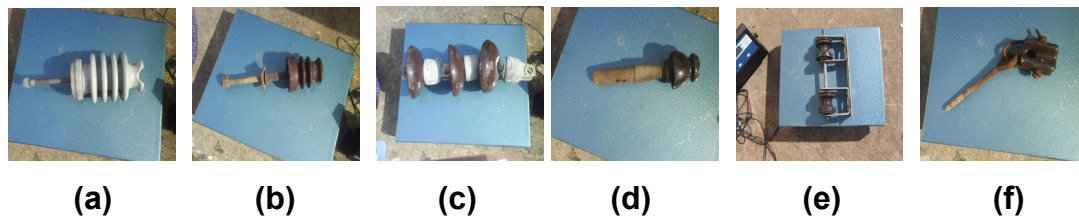


Fig. 1: Diversos tipos de isoladores cerâmicos: (a) pilar cinza, (b) pilar marrom, (c) de disco marrom, (d) cruzeta marrom, (e) roldana e (f) castanha.

Um estudo preliminar mostrou que os isoladores são, basicamente, constituídos de 43% de cerâmica e 52 % de ferragem. Vale comentar que para o desenvolvimento deste estudo foram utilizados o isolador pilar de coloração cinza (Fig. 1a) e o isolador tipo castanha de coloração marrom (Fig. 1f) devido à maior disponibilidade de ambos.

Verificou-se pelos resultados de ângulo de contato apresentados na Tab. 1 que as amostras cerâmicas possuem características hidrofílicas (ângulo de contato menor que 90°). Um dos motivos para este comportamento é a presença de cadeias inorgânicas na composição química das superfícies, com maior tendência polar e por conseqüência maior afinidade pela água. Além disso, as superfícies esmaltadas das

cerâmicas possuem aditivos inorgânicos, que colaboram com a diminuição ainda maior do seu ângulo de contato, o que também foi constatado ⁽⁶⁾.

Tab 1: Resultados de ângulo de contato para as amostras de esmalte de isoladores cerâmicos.

Amostra		Ângulo de contato (°)
Cerâmica cinza (esmalte)	Nova	58,97 ± 2,06
	Usada	47,95±2,23
Cerâmica marrom (esmalte)	Nova	42,29 ± 5,02
	Usada	89,04±10,89

As diferenças entre as amostras novas e usadas não podem ser consideradas significativas a ponto de serem explicadas por degradações ocorridas durante o uso como, por exemplo, a presença de micro-trincas superficiais, o que resultaria na diminuição do ângulo de contato. Como a amostra marrom usada apresentou ângulo de contato superior à da nova, provavelmente estas variações observadas nos resultados são provenientes de diferenças nos materiais e fabricantes.

A Tabela 2 apresenta resultados do teor de voláteis e da densidade relativa das amostras de cerâmicas marrom e cinza, nova e usada.

Tab 2: Resultados de teor de voláteis resultantes do ensaio de perda ao fogo e densidade relativa para as amostras de cerâmica.

Amostra	Cinza nova	Marrom nova	Cinza usada	Marrom usada
Teor de voláteis, % (p/p)	0,34	0,24	0,07	0,30
Densidade relativa (g/cm ³)	2,35	2,35	2,35	2,35

Verificam-se pelos resultados da Tabela 2 que o teor de cinzas da amostra usada é ligeiramente superior quando comparada com o da amostra nova, porém tal escala pode ser considerada dentro do desvio da balança.

Os difratogramas de raios-X, apresentadas na Figura 2, mostram níveis apreciáveis de ruído (*background*), o que sugere a presença de fases amorfas (vítreas) provenientes da reação de sinterização do SiO₂ e de fundentes (Na e K

principalmente). Este fato também dá indicio da sinterização ser realizada via fase líquida que confere elevada densidade a ausência de porosidade que são características apreciáveis para as cerâmicas destinadas a produção de isoladores. Fato confirmado a não existência de poros abertos pelo ensaio de porosidade aparente e densidade aparente.

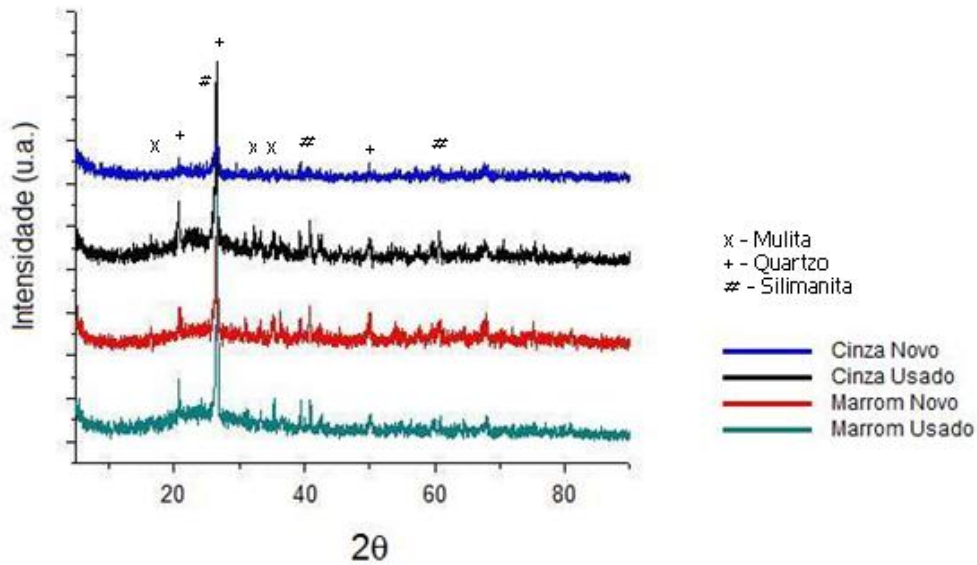


Fig 2: Espectro obtido por difração de raios-x para as quatro amostras cerâmicas.

Observa-se pela Figura 2 que foram detectadas as fases quartzo, silimanita e mulita em todas as amostras, tal resultado demonstra uma formulação similar e também indicam não haver diferenças entre isoladores novos e usados.

A Fig. 3 apresenta micrografias de superfícies fraturadas do biscoito das cerâmicas (parte interior não esmaltada).

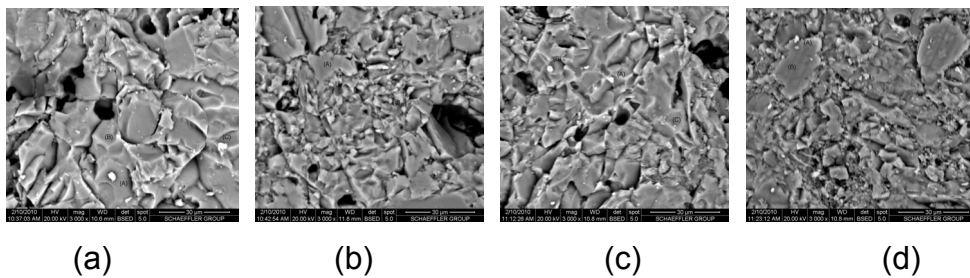


Fig. 3: Micrografia do biscoito de amostras de cerâmica (a) marrom nova, (b) marrom usada, (c) cinza nova (d) cinza usada

Pela microestrutura, observam-se grãos em torno de 30µm de tamanho médio, densos e de distribuição homogênea e também poros, estes que provavelmente oriundos de grãos removidos durante a fratura. As microestruturas, tanto das amostras novas quanto das usadas não apresentam alterações significativas.

Esta comparação entre materiais usados e novos não apresentaram diferenças significativas, ou a presença de algum outro elemento químico, portanto pode-se considerar que o esmalte existente protegeu a cerâmica de elementos externos. A análise química via EDS da superfície das amostras revelou que todas apresentaram silício, oxigênio, sódio, alumínio e potássio, porém em quantidades distintas. Logo, as diferenças apresentadas é um forte indício de se tratarem de produtos fabricados de matérias-primas diferentes e provavelmente por fabricantes diferentes, uma vez que a própria empresa assume a utilização de isoladores provenientes de pelo menos três fabricantes distintos, sendo uma delas no exterior. Contudo tal fator não afetará o desempenho do material desde que a formulação esteja dentro de um padrão.

A Fig. 4 apresenta imagens dos esmaltes das cerâmicas e, como pode ser observada, nenhuma amostra apresentou trincas ou intrusões, representando vidrados de alta homogeneidade. Também não foram detectadas alterações entre as superfícies das amostras novas e usadas, o que indica que não houve degradação no esmalte ao longo do tempo de uso.

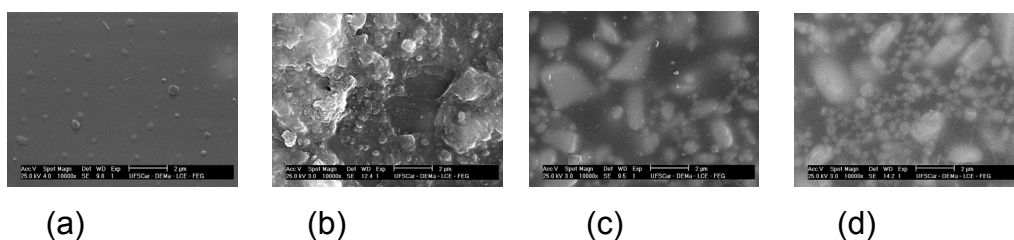


Fig 4: Micrografia da superfície de amostras de cerâmica (a) marrom nova, (b) marrom usada, (c) cinza nova, (d) cinza usada

Pela análise das microestruturas, pode se observar a formação de cristais nas amostras de isoladores marrom usado, cinza novo e no cinza usado, justamente nas superfícies das quais foi detectada a presença de zircônio. Isto sugere que os cristais formados tratam-se provavelmente de Zircão ($ZrSiO_4$), comumente encontrado em vidrados pois funcionam como opacificante e melhoram a resistência à abrasão⁽⁵⁾.

CONCLUSÕES

Os resultados demonstraram que não existem diferenças apreciáveis entre os isoladores novos e usados. As pequenas variações observadas nos ensaios não justificam afirmar que houve qualquer degradação no material ao longo do seu uso, em comparação com o novo. Estas provavelmente estão associadas a outros fatores como a mudanças de formulação, matéria-prima, lote, fabricante etc.

Desta forma, sugere-se como primeiro procedimento a realização de testes de quebra dielétrica para confirmar se os isoladores usados ainda possuem boas condições isolantes, além de testes que avaliem outros aspectos de seu potencial de reutilização como, por exemplo, as propriedades mecânicas.

Paralelamente, estudos sobre a potencial reciclagem dos materiais podem ser desenvolvidos, para tanto, os isoladores devem ter seus componentes, ou seja, a ferragem, cerâmicas e as demais partes devem ser separadas. Os ensaios não demonstraram a presença de contaminantes tóxicos nos isoladores usados, logo a moagem e a utilização destes como chamote para fabricação de outros materiais cerâmicos, e também na forma de agregados para a construção civil, pode ser considerada uma alternativa tecnicamente viável.

REFERÊNCIAS:

- (1) **EPE** – Empresa de Pesquisas Energéticas. 2009. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/imprensa/PressReleases/20091222_1.pdf> Acesso em 10 de maio de 2010.
- (2) **ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM Standard D 3418**: 2008. Standard Test Method for Transition Temperatures and Enthalpies of Fusion and Crystallization of Polymers by Differential Scanning Calorimetry. Filadélfia: ASTM, 2008.
- (3) **ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM Standard D 792**: 2003. Standard Test Method for Determination of the Composition of Unprocessed Municipal Solid Waste. Filadélfia: ASTM, 2003.

- (4) ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM Standard D 5630**: 2006. Standard Test Method for Ash Content in Plastics. Filadélfia: ASTM, 2006.
- (5) APARISI, J. et al. Obtenção de Recobrimentos Vidrados Brancos e Lisos, para Pavimentos Cerâmicos, a partir de Fritas Isentas de Zircônio. **Cerâmica Industrial**, São Carlos, v. 6, n. 4, p. 7, 2001.
- (6) PRETTE, A. L. G. **Desenvolvimento de esmaltes cerâmicos: aplicação em isoladores elétricos de alto desempenho**. 2007. 77f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais)-Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2007.

CHARACTERIZATION OF CERAMIC ELECTRICAL INSULATORS DISCARDED OF DISTRIBUTIOS OF ELECTRICITY AND COMPARISON WITH SIMILAR PRODUCTS WITHOUT USE.

The maintenance of distribution networks for electricity generates a large amount of waste. Among these, one of the most representative weights is from porcelain, found in para-rays, braces, insulators. The aim of this study was to evaluate the recycling potential of two models of ceramic insulators, new and used. It had been subjected to comparative tests of scanning electron microscopy, coupled with Energy Dispersive Spectroscopy, x-ray diffraction, contact angle, volatile content and density. In general, samples of new and used ceramic showed no differences that might be associated of material degradation by using. This indicates that the materials discarded and new ones are very close, which may encourage the reuse and recycling.

Keywords: waste, insulators, ceramics, recycling