	<p><b>XX SNPTEE SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA</b></p>	<p>Versão 1.0 22 a 25 Novembro de 2009 Recife - PE</p>
---	--	--

**GRUPO -III**

**GRUPO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO - GLT**

**ISOLADORES POLIMÉRICOS; AS EXPERIÊNCIAS DA ENERSUL –REDE ENERGIA E DA ESCELSA – GRUPO ENERGIAS DO BRASIL NO USO DESTES ISOLADORES EM SUAS LINHAS DE 138 KV**

**Paulo Americo M. Cardoso (\*)**  
Enersul – REDE ENERGIA

**Darcy Ramalho de Mello**  
Cepel – Grupo Eletrobrás

**Luiz Tadeu Murad**  
Escelsa – Energias do Brasil

**Alberto Jorge P. Silveira**  
Enersul – REDE ENERGIA

**Gabriela Aguiar**  
Bluestar Silicones

**Luciana Viviani**  
Bluestar Silicones

**RESUMO**

Este estudo apresenta os resultados obtidos nos ensaios dos isoladores poliméricos realizados nos laboratórios da Rhodia / Bluestar Silicones e do CEPEL, retirados de linhas de 138 kV em operação na Escelsa e na Enersul, com o objetivo de avaliar seu envelhecimento através da medição da corrente de fuga, da medição da hidrofobicidade e da rugosidade e da avaliação laboratorial de material cortado do revestimento dos isoladores.

A estimativa da vida útil é um dos critérios mais importantes para a definição do tipo de isolador a ser usado (cerâmico ou polimérico) em reformas (“refurbishment”, “upgrading” e “uprating”) de linhas que se encontram em operação há aproximadamente 20 anos ou mais.

A partir da reavaliação da estimativa da vida útil para os tipos de isolador a serem usados (cerâmico ou polimérico), poderá ser também realizada uma melhor avaliação técnico-econômica no tocante a avaliação de futuras linhas, considerando custos de aquisição dos isoladores; de construção (em função das diferenças de pesos das cadeias e dos Hh dispensados na instalação das cadeias) e de manutenção)

**PALAVRAS-CHAVE**

Borracha de EPDM – hidrofobicidade - arco de banda seca - ensaio FTIR<sup>1</sup> - ensaio MEV/EDS<sup>2</sup> .

**1.0 - INTRODUÇÃO**

A Escelsa e a Enersul passaram a usar isoladores bastão e pilar poliméricos de EPDM<sup>3</sup> em suas linhas de 138 kV, localizadas tanto em área urbana como rural, a partir da década de 1980. A compactação da cabeça das estruturas de linhas localizadas em áreas urbanas, instalação de mais de um circuito numa mesma estrutura, redução de custos com relação à faixa de servidão (de especial importância principalmente nas linhas localizadas em áreas urbanas), possibilidade de projetos de estruturas mais leves (reduzindo o custo da instalação pois, historicamente, as estruturas custam em média 35% do projeto de uma linha), uso de isoladores poliméricos como espaçadores entre fases (com o objetivo de evitar que os condutores venham a ser aproximar muito em vãos longos), melhor desempenho com relação à poluição atmosférica, menor peso com relação às cadeias de

1 FTIR = Espectroscopia de Infravermelho por Transformada de Fourier

2 MEV/EDS = Microscopia Eletrônica acoplada à espectroscopia de energia dispersiva

3 EPDM = etileno propileno dieno monômero

isoladores de disco de vidro ou porcelana (facilitando tanto os processos de construção como de manutenção) e melhor desempenho ao vandalismo (quando comparados às cadeias de isoladores de disco de vidro ou porcelana) foram as justificativas para a adoção destes isoladores na Enersul e na Escelsa[1].

No tocante à poluição, considerando-se os níveis propostos na IEC 60815 [19], as regiões onde os isoladores foram instalados podem ser caracterizadas como:

- a) A área de concessão da Enersul com nível de poluição leve (distância de escoamento específica de 16 mm/kV) e médio (distância de escoamento específica de 20 mm/kV),
- b) A área de concessão da Escelsa com nível de poluição médio (distância de escoamento específica de 20 mm/kV), pesado (distância de escoamento específica de 25 mm/kV) e muito pesado (distância de escoamento específica de 30 mm/kV).

Nesta época, os isoladores poliméricos eram fabricados no Brasil em EPDM, sendo que havia apenas um fabricante de isoladores que estava desenvolvendo o seu produto em silicone<sup>4</sup>. Na Europa e na América do Norte, os isoladores poliméricos eram fabricados a base de EPDM, EPR<sup>5</sup> e silicone, adotando-se o processo de fabricação do isolador por vulcanização à temperatura ambiente<sup>6</sup> e posteriormente a quente<sup>7</sup>.

É também oportuno lembrar que no período anterior ao início da fabricação dos primeiros isoladores poliméricos no Brasil – década de 70, foram desenvolvidos projetos de isoladores compostos em que era inserida graxa de silicone entre o polímero e o bastão, com o objetivo de se contornar os problemas advindos dos diferentes coeficientes de dilatação entre os mesmos. Alguns destes isoladores foram importados e usados sem sucesso em linhas de concessionárias no Brasil, devido aos freqüentes vazamentos da graxa de silicone nas extremidades pelos espaços vazios existentes nas junções entre o bastão / polímero com as ferragens integrantes.

Quando da aplicação dos primeiros isoladores poliméricos em linhas da Escelsa e da Enersul, os fabricantes de isoladores informavam que a vida útil era de 25 a 30 anos, independente da área que os mesmos se encontravam aplicados.

No final da década de 90 começaram a surgir as primeiras falhas nos isoladores em serviço nas linhas da Enersul e da Escelsa (muitas advindas de problemas durante o processo de fabricação e/ou de exposição à umidade, elevada radiação solar, etc.). Na literatura encontram-se, publicados trabalhos em que é questionada a vida útil dos isoladores poliméricos, quando comparada com vida útil conhecida dos isoladores cerâmicos, de vidro temperado e de porcelana aluminosa. Neste mesmo período, foram conduzidas experiências com relação ao uso da borracha de silicone aplicada sobre isoladores de vidro temperado e de porcelana, mas ainda não se encontravam consolidados os graus de hidrofobicidade desenvolvidos pelo STRI [20], posteriormente adotados pela IEC [19], e eram também poucos os processos já disponibilizados para inspeção dos isoladores no campo, assim como em laboratório [1].

O presente estudo visa apresentar os resultados dos ensaios realizados nos isoladores poliméricos retirados de linhas de 138 kV em operação na Escelsa e na Enersul, com o objetivo de avaliar seu envelhecimento e confiabilidade.

## 2.0 - CARACTERÍSTICAS DOS ISOLADORES ENSAIADOS

Para a realização da avaliação, a Escelsa e a Enersul disponibilizaram os seguintes isoladores poliméricos:

### 2.1 Para os ensaios no Cepel:

- a) Um isolador pilar polimérico 138 kV novo, fabricado em 2002;
- b) Um isolador pilar polimérico usado, retirado da linha de 138 kV C.G. Eletrosul / C.G. Cuiabá, fabricado em 1990;
- c) Um isolador bastão polimérico 138 kV novo, fabricado em 2002;

---

4 Silicone a base do polímero poli dimetil siloxano

5 EPR = borracha de etileno propileno

6 RTV – room temperature vulcanization

7 HTV – high temperature vulcanization

d) Dois isoladores bastão poliméricos retirados das linhas de 138 kV que atendem à Companhia Siderúrgica de Tubarão (data de fabricação: 1995) e da linha para Cachoeiro de Itapemirim (data de fabricação: 1997).

## 2.2 Para os ensaios na Rhodia / Bluestar Silicones:

- a) Um isolador pilar polimérico 138 kV novo, fabricado em 2002, identificado como isolador 1 neste estudo;
- b) Um isolador pilar polimérico usado, retirado de estrutura 24 da LD 138 kV C G - Eletrosul / C G - Cuiabá, fabricado em 1990, identificado como isolador 2;
- c) Dois isoladores bastão poliméricos usados, retirados das mesmas LDs da Escelsa, de onde foram retirados os isoladores cedidos para a Bluestar Silicones, com as mesmas datas de fabricação – 1995 e 1997, identificados respectivamente como isoladores 3 e 4 neste estudo.

## 3.0 - ENSAIOS REALIZADOS NOS ISOLADORES POLIMÉRICOS

### 3.1 No Cepel

Foram realizados os ensaios, abaixo descritos, nos isoladores com borracha EPDM [19,20], indicados no item 2.1:

- a) Medição da corrente de fuga em frequência industrial, a seco;
- b) Medição da corrente de fuga em frequência industrial, sob névoa limpa;
- c) Medição da corrente de fuga em frequência industrial, durante a secagem;
- d) Medição de rugosidade;
- e) Medição de corrente de fuga em frequência industrial, sob chuva.

### 3.2 Na Rhodia / Bluestar Silicones:

Foram realizados os ensaios, abaixo descritos, nos isoladores com borracha EPDM [18], indicados no item 2.2:

- a) Ensaio FTIR - Espectroscopia de Infravermelho por Transformada de Fourier [2, 4, 5, 9, 10, 14];
- b) Ensaio MEV – Microscopia Eletrônica - acoplada à espectroscopia de energia dispersiva [2, 4, 10, 14];
- c) Ensaio para a determinação do grau de hidrofobicidade [19].

## 4.0 - AVALIAÇÕES DOS RESULTADOS DOS ENSAIOS

### 4.1 No Cepel:

- a) Ensaio de medição de corrente de fuga sob névoa limpa: foi registrado valor de corrente de fuga com relação ao isolador bastão polimérico retirado da LD de Cachoeiro de Itapemirim (9 mA)., sendo este valor significativo para a segurança dos técnicos de manutenção em linha viva.
- b) O isolador pilar polimérico retirado da LD 138 kV CG Eletrosul / CG Cuiabá, apresentou alteração significativa nos valores de correntes de fuga, tanto a seco como em névoa limpa, medidos em comparação ao isolador novo, porém nada que comprometa a segurança do pessoal da manutenção de linhas. [16]
- c) Medição da rugosidade no isolador pilar usado, confirma a degradação da superfície das saias dos isoladores (“cracking”, erosão, trilhamento) idêntica aos resultados obtidos nos ensaios com isoladores descritos na literatura [4, 5, 6, 8, 9, 17, 21] devido ao envelhecimento / degradação do EPDM. (ver figura 2 e tabela I)
- d) Constatada a existência de camada de pó branco (gizamento) na superfície dos isoladores da Escelsa (LD's de Cachoeiro de Itapemirim e da Companhia Siderúrgica de Tubarão), ocorrida em função da degradação por raios ultravioletas e exposição às altas temperaturas das regiões em que os isoladores encontravam-se instalados [1, 5, 8, 9, 10, 15, 17] (ver Figura. 1).
- e) As alterações nos valores das correntes de fuga [17] nos isoladores ensaiados, quando comparados ao isolador novo, confirmam as informações apresentadas em [5].



Figura 1 – Gizamento na superfície da saia do isolador

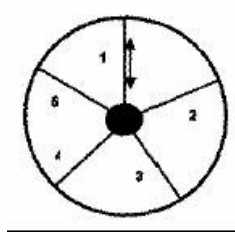


Figura 2 – Corte de uma saia mostrando os pontos de medição da rugosidade

Tabela I – MEDIÇÃO DA RUGOSIDADE NOS ISOLADORES PILAR

Posição	Saia	Média (isolador pilar novo)	Média (isolador pilar envelhecido)
Topo	01	0,80 $\mu\text{m}$	6,51 $\mu\text{m}$
	05	0,65 $\mu\text{m}$	3,43 $\mu\text{m}$
Fundo	01	0,97 $\mu\text{m}$	19,6 $\mu\text{m}$
	05	0,92 $\mu\text{m}$	15,8 $\mu\text{m}$

Rhodia / Bluestar Silicones

- a) No tocante a hidrofobicidade, de acordo com o Relatório Técnico TS 62073 da IEC [19], quando o isolador está envelhecido pelo uso e com a sua morfologia superficial alterada (presença de crostas, depósitos, fissuras, etc) as imperfeições da superfície podem afetar os resultados obtidos. Neste caso, o mais indicado é o método do spray, o qual não é muito afetado pela presença de depósitos, crostas ou fissuras.
- b) As medições de hidrofobicidade realizadas com o uso de goniômetro Ramé-Hart indicaram a existência de diversos graus de hidrofobicidade sobre a superfície de uma mesma saia (ver tabela II e figura 3). Falta esclarecer na tabela II o que é Fixador A (acho que é face)
- c) Os ensaios FTIR realizados em amostras da parte interna dos 4 isoladores (1 novo e os outros três retirados de linhas em operação na Escelsa e na Enersul) caracterizam um elastômero do tipo EPDM, com uma carga de hidróxido de alumínio [18] (ver figura 4).
- d) Foi constatada a presença do elemento Ti nos isoladores fornecidos para ensaio pela Escelsa (isoladores fabricados em 1995 e 1997) e a ausência do mesmo no isolador pilar polimérico da Enersul (data de fabricação 1990). O uso do titânio na composição química implica no aumento da resistência mecânica do polímero [18].
- e) O ensaio MEV realizado nos 4 isoladores disponibilizados pela Escelsa e Enersul vem a confirmar os resultados dos ensaios FTIR [18] no tocante à confirmação dos elementos presentes na composição química dos polímeros usados nos mesmos.
- f) Os ensaios FTIR demonstram que não houve alteração nos materiais da parte interna dos polímeros em todos os isoladores ensaiados (novos e usados) [18].

Tabela II – MEDIÇÃO DA HIDROFOBICIDADE USANDO O GONIÔMETRO<sup>8</sup>

Posição	Ângulo de contato (medido em graus)												Análise estatística das leituras reo	
	Fixador A	Fixador B	Fixador C	Centro 1A	Centro 1B	Centro 1C	Centro 2A	Centro 2B	Centro 2C	Superior A	Superior B	Superior C	Medida dos valores	Desvio padrão
1	74	76	77	74	83	84	53	62	81	76	77	81	74,83	8,95
2	88	66	90	68	82	90	55	66	74	72	97	93	78,42	13,34
3	91	76	87	75	70	85	61	69	77	85	73	83	77,67	8,76
4	83	77	84	77	82	82	67	74	64	81	77	86	77,83	6,75

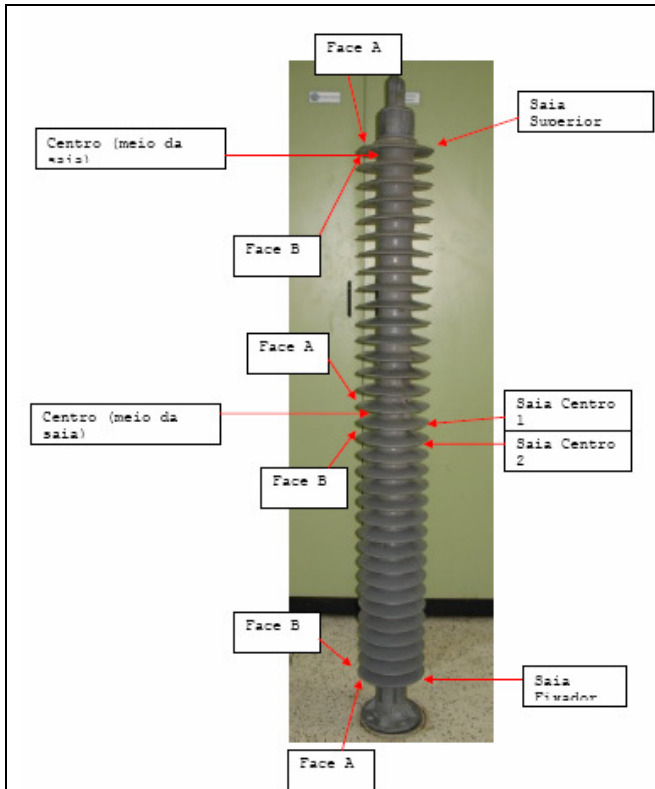


Fig 3 - posições no isolador em que medições foram realizadas com o goniômetro

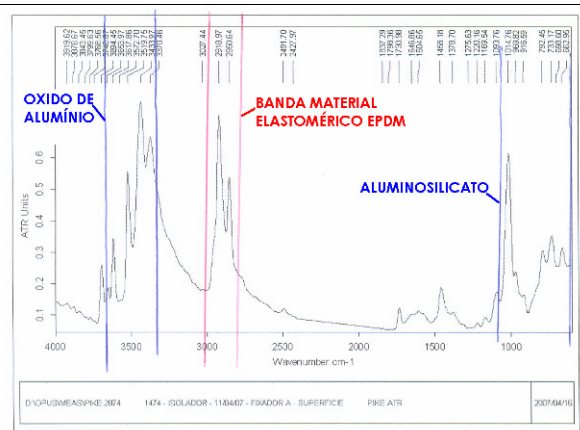


Fig 4 – ensaio FTIR realizado em amostras de isoladores da Enersul e Escelsa

- g) Os ensaios FTIR realizados na parte superior – face A (ver figura 3) do isolador 2 demonstram que a oxidação ocorrida no elastômero (na faixa entre  $1600\text{ cm}^{-1}$  e  $1700\text{ cm}^{-1}$ ), é mais significativa quando comparado aos resultados FTIR da mesma posição do isolador 1 [18].
- h) Idem com relação aos ensaios FTIR realizados no fixador – face A do isolador 2 em relação aos resultados FTIR da mesma posição do isolador 1 [18].
- i) As observações citadas nos itens f e g também validam as conclusões do artigo de D. Hartings [3], que afirma que, dependendo do índice pluviométrico e do grau de hidrofobicidade do isolador pilar polimérico, poderão ocorrer descargas superficiais no isolador.
- j) Ainda com relação ao isolador pilar polimérico pode ser observada a presença de substâncias incrustadas nas superfícies opostas de uma mesma saia, ao contrário dos isoladores bastão poliméricos instalados em estruturas de suspensão, onde ocorre uma lavagem natural das superfícies voltadas para a estrutura (ver figuras 5 e 6).

<sup>8</sup> Isolador pilar polimérico: fixador: lado do isolador que está mais próximo do condutor; face A- face voltada para o condutor; face B – face oposta à face A da saia.  
Isolador bastão polimérico: fixador: lado do isolador que é fixado à estrutura: face A – face voltada para o condutor; face B – face oposta à face A da saia..

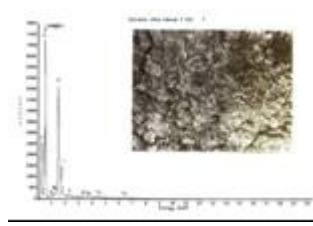
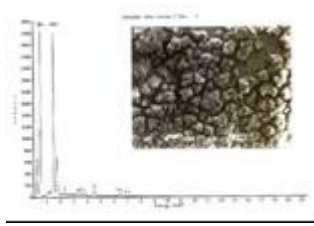


Figura 5 - Espectro EDS do isolador 2 Saia, Face A    Figura 6 - Espectro EDS do isolador 2 – Saia Face B

- k) Nos ensaios FTIR e MEV, a análise química das substâncias retiradas das superfícies dos isoladores, mostram diferentes composições, indicando que as substâncias analisadas são uma mistura da poluição depositada e da decomposição dos materiais existentes nas superfícies dos isoladores [5].
- l) A análise dos ensaios FTIR apresentou dados que são indicativos da concentração e do comprimento das cadeias de polímeros na superfície (com uma profundidade que varia de acordo com as características técnicas do equipamento usado nos ensaios) [4]. O parâmetro (100- % Percentual da transmitância) indica a concentração das cadeias de polímeros e é esperado que estes percentuais decresçam com o envelhecimento do isolador [4].
- m) Nos isoladores bastão poliméricos, retirados de estruturas de suspensão, a rugosidade das partes superiores das saias e dos núcleos dos isoladores é sempre maior que as existentes nas partes inferiores das saias [5].
- n) A sílica encontrada nos ensaios FTIR dos isoladores 2 e 3 é oriunda do solo localizado nos ambientes onde estavam instalados os isoladores. Foram agregadas às superfícies isolantes pelo silicone, oriundo da migração das cadeias poliméricas de baixo peso molecular.
- o) O zinco encontrado no ensaio MEV da parte interna dos isoladores ensaiados, quando associado ao boro, tem a função de retardante de chamas – com o objetivo de melhorar a flamabilidade do polímero [14].
- p) As grandes concentrações no isolador 3 de metais alcalinos, alcalinos terrosos e outros, deixam bem caracterizados os locais onde os mesmos se encontram instalados (Companhia Siderúrgica de Tubarão), conforme figura 7.
- q) As grandes concentrações de Ca, S, Si e Mg, assim como outros elementos, no isolador 3, caracterizam bem a região onde se encontram instalados – Cachoeiro de Itapemirim – onde há a extração de mármore,
- r) Comparando-se as imagens dos ensaios FTIR, realizados na face A do fixador (lado mais próximo do condutor energizado), dos isoladores 3 (CST) e 4 (Cachoeiro de Itapemirim), observa-se que o elastômero do isolador 3 sofreu um processo de oxidação mais acentuado. Tal fato é devido à concentração maior de metais no isolador 3 do que no isolador 4. [18] (ver figuras 8 e 9). O mesmo foi observado na saia A da face superior (lado mais distante do condutor energizado) dos isoladores 3 (CST) e 4 (Cachoeiro de Itapemirim) (ver figuras 10 e 11).

## 5.0 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### 5.1 Conclusões

- Os isoladores poliméricos retirados de linhas em operação na Escelsa, com índices de poluição situados entre pesado e muito pesado, apresentaram resultados indicativos que a vida útil dos mesmos é inferior aos 25 / 30 anos citados anteriormente. De acordo com a metodologia proposta em [8], e em função da similaridade da região em que se encontravam os isoladores ensaiados em [8], é apontada uma vida útil em torno de 10 a 15 anos.
- Os isoladores poliméricos de EPDM instalados na área de concessão da Enersul, já se encontram com vida útil superior a 15 anos, sem apresentar anomalias significativas. Tal fato demonstra o bom desempenho do isolador para áreas onde a distância de escoamento pode ser caracterizada por valores de leve e média poluição (16 a 20 mm/kV).

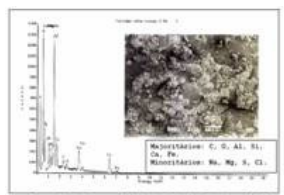


Figura 7 – Espectro EDS Isolador 3 fixador face B

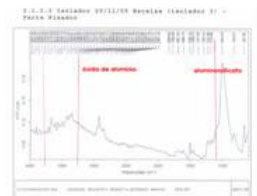


Figura 8 - isolador 3

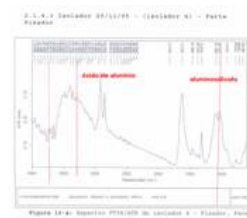


Figura 9 – isolador 4

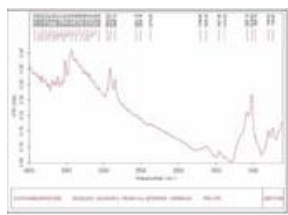


Figura 10 – isolador 3

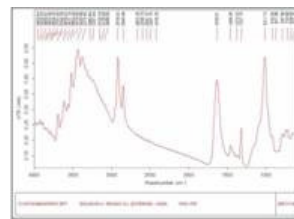


Figura 11 – isolador 4

- As condições climatológicas e de poluição a que estão submetidos os isoladores poliméricos da Escelsa e da Enersul, mostram que, após serem comparadas ao polímero do isolador novo, não ocorreram mudanças estruturais / envelhecimento nas camadas centrais do polímero (“bulk” do isolador). [5, 21].
- Na avaliação técnico-econômica da construção de novas linhas, ou reformas de linhas existentes, deverá ser dada especial atenção ao tipo de isolador, cerâmico ou polimérico, a ser usado (considerando que o custo com os isoladores corresponde a aproximadamente 6 a 10% do custo total dos materiais), pois o desempenho do mesmo dependerá do nível de poluição da região onde se encontra instalado.
- Não existe nenhuma recomendação técnica, na revisão bibliográfica realizada sobre o assunto, com relação ao menor grau de hidrofobicidade aceitável para os isoladores, com vistas a não ocorrerem anomalias que provoquem desligamentos das linhas em que os mesmos se encontram instalados.
- Na revisão bibliográfica realizada sobre limpeza de isoladores poliméricos, não foi encontrado nenhum procedimento, economicamente viável, para a recuperação dos isoladores poliméricos após 10 anos em operação. Foram realizados experimentos para a limpeza de isoladores poliméricos de linhas em operação na Enersul, onde o somatório dos custos de retirada das peças das linhas mais o custo de lavagem na oficina viabiliza a substituição do isolador usado por outro novo. Tal custo deverá ser computado quando da reforma de linhas existentes e construção de novos empreendimentos.

## 5.2 Recomendações

- Reavaliar os critérios para a definição dos tipos de isoladores a serem usados (cerâmicos e / ou poliméricos), em função dos resultados das técnicas de avaliação atualmente disponibilizadas para os isoladores poliméricos (ensaios e técnicas de inspeção em serviço). A exemplo do que já é praticado em diversas concessionárias, deve-se restringir o uso de isoladores poliméricos às linhas localizadas em área urbana e em locais de linhas rurais com elevado índice de vandalismo, onde o isolador de porcelana não apresenta desempenho satisfatório [1]. Tal providência trará redução de custos de manutenção e de interrupção do fornecimento de energia.
- A exemplo do que já foi realizado na Escelsa, as concessionárias deverão realizar estudos com relação à definição e identificação dos diversos índices de poluição existentes em suas áreas de concessão.

## 6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]. S. M. Gubanski, A. DernFalk, J. Anderson and H. Hillborg; Diagnostics Methods for Outdoor Polymeric Insulators, IEEE paper,
- [2]. A. De La O, R. S. Gorur and J. Chang, A, AC Clean Fog Tests on Non Ceramic Insulating Materials and a Comparison with Porcelain, IEEE Paper.
- [3]. Hartings, Ralf, The AC-Behavior of a Hydrophilic and Hydrophobic Post Insulator during Rain, IEEE Paper.
- [4]. Schneider H. M., Guidi W. W. , Burnham J. T., Gorur R. S. And Hall J. F., Accelerated Agind and Flashover Tests on 138 kV Nonceramic Line Post Insulators, IEEE Paper.

- [5]. Vlastós Antonios E, Gubanski Stanislaw M., Surface Structural Changes of Naturally Aged Silicone and EPDM Composite Insulators, IEEE Paper.
- [6]. Burnham J. T., Busch D. W., Renowden J. D., FPL's Christmas 1991 Transmission Outages. IEEE Paper.
- [7]. Reynders J. P. , Jandrell I. R., Reynders S. M., Surface Ageing Mechanisms and their Relationship to Service Performance of Silicone Rubber Insulation, IEEE Paper.
- [8]. Ramírez J., Sabino M., Da Silva E., Rodríguez J., Martínez M., Bermúdez J., Ren J., Ferraz A., Studies on Polymeric Insulators for Transmission Systems under Natural Aging Conditions, IEEE Paper.
- [9]. Gorur R. S., Chang J. W., Amburgey O.G., Surface Hydrophobicity of Polymers used for Outdoor Insulation, IEEE Paper.
- [10]. Gorur R. S., Karady G.G., Jagota A., Shah M., Yates A. M., Aging in Silicone Rubber used for Outdoor Insulation, IEEE Paper.
- [11]. Chang J. W., Gorur R. S., Hydrophobicity of Silicone Rubber used for Outdoor Insulation, IEEE Paper.
- [12]. Gorur R. S., O A de la, Flashover of Contaminated Nonceramic Outdoor Insulators in a Wet Atmosphere, IEEE Paper.
- [13]. Gubanski Stanislaw, Biological Contamination on Insulators, INMR Magazine.
- [14]. Gubanski Stanislaw,, Effect of Biological Growths on Properties of Silicone Rubber Housings, INMR Magazine.
- [15]. Vlasós A. E., Sörqvist T., Field Experience of Ageing and Performance of Polymeric Composite Insulators, Revista Electra do CIGRE.
- [16]. Relatório de Ensaio DVLA-50359/07-C, CEPEL.
- [17]. Relatório de Ensaio DVLA-50360/07-C, CEPEL.
- [18]. Relatório dos ensaios realizados pela Rhodia / Bluestar Silicones.
- [19]. Technical Specification IEC / TS 62073:2003(E) "Guidance on the measurement of wettability of insulator surfaces", 1st Ed. 2003-06.
- [20]. STRI Guide for Visual Identification of Deterioration & Damages on Suspension Composite Insulators, Guide 5, 2005.
- [21]. Viviani, Luciana C., Comparativo entre Silicone e EPDM, voltado para aplicações em isoladores elétricos, 12° EXPOBOR - Congresso Brasileiro de Tecnologia da Borracha, Maio 2008.