

# Chave fusível com duplo isolamento

## *Fuse switch with double insulation*

**Rômulo Damasceno**

**Moura**

romulo@coelce.com.br  
Universidade Federal do  
Ceará

**Ricardo Silva Thé Pontes**

ricthe@dee.ufc.br

Universidade Federal do  
Ceará

### **Resumo**

Este artigo aborda a implantação de um novo modelo de chave fusível para ser utilizado em locais com alto índice de poluição salina. Foram utilizadas como laboratório as redes de distribuição existentes nas cidades de Aracati, Fortim e Icapuí, onde se observou um excelente desempenho da chave fusível com duplo isolamento para as situações em que existia um alto índice de poluição salina. Para chegar a esse modelo, foram desenvolvidos vários protótipos, os quais eliminavam a corrente de fuga ocasionada pela poluição salina. Pôde-se constatar a conservação dos elos fusíveis, já que, no período de grande poluição salina, os registros de operações incorretas dos elos fusíveis ocasionados pela poluição salina eram evidentes na rede de distribuição. O trabalho enfatiza as principais características, a confiabilidade e a segurança no fornecimento de energia desse novo modelo de chave fusível.

**Palavras-chave:** Salina. Poluição. Chave.

### **Abstract**

This paper proposes the establishment of a new model of switch fuse to be used in areas with high saline pollution. The distribution networks were used as an experience in the towns of Aracati, Fortim and Icapuí, which noticed an excellent performance of the switch fuse with double isolation for situations where there was a high rate of saline pollution. To achieve this model of switch fuse several prototypes were developed, which eliminated the leakage current caused by the saline pollution. Using this new switch fuse can observe the conservation of fuse links, since the period of high saline pollution, the records of incorrect operation of fuse links, caused by pollution saline were evident in the distribution network. The work emphasizes the main features, reliability and security of energy supply, this new model switch fuse.

**Keywords:** Saline. Pollution. Switch.

## **1 Motivação**

A poluição salina é um evento natural que afeta diretamente o funcionamento do sistema elétrico, sendo exclusivo de áreas litorâneas. Se não forem realizadas ações para minimizar os seus efeitos, como lavar os equipamentos com periodicidade, ela pode ocasionar a queima de transformadores, chaves fusíveis e isoladores de pino.

Em parte da orla marítima do Brasil, compreendida do litoral da Paraíba e Rio Grande do Norte até o litoral do Piauí, a névoa salina dissipada no ar tem uma concentração de sal considerada a 2ª maior do mundo, perdendo apenas para o Mar Morto.

Nessas regiões, existe a necessidade de cuidados especiais com as partes isolantes das chaves fusíveis, que têm como função principal isolar o potencial das partes energizadas para a terra, pois a perda de parte dessa rigidez dielétrica pelo caminhamento produzido por poluentes condutores resulta em operações das proteções do sistema ou danos dinâmicos ao equipamento, ou seja, falhas no fornecimento de energia sem que exista um defeito de contato com a terra.

Consequências diretas desse defeito são: a falta de energia, gerando insatisfação aos clientes; a perda de tempo por parte das equipes de atendimento emergencial; e a perda de recursos por parte da concessionária de energia.

Para minimizar esse problema, é realizado um cronograma de inspeção no sistema de distribuição elétrica e, quando é verificado que a poluição salina está acentuada nessas regiões, são realizadas lavagens das estruturas e instalação de chaves fusíveis com nível de isolamento de 24 kV (ABNT, 1990).

A primeira ação citada é muito importante, pois podemos observar que isoladores, transformadores e chaves fusíveis permanecem um período sem apresentar qualquer interrupção provocada por salinidade quando lavados no período correto.

Observações feitas no tratamento de casos de névoa salina mostraram que, mesmo agindo preventivamente e seguindo todas as recomendações, ainda havia o risco de perder um alimentador no momento da lavagem, pois, em situações na qual a estrutura estava muito poluída, qualquer falta de atenção poderia ocasionar um curto-circuito entre as fases ou entre uma das fases e a cruzeta.

Quando esses equipamentos estão muito poluídos, eles podem perder as suas características dielétricas e permitir a ionização do ar, tornando esse meio um excelente condutor para formação de arcos elétricos, principalmente no momento em que for jateada água para retirar a sujeira.

Essas atuações imprevistas interrompiam todas as programações das equipes de manutenção, pois, quando ocorria a atuação de vários conjuntos de chaves fusíveis simultaneamente, muitos clientes ficavam sem energia e, para normalizar o sistema, era necessária a solicitação de equipes de apoio ao centro de controle, além das equipes de atendimento emergencial da região. Tal procedimento impedia as equipes de manutenção de realizarem as manutenções preventivas programadas para aquela data em que a chuva provocou a atuação dos elos fusíveis.

Procurando resolver esse problema que sazonalmente surgia em regiões que sofriam com a poluição salina, foram idealizadas algumas alternativas para conseguir superar essas anomalias em isolamento das redes por efeitos naturais. Como não se pode controlar a natureza, a alternativa foi inserir uma resistência entre a cruzeta e a chave fusível, pois os efeitos de poluição salina seriam minimizados se a distância de escoamento entre a parte energizada e a parte ligada à terra fosse aumentada.

Seguindo essa linha de pensamento, foram montados alguns protótipos de chaves fusíveis com isoladores de porcelana e vidro na parte de fixação da chave fusível para analisar o comportamento dessa nova configuração de chave fusível instalada no sistema elétrico.

Após algum tempo de observação, verificou-se que os isoladores de porcelana não estavam apresentando o desempenho esperado. Eles não conseguiam garantir uma boa fixação entre a chave fusível e o isolador, por possuírem, em sua parte de fixação, uma extremidade arredondada. Em algumas situações em que era necessário operar a chave fusível nessa configuração, observava-se que ela girava e provocava dano e interrupção do sistema (ABNT, 2009).

Já os isoladores de vidro apresentavam-se como uma boa opção para essa nova ferramenta contra a ação da poluição salina, por possuírem na parte de fixação uma extremidade quadrada. Porém, observou-se que nem todos os isoladores de vidro poderiam ser utilizados dentre os dois tipos existentes. O que se melhor adequa é o isolador de pino grosso (ABNT, 2009).

Como esse tema abre um leque para várias discussões, este trabalho limitar-se-á a tratar o tema da chave fusível com duplo isolamento, referente às linhas que atendem as redes elétricas de distribuição de energia.

A chave fusível com duplo isolamento será analisada com mais profundidade posteriormente, focando na sua viabilidade técnica e econômica.

A chave do tipo porta fusível é um equipamento constituído de elementos destinados à proteção do circuito contra danos e efeitos dinâmicos resultantes de curto-circuito no sistema elétrico, sendo facultativa sua utilização para cortar circuitos em situações de manutenção e manobras na distribuição do sistema elétrico.

É fabricada em vários modelos, de acordo com o nível de tensão, corrente, nível de isolamento (NBI) e distância de escoamento.

A distância de escoamento é de fundamental importância na escolha da chave em um projeto elétrico quando observado o meio ambiente das instalações, principalmente para evitar o vazamento da parte energizada das chaves fusíveis instaladas em ambientes agressivos de poluição para as estruturas de concreto, as quais representam o referencial para a terra, em especial, na distribuição de energia elétrica em zonas litorâneas. A inobservância desse fato resulta em:

- Interrupções instantâneas no sistema de distribuição: as chaves fusíveis que possuem pequena distância de escoamento por curtos espaços de tempo, variáveis em função das características regionais climáticas, agregam poluentes em seus isoladores. Quando isso ocorre, não oferece isolamento suficiente para evitar escoamento dos pontos de contato do cartucho “porta fusível” até o ponto mecânico de sustentação, sendo inevitável a passagem de tensão vs. corrente para a terra. Assim, ocorrem indesejadas atuações das proteções do sistema elétrico, sem que de fato o defeito seja factível.
- Interrupções no sistema de distribuição: nos casos em que as chaves fusíveis se encontram com alto nível de poluição e escoamentos constantes, ocorrem interrupções nos sistemas de distribuição, por conta de alta umidade do ar, chuvas inesperadas ou lavagem programada dessas chaves, muitas vezes interpretada erroneamente como uma ocorrência no sistema elétrico, causada por defeito próprio do equipamento.
- Perda técnica: sabendo-se que os escoamentos propiciam a passagem de tensão vs. corrente para a terra, certamente temos também perda técnica em potencial, levando-se em conta que um conjunto de distribuição possui um considerável número de chaves fusíveis instaladas e, normalmente, nos sistemas localizados em zonas litorâneas, todas essas chaves apresentam escoamentos em potenciais variáveis pelo efeito corona. Temos, assim, um considerável nível de perda técnica ao somar o potencial perdido por esse efeito em cada ponto de escoamento.

Devem ser tomados cuidados especiais de transporte, manuseio e instalação das chaves, por serem dotadas de um isolador à base de porcelana esmaltada. Quando esse esmalte é destacado por qualquer motivo, a instalação fica bastante comprometida em ambientes agressivos, facilitando a agregação de poluentes, umidade e, conseqüentemente, o escoamento. Esses problemas de ordem técnica produzem alto custo de manutenção na substituição do equipamento, gerando elevação do custo nas áreas de suprimento e operacional para as empresas de distribuição de energia.

### **1.1 Descrição Detalhada do Sistema em Estudo**

A Coelce na cidade de Aracati possui um centro de serviço responsável pela manutenção na rede de distribuição de energia.

Para atender a essa demanda, o centro de serviço de Aracati dispõe de 10 funcionários, 3 equipes de atendimento emergencial 24h com cinco homens trabalhando em escala, 2 equipes de manutenção composta por dois homens trabalhando em horário comercial e 1 equipe de construção composta por seis homens trabalhando em horário comercial, totalizando um efetivo de 25 pessoas para realizar manutenções corretivas e preventivas nos alimentadores de responsabilidade.

Existem sob sua responsabilidade 16 alimentadores, distribuídos da seguinte forma: alimentador rural/ urbano ou alimentador praia/sertão.

Seguindo essa divisão, temos como alimentadores rurais: ART01N1, ART01N4, ICP01N1, ICP01N3, ITC01I2, ITC01I3, JGA01N1, JGA01N2 e JGA 01N4. Os alimentadores urbanos são: ART01N2, ART01N3, ART01N5, ART01N6, ICP01N2, ITC01I1 e JGA01N3.

Dividindo esses 16 alimentadores entre praia e sertão, temos a seguinte divisão: alimentadores do sertão – ART01N4, ICP01N3, ITC01I1, ITC01I2, ITC01I3, JGA01N1, JGA01N2, JGA01N3, JGA01N4 – e alimentadores de praia – ART01N1, ART01N2, ART01N3, ART01N5, ART01N6, ICP01N1, ICP01N2.

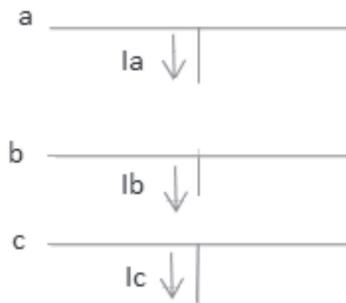
Neste trabalho, iremos focar nossa atenção nos alimentadores de praia, que consomem mais tempo e necessitam de maior quantidade do investimento, pela complexidade do sistema no qual estão inseridos. Para melhor compreensão, os alimentadores de praia são responsáveis por 70% das anomalias registradas pelos inspetores das linhas de distribuição e por 80% do consumo do orçamento destinado à manutenção do sistema.

Nessas manutenções, são substituídos isoladores, chaves fusíveis, chaves seccionadoras, transformadores e postes danificados pela ação da maresia. No ano de 2011, até o mês de julho, foram substituídos 278 chaves fusíveis, 110 chaves seccionadoras, 240 isoladores e 103 postes em todo o centro de serviço de Aracati.

Nos alimentadores de praia, estão sendo substituídas as chaves fusíveis convencionais por chaves fusíveis com duplo isolamento, para eliminar por completo o problema das atuações indevidas, ocasionadas pela poluição salina. No ano de 2011, foram substituídas 250 chaves fusíveis com duplo isolamento nos alimentadores de praia do centro de serviço de Aracati.

## 1.2 Falta Assimétricas em Sistema de Potência

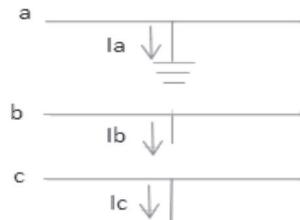
A Figura 1 mostra um circuito unifilar que representa um sistema trifásico com as suas respectivas correntes.



**Figura 1:** Circuito unifilar de um sistema trifásico equilibrado.  
**Fonte:** WAGNER, Evans (1933).

### Falta entre fase-terra simples

Uma falta entre fase-terra simples, ou falta monofásica, ocorre quando uma das fases tem um ponto de contato com a terra, gerando um desequilíbrio no sistema de potência. Um exemplo muito comum desse tipo de falha ocorre quando um isolador perde as suas características de isolamento e permite que a corrente que circula pelo condutor encontre um caminho de passagem alternativo para a estrutura de concreto. A Figura 2 mostra um circuito trifásico com uma falta entre fase-terra simples.



**Figura 2:** Circuito trifásico com falta entre fase-terra.  
**Fonte:** WAGNER, Evans (1933).

Utilizando as técnicas de componente simétrica, pode-se chegar à equação adequada para esse tipo de falha. A corrente de falta de sequência positiva pode ser calculada através das equações 1 e 2.

$$I_{a1} = I_{a2} = I_0 \quad (1)$$

$$I_{a1} = \frac{V_f}{Z_1 + Z_2 + Z_0} \quad (2)$$

Em que:

$I_0$  = corrente sequência zero

$I_{a1}$  = corrente na fase A, sequência positiva

$I_{a2}$  = corrente na fase A, sequência negativa

$V_f$  = tensão na fonte

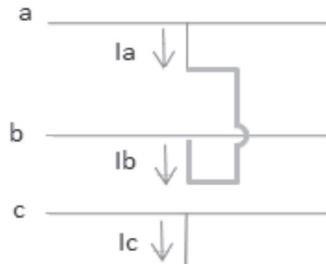
$Z_0$  = impedância sequência zero

$Z_1$  = impedância sequência positiva

$Z_2$  = impedância sequência negativa

### Falta entre fase-fase

Uma falta fase-fase ocorre quando há o contato entre pelo menos duas fases, gerando um desequilíbrio no sistema de potência – é uma falta bifásica. Um exemplo muito comum desse tipo de falha é quando os condutores de um vão não se encontram bem tensionados e qualquer ventania pode ocasionar o choque entre eles. A Figura 3 mostra um circuito trifásico com uma falta entre fase-fase.



**Figura 3:** Circuito trifásico com falta entre fase-fase.

**Fonte:** WAGNER, Evans (1933).

Quando ocorre uma falta entre duas fases, as relações existentes entre tensões e a corrente de sequência positiva nessa ocorrência serão vistas nas equações 3 e 4.

$$V_{c1} = V_{c2} \quad (3)$$

$$I_{c1} = \frac{V_f}{Z_1 + Z_2} \quad (4)$$

Em que:

$I_{c1}$  = corrente na fase C, sequência positiva

$V_{c1}$  = tensão na fase C, sequência positiva

$V_{c2}$  = tensão na fase C, sequência negativa

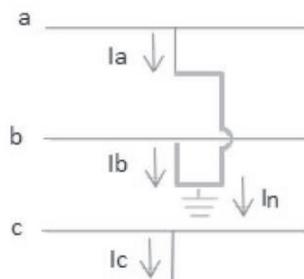
$V_f$  = tensão na fonte

$Z_1$  = impedância sequência positiva

$Z_2$  = impedância sequência negativa.

### Falta entre duas fases-terra

Outro tipo de falta bifásica ocorre quando duas fases entram em contato com o referencial para a terra, gerando um curto-circuito que não é muito comum no sistema de potência: a falta entre duas fases-terra. A Figura 4 mostra o circuito trifásico com a respectiva falta.



**Figura 4:** Circuito trifásico com falta entre duas fases-terra.

**Fonte:** WAGNER, Evans (1933).

As equações 5 e 6 apresentam as relações entre as tensões e a equação para a obtenção da corrente de sequência positiva nesse tipo de falha.

$$V_{c1} = V_{c2} = V_{c0} \tag{5}$$

$$I_{c1} = \frac{V_f}{z_1 + z_2 z_0 / (z_2 + z_0)} \tag{6}$$

Em que:

$I_{c1}$  = corrente na fase C, sequência positiva

$V_{c0}$  = tensão na fase C, sequência zero

$V_{c1}$  = tensão na fase C, sequência positiva

$V_{c2}$  = tensão na fase C, sequência negativa

$V_f$  = tensão na fonte

$Z_0$  = impedância sequência zero

$Z_1$  = impedância sequência positiva

$Z_2$  = impedância sequência negativa

#### Atuação das proteções do sistema

Estudos mostram que praticamente todo desligamento não programado é provocado por curto-circuito nos sistemas de distribuição com neutro solidamente aterrado, conforme a Tabela 1.

**Tabela 1:** Causas de curto-circuito no sistema de distribuição.

Tipo de Curto-Circuito	Probabilidade
3 Fases	1%
2 Fases	14%
Fase-terra	85%

Fonte: Autor (2011).

A Tabela 1 é contundente ao mostrar que 85% dos curtos-circuitos são monofásicos (fase-terra), provocados principalmente por descargas atmosféricas, contatos de árvores com a rede, falhas em equipamentos, animais, vento, abalroamentos, vandalismos, falhas humanas em operações do sistema e outros. Diante desse fato comum aos sistemas de distribuição, o grande desafio do projeto consiste em solucionar o pior problema, ou seja, a localização de falta com parâmetros ligados a faltas provocadas por curto-circuito do tipo fase-terra (Ft). Caso a opção fosse a localização de falta por curto-circuito bifásicos ou trifásicos, isso seria de fácil solução.

### 1.3 Análise do Sistema antes da Aplicação da Nova Configuração de Chave Fusível

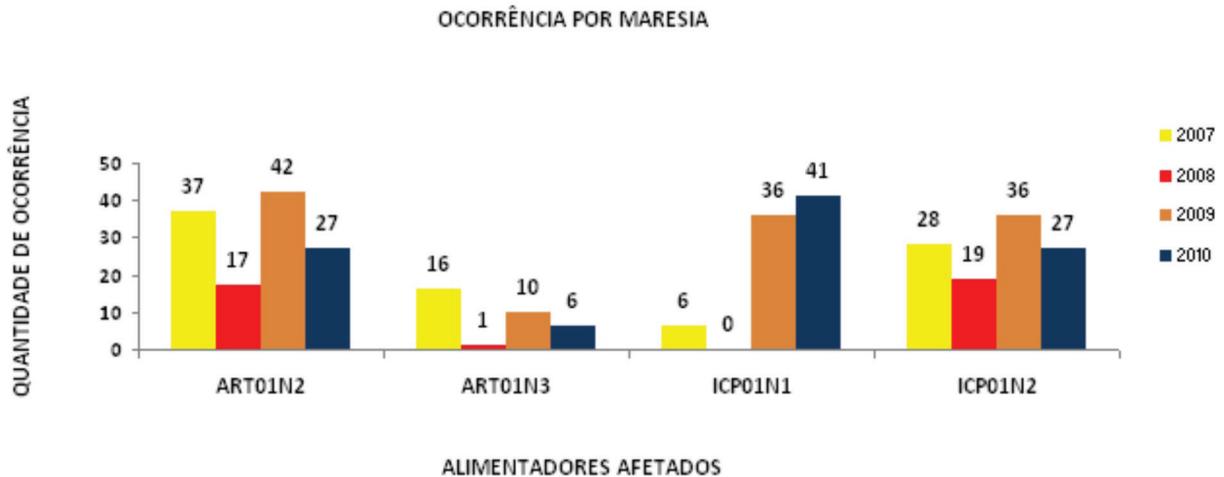
Sazonalmente, após o período chuvoso, as redes de distribuição de energia elétrica localizadas nas áreas litorâneas são constantemente poluídas por uma névoa salina, formada por partículas de água misturadas com sal, sendo a principal responsável por uma série de problemas nas linhas de distribuição.

Verificando que, nos meses de estiagem que se iniciam a partir do mês de agosto, surgiam várias ocorrências originárias dessa poluição salina, em muitos casos, ocorria a atuação das chaves fusíveis indevidamente. Foi observado que essa atuação só era constatada nesse período em que essa poluição era mais acentuada pela ausência das chuvas, as quais serviam para limpar esse acúmulo de poluição.

Quando essa poluição estava muito acentuada, bastava uma chuva passageira de poucos milímetros para que ocorresse a atuação indevida das chaves fusíveis existentes nessa região, sendo um grande problema para as equipes de atendimento emergencial, pois em um só dia houve caso de atuação de mais de 90 chaves fusíveis, ocasionando um transtorno para as equipes de emergência e para os consumidores.

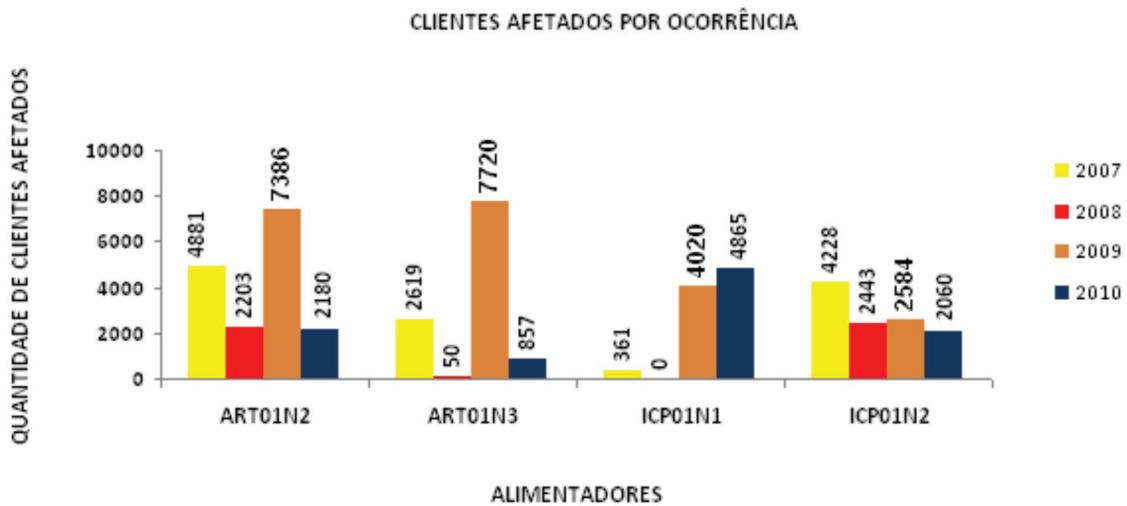
Um grande desafio para o setor de manutenção, técnicos da Coelce verificaram que as chaves danificadas possuíam algo em comum, pois todas tinham trilhas de escoamento entre o contato fixo e a base de fixação na estrutura de concreto.

A Figura 5 mostra as ocorrências em que a causa registrada foi maresia. Esse acompanhamento foi realizado entre os anos de 2007 e 2010.



**Figura 5:** Ocorrências por maresia.  
**Fonte:** Autor (2011).

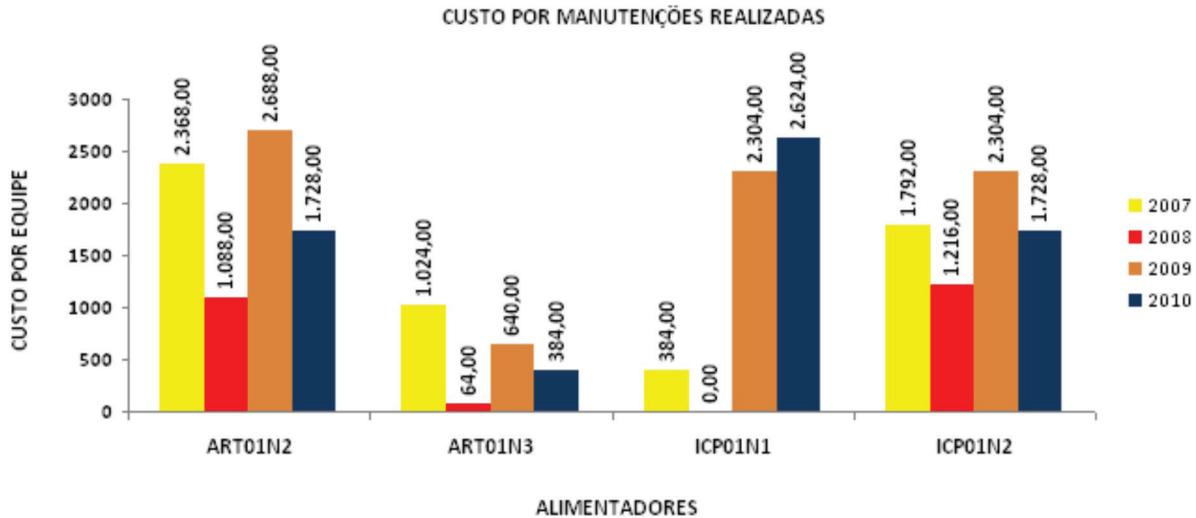
A Figura 6 mostra o número de clientes afetados nos alimentadores provenientes de interrupções ocasionadas por maresia.



**Figura 6:** Clientes afetados por ocorrências por maresia.  
**Fonte:** Autor (2011).

O total de clientes afetados por maresia no período de 2007 a 2010 se assemelha a uma interrupção que venha a afetar todo o centro de serviço Aracati, o qual possui um quantitativo de 55.000 clientes. Nesse acompanhamento, foram registrados 52.000 clientes afetados.

A Figura 7 mostra o acompanhamento dos custos com lavagem nos alimentadores que recebem influência da poluição salina.

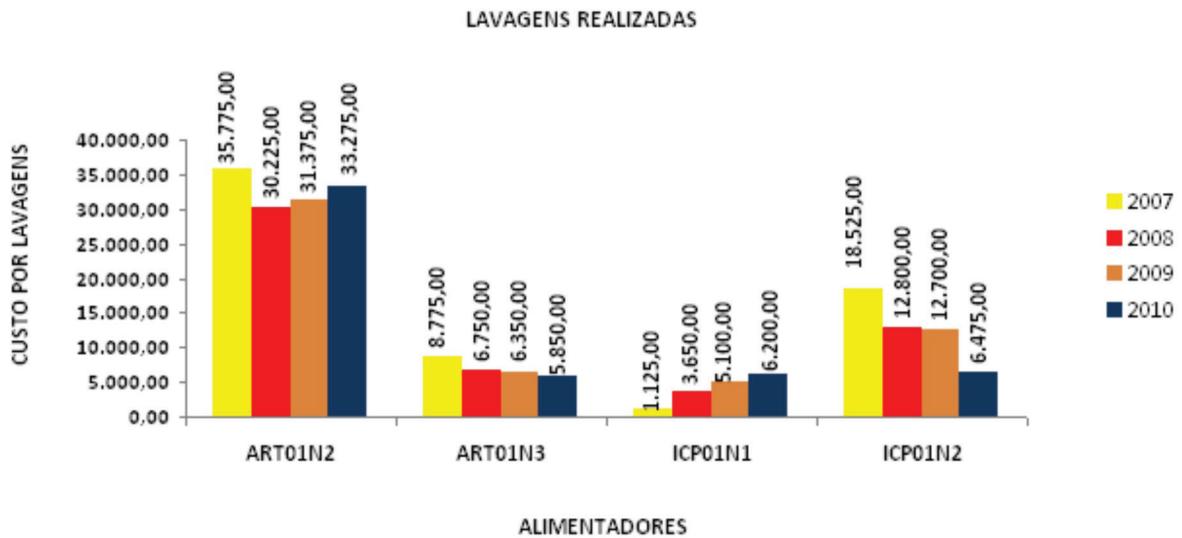


**Figura 7:** Custos de lavagem por alimentador.

**Fonte:** Autor (2011).

Nesses quatro anos, foram gastos cerca de R\$ 258.000,00 em lavagens de alimentadores para amenizar os efeitos da névoa salina. Algumas dessas lavagens nas estruturas, por estas se encontrarem muito poluídas, ocasionam a interrupção do fornecimento de energia no trecho lavado.

A Figura 8 mostra os custos com as equipes de manutenção para restabelecer o sistema nessas ocorrências provenientes da ação da poluição salina.



**Figura 8:** Custos por manutenções realizadas.

**Fonte:** Autor (2011).

Pode ser observado que os custos de manutenção corretiva e preventiva nesses alimentadores que recebem a influência da névoa salina são elevados, impactando diretamente nos recursos destinados à manutenção do sistema elétrico. Nesse período em que foi realizado este estudo, foi gasto com manutenção e lavagem cerca de R\$ 283.089,00 para manter esse sistema de distribuição.

## 2 Metodologia

O problema tinha sido identificado, mas não existia nenhuma solução no mercado para ele. A única ferramenta utilizada para esses casos era a utilização de chaves fusíveis com tensões de 24 kV, mas ainda era necessária uma sistemática de lavagem para que não ocorressem atuações indevidas, as quais eram constantes nas chaves fusíveis com tensões de 17 kV.

No momento em que se realizavam as lavagens mecânicas, corria-se o risco de curto-circuito entre a parte energizada e a estrutura de concreto. Em muitos casos, as chaves eram danificadas e os clientes tinham o fornecimento de energia interrompido. Não se sabia como eliminar essa corrente de fuga existente, mas essa circulação periódica geraria a destruição da chave em um curto espaço de tempo.

Para eliminar essa circulação, pensou-se em instalar, entre a chave e a estrutura de fixação, um isolador de amarração, tipo porcelana, de 15 kV. A solução do problema estava tomando um rumo, mas ainda não estava resolvido, pois se constatou que os isoladores de porcelana resolviam o problema da corrente de fuga, mas surgiu outro problema: o movimento da chave fusível no momento em que era manobrada, facilitada pela parte arredondada do olhal de fixação do isolador de amarração.

Em alguns casos, isso era capaz até de provocar curto-circuito entre as fases. A Figura 9 apresenta o isolador de parcela utilizado na fixação da chave fusível.



**Figura 9:** Primeiro protótipo da chave fusível com duplo isolamento.

**Fonte:** Autor (2011).

Como o isolador de porcelana possuía essa limitação mecânica, iniciou-se o estudo com outro tipo de isolador de amarração, o de vidro, que tinha as mesmas características e com o olhal de fixação no formato quadrado, o qual dificultaria o giro da chave fusível. Esse foi o segundo protótipo da chave fusível com duplo isolamento.

Aprontar a chave fusível com duplo isolamento era um verdadeiro trabalho artesanal, dominado por poucos, impossibilitando, assim, a disseminação do projeto. Em uma das etapas de preparação, era necessário serrar parte do isolador de vidro para permitir a fixação da base metálica em “L” da chave fusível. A Figura 10 apresenta o isolador de vidro utilizado na fixação da chave fusível.



**Figura 10:** Segundo protótipo da chave fusível com duplo isolamento.

**Fonte:** Autor (2011).

Foram desenvolvidas as junções para fixar o isolador na base de fixação em “L” e outra junção para fixar o isolador e a base da chave fusível. A Figura 11 mostra as junções de fixação relacionadas.



**Figura 13:** Junções de fixação da chave fusível com duplo isolamento.

**Fonte:** Autor (2011).

O modelo atual de chave fusível com duplo isolamento (Figura 14) pode ser montado rapidamente por qualquer pessoa e corrige as anomalias de corrente de fuga e de movimento da chave no momento em que ela é manobrada.



**Figura 14:** Modelo atual da chave fusível com duplo isolamento.

**Fonte:** Autor (2011).

A utilização da chave fusível com duplo isolamento tem como objetivo principal garantir que as chaves fusíveis operem corretamente, eliminando as atuações indevidas causadas pela poluição salina.

### 3 Resultados e Discussão

Para constatar a eficiência da utilização desse isolador de amarração associado a uma chave fusível, foram realizados dois ensaios com chaves fusíveis novas, cujos valores de corrente de fuga foram praticamente iguais. Na Figura 15, pode-se verificar o ensaio com a chave fusível nova.



**Figura 15:** Ensaio com chave fusível com duplo isolamento.

**Fonte:** Autor (2011).

No segundo momento, foram realizados ensaios com chaves fusíveis retiradas do campo com aproximadamente o mesmo tempo em operação no sistema elétrico, podendo-se constatar a eficiência na utilização da chave fusível com duplo isolamento.

Na Figura 16, são mostradas as chaves fusíveis utilizadas para o ensaio no laboratório da B&Q.



**Figura 16:** Chaves fusíveis utilizadas nos ensaios.

**Fonte:** Autor (2011).

O ensaio tinha como objetivo submeter as chaves fusíveis a cinco diferentes tensões elétricas, sendo registrado o valor instantâneo de corrente de fuga sobre cada tensão aplicada, tendo ainda que suportar a maior tensão aplicada durante um tempo de três minutos. Ao final, devia-se registrar o valor da corrente de fuga.

Também se observou no ensaio a magnitude da corrente de fuga quando a chave fusível estava sob poluição natural e quando estava sob essa mesma poluição, mas com água sendo aspergida em condição condutiva.

Para melhor identificação, as chaves fusíveis foram referenciadas com os códigos CF-1/10 e CF-2/10. Iniciou-se o ensaio com a chave CF-1/10, que havia sido instalada no campo com o duplo isolamento (ABNT, 2005).

Na chave CF-1/10 (Figura 17), foram realizados os ensaios com a chave fusível sob poluição natural, com a configuração convencional e com o duplo isolamento, sendo constatados valores de corrente de fuga diferentes.

Fig. 4.14 Chave CF-1/10.



Figura 17: Chaves fusíveis CF-1/10.

Fonte: Autor (2011).

Na Figura 18, são apresentadas as curvas com os valores das correntes de fuga coletados na chave CF-1/10, com ensaio realizado a seco, sob poluição natural.

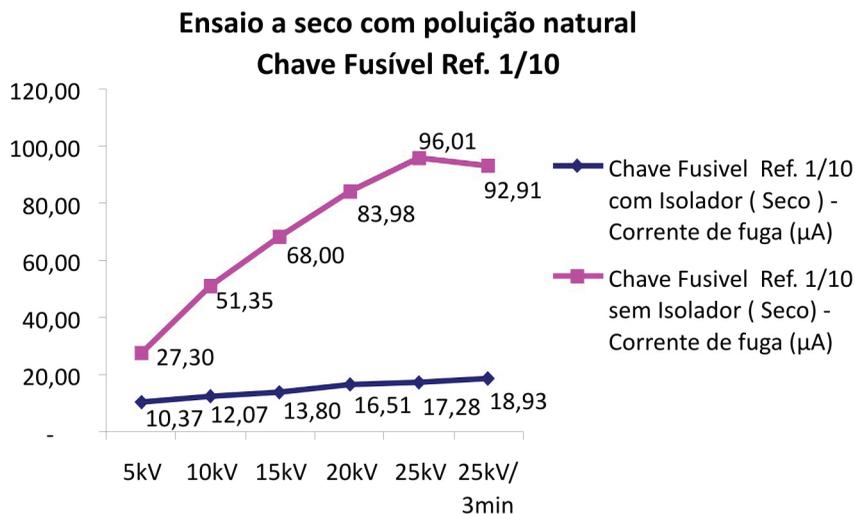
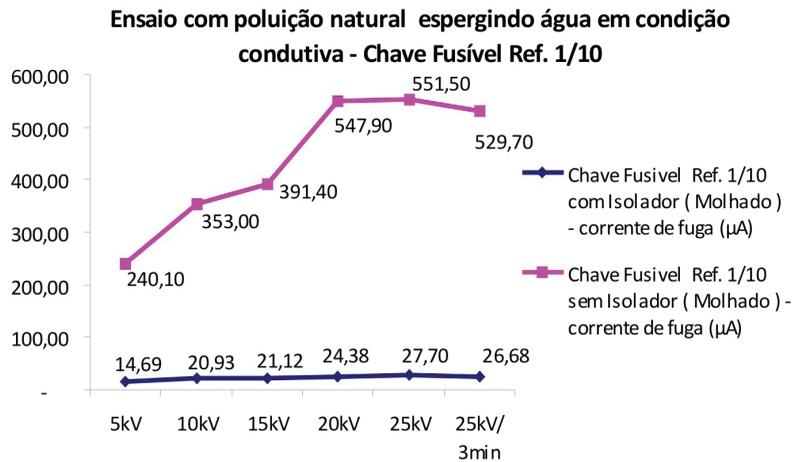


Figura 18: Correntes de fuga na chave CF-1/10 com ensaio a seco.

Fonte: Autor (2011).

Na Figura 19, são mostradas as curvas com os valores das correntes de fuga coletados na chave CF-1/10, com ensaio realizado sob poluição natural e água sendo aspergida em condição condutiva.



**Figura 19:** Correntes de fuga na chave CF-1/10 aspergindo água em condição condutiva.

**Fonte:** Autor (2011).

Seguindo o mesmo procedimento, foram realizados os ensaios na chave CF-2/10, que foi instalada no campo como uma chave fusível convencional, sendo também constatados valores de corrente de fuga diferente.

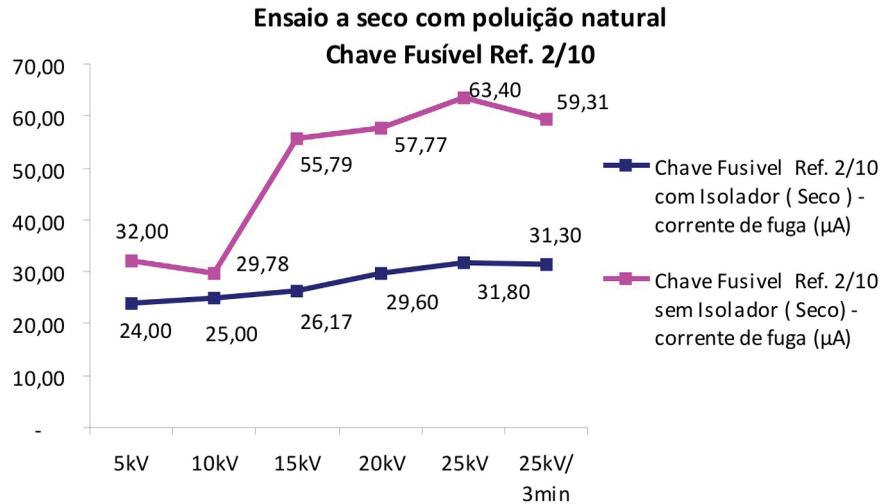
A Figura 20 mostra a chave CF-2/10, na qual foi realizado o ensaio sob poluição natural, com a configuração convencional e com duplo isolamento.



**Figura 20:** Chave CF-2/10.

**Fonte:** Autor (2011).

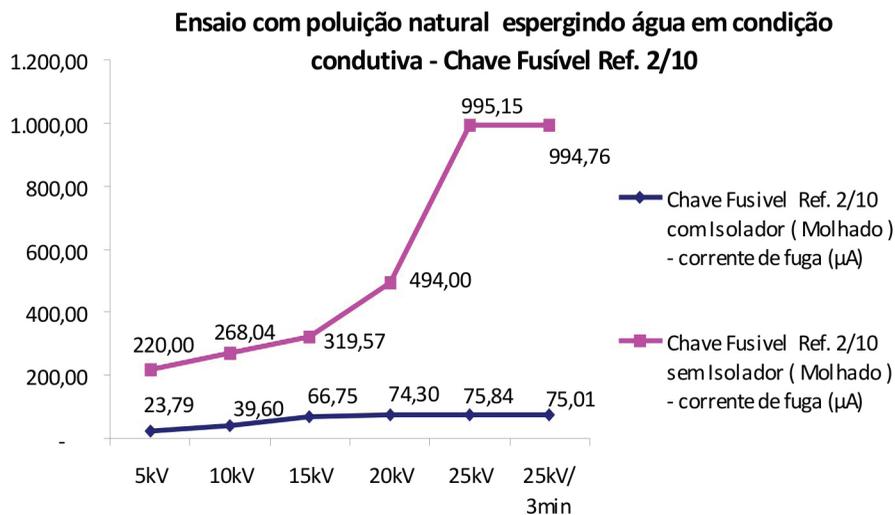
A Figura 21 mostra as curvas com os valores das correntes de fuga coletados na chave CF-2/10, com ensaio realizado a seco, sob poluição natural, utilizando as duas configurações descritas.



**Figura 21:** Correntes de fuga na Chave CF-2/10 com ensaio a seco.

**Fonte:** Autor (2011).

Na Figura 22, são mostradas as curvas com os valores das correntes de fuga coletados na chave CF-2/10, com ensaio realizado sob poluição natural e água sendo aspergida em condição condutiva.



**Figura 22:** Correntes de fuga na chave CF-2/10 aspergindo água em condição condutiva.

**Fonte:** Autor (2011).

#### 4 Conclusão

A chave fusível com duplo isolamento é uma opção viável e segura para o sistema elétrico de potência, pois, em muitos casos, no momento da execução da lavagem mecânica, os técnicos se expõem aos riscos de condutibilidade pela água, caso esta não tenha um baixo PH.

A substituição de chave fusível de 17 kV por uma de 24 kV também é muito utilizada, gerando custos adicionais aos processos de manutenção das concessionárias. Em muitos casos, não se consegue manter baixa a circulação de corrente de fuga ao longo do tempo. Essa corrente de fuga pode danificar a chave fusível e ocasionar atuações indevidas, como foi relatado neste artigo.

A segurança de técnicos e terceiros também foi observada. Prezando pela segurança, a chave fusível com duplo isolamento está sendo implementada em regiões de alto índice de poluição salina. Os problemas identificados ao longo

dos anos por causa da poluição salina instigaram a equipe do centro de serviço da Coelce em Aracati a buscar soluções para esse incômodo – problema que sazonalmente surge nas redes de transmissão e distribuição.

A chave fusível com duplo isolamento se mostrou como uma solução viável e eficaz para os problemas com os quais elas se deparavam nos meses de ausência de chuvas, uma vez que eliminam por completo as atuações indevidas que ocorrem nas chaves fusíveis convencionais.

Os custos para substituir uma chave fusível por uma chave fusível com duplo isolamento é irrisório, pois o preço das peças adicionadas com o isolador de vidro chega ao valor de R\$ 42,00. O preço pago por uma hora trabalhada de uma equipe de atendimento custa à concessionária de energia R\$ 64,00. Pode-se verificar que o retorno desse projeto é imediato.

No ano de 2011, foram instaladas no centro de serviço Aracati 250 chaves com duplo isolamento, sendo esperada uma redução de R\$ 15.000,00 na execução das lavagens, correspondendo a 30% do orçamento para execução de lavagem de linhas, e uma redução de R\$ 4.000,00 com equipes de atendimento emergencial, correspondendo a 60% do valor gasto para atender ocorrências cuja causa é a poluição dos equipamentos pela maresia.

## Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 7109*: isolador de disco de porcelana ou vidro dimensões e características. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 8124*: chaves fusíveis de distribuição: classe 2. Rio de Janeiro, 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 10621*: isoladores utilizados em sistemas de alta tensão em corrente alternada: ensaios de poluição artificial. Rio de Janeiro, 2005.

MAMEDE FILHO, J. *Manual de equipamentos elétricos*. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2005.

WAGNER, C. F.; EVANS, R. D. *Componentes simétricas*. New York: McGraw-Hill, 1933.

## Sobre os Autores

### Rômulo Damasceno Moura

Engenheiro Eletricista pela Universidade Federal do Ceará – UFC. Mestrando em Engenharia Elétrica, área Eletrônica de Potências e Acionamentos Elétricos, pela Universidade Federal do Ceará – UFC. Engenheiro Responsável pelo Centro de Serviço da Coelce em Aracati-CE.

### Ricardo Silva Thé Pontes

Engenheiro Eletricista pela Universidade Federal do Ceará – UFC. Mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade de Brasília. Doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Uberlândia. Atualmente, é Professor Associado II da Universidade Federal do Ceará. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Máquinas Elétricas, Automação Industrial e Eficiência Energética, atuando principalmente nos seguintes temas: Eficiência em Força Motriz, Máquinas de Indução Linear, Máquinas Elétricas de Relutância e Monitoramento Digital de Sistemas Ambientais.