



## XVIII Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica

SENDI 2008 - 06 a 10 de outubro

Olinda - Pernambuco - Brasil

### Proteção da Interconexão de Cogeneradores em Paralelo com o Sistema de Distribuição da CPFL

Evaldo Flausino Senne	Paulo César Scarassati	Evaldo Baldin Dias
CPFL Paulista	CPFL Paulista	CPFL Paulista
<a href="mailto:flausino@cpfl.com.br">flausino@cpfl.com.br</a>	<a href="mailto:pcsc@cpfl.com.br">pcsc@cpfl.com.br</a>	<a href="mailto:baldin@cpfl.com.br">baldin@cpfl.com.br</a>

#### PALAVRAS-CHAVE

Geração Distribuída  
Religadores  
Distribuição  
Proteção

#### RESUMO

O artigo tem como objetivo mostrar os métodos utilizados para conexão de autoprodutores (com vendas de excedentes ou não) e produtores independentes em paralelo com o sistema de distribuição da CPFL, sob os aspectos de proteção da interconexão, qualidade de fornecimento, operação e a utilização de religadores em redes rurais de distribuição para sistemas de geração distribuída - 15/25 kV, podendo ser utilizado o procedimento para outras concessionárias, dependendo da configuração.

A operação de usinas de um modo geral e principalmente no sistema de distribuição, apresenta particularidades que podem vir a ser problemas de grandes proporções para produtores que pretendem operar com geração própria em paralelo com o sistema elétrico.

Serão abordadas soluções adotadas, quando da conexão de geradores em paralelo com o sistema.

## 1. INTRODUÇÃO

O atendimento de cargas de forma radial e isolada não se torna atrativa, devido à baixa confiabilidade dessa configuração operativa, quando comparada a um sistema interligado.

Os requisitos para operação em paralelo de uma maneira geral, são definidos segundo o nível de tensão em que se dará o paralelismo: na distribuição, onde as tensões nominais de operação das redes podem ser de 15 / 25 kV, ou no nível de subtransmissão, onde as tensões nominais de operação das linhas podem ser 138 / 88 / 69 kV. A definição do nível de tensão se fará no ponto de interligação entre os sistemas da concessionária e do autoprodutor, em função da demanda de exportação e também do menor custo global do empreendimento.

Os requisitos técnicos de proteção visam garantir a integridade dos sistemas elétricos e equipamentos da concessionária e do autoprodutor na ocorrência de defeitos.

Embora superficialmente, dado o enfoque principal do presente trabalho, pode-se mencionar os principais aspectos abordados no estabelecimento daqueles requisitos:

- forma de ligação dos transformadores de acoplamento dos turbogeradores à rede elétrica;
- capacidade máxima de curto-circuito num ponto qualquer da rede de distribuição, estando os sistemas em paralelo;
- disponibilidade mínima para que os relés garantam as várias funções necessárias à supervisão dos sistemas operando em paralelo;
- periodicidade mínima para realização de manutenções preventivas, com rotina de emissão de relatório por parte do autoprodutor;
- obrigatoriedade de observância às instruções operativas específicas, que constam do contrato de compra de excedentes, onde são regulamentados os procedimentos de manobra em condições normais e de emergência, critérios de comunicação, etc..

## 2. AUTOPRODUTORES

Os autoprodutores necessitam proteger os geradores não somente contra curtos-circuitos, mas também para outras condições de operação anormal, que são: superexcitação, sobretensão, correntes desbalanceadas, frequências anormais e stress no eixo do gerador, devido ao religamento automático dos disjuntores das concessionárias (caso o gerador ainda estiver no sistema). Quando sujeitas a estas condições, podem ocorrer em alguns segundos, perdas e/ou falhas no gerador, e estes danos devem ser a maior preocupação dos cogeneradores.

### 2.1 Concessionária

#### 2.1.1 Religamentos

Quando ocorre atuação de seus equipamentos de proteção, a concessionária necessita restabelecer o fornecimento de energia, o mais rapidamente possível, e esse esforço é muito complicado, tendo geradores de cogeneradores ilhados atendendo cargas da concessionária. O Religamento automático, que é universalmente o primeiro método adotado para restabelecer o atendimento aos consumidores o mais rápido possível, torna-se delicado, pois havendo geradores no modo ilhado, há sérios riscos de se ter o fechamento sem sincronização entre os geradores com carga ilhada e a fonte da concessionária.

### 2.1.2 *Qualidade da Energia Elétrica*

Não há garantia da manutenção de níveis adequados de tensão e frequência pelos cogeneradores, quando operando em modo ilhado. Assim, podem ocorrer danos em equipamentos de consumidores da concessionária, que estejam sendo supridos nessa condição.

### 2.1.3 *Segurança*

Com o paralelismo, há riscos técnicos ou de segurança para outros consumidores, bem como ao próprio sistema elétrico e ao pessoal de operação e manutenção, quando não são tomadas as precauções necessárias.

## 2.2 *Religadores de Distribuição ao Longo dos Alimentadores*

A utilização de religadores automáticos convencionais ao longo da rede de distribuição melhora os indicadores de continuidade de fornecimento, em razão de sua característica de operação, cuja função é restabelecer automaticamente a alimentação, no caso de faltas momentâneas e em caso de faltas permanentes evita a interrupção do sistema urbano de distribuição.

Quando da conexão de um gerador em paralelo com o sistema de distribuição, torna-se arriscada a utilização do religador, pois poderia ocorrer um religamento sobre o gerador, caso o mesmo ainda não tivesse sido desconectado do sistema, em tempo hábil.

Uma solução utilizada no passado era a retirada de serviço do equipamento ou o bloqueio da função de religamento, o que refletia negativamente nos índices de qualidade, ou optava-se por soluções mais onerosas, como a construção de um alimentador expresso juntamente com um novo *bay* de saída da subestação.

A solução para este tipo de problema, é a utilização otimizada de funções de proteção do religador, que somente alguns equipamentos modernos possuem.

Sugere-se que o painel do religador seja provido de um controle microprocessado que disponha além das funções convencionais, proteções direcionais de fase e terra, sobrecorrente de seqüência negativa e se possível, funções de verificação de tensão para religamento.

A fim de melhorar a qualidade, poderá também ser provido de outras funções (desejável) tais como: religamento com verificação de sincronismo, lógicas de teleproteção.

Dependendo da necessidade, o equipamento deverá possuir as seguintes funções:

- Utilização de proteções convencionais (50/51, 50/51N);
- Substituição ou aplicação de proteção adicional em função da análise de demanda de exportação e contribuição de curto-circuito (67, 67N, 50/51, 50/51N, 27, 59, 32 e 81);
- Necessidade da utilização de TP's para verificação de tensão nas 3 (três) fases e possibilidade de religamento através do uso de relé de verificação de sincronismo (25 e 79);
- Utilização da proteção de sobrecorrente de seqüência negativa (46) em razão de baixos níveis de curto-circuito no ponto mais distante da rede, caso haja necessidade;
- Utilização das lógicas de teleproteção e protocolo de comunicação relé-a-relé em conjunto com rádios digitais para uma otimização da confiabilidade e segurança do esquema de proteção.

A operação e aplicação deste equipamento já foi testada e verificada em campo com sucesso. As medições mostraram que os resultados dos novos índices de qualidade, monitorados e controlados, geraram uma redução de custos e alta qualidade de fornecimento aos esquemas de geração distribuída.

### **2.3 Conexão de Geradores em Paralelo**

Serão abordadas agora, soluções adotada, com o objetivo de manter o fornecimento de energia elétrica os consumidores dentro de níveis adequados de qualidade e determinados pela ANEEL, além de manter os indicadores de Qualidade para o atendimento dos consumidores, levando-se sempre em consideração que a topologia do sistema elétrico de distribuição foi inicialmente concebida para o atendimento exclusivamente a cargas, e que a conexão de pequenos geradores embutidos altera significativamente as configurações da região geo-elétrica considerada.

### **2.4 Proteção e religamentos**

Como a filosofia de proteção do sistema foi desenvolvida para a distribuição de energia elétrica e necessita restabelecer rapidamente o sistema, visando garantir a qualidade do fornecimento de energia, utilizam-se religamentos automáticos nos disjuntores dos alimentadores, religadores instalados ao longo dos alimentadores e das linhas de subtransmissão.

Com a conexão em paralelo de geradores de autoprodutores no sistema de distribuição, existe a preocupação com as seguintes possibilidades:

- religamento dos disjuntores de distribuição e de subtransmissão, ou religadores instalados ao longo dos alimentadores da concessionária sobre o gerador do acessante, caso o mesmo não tenha ainda se desconectado do sistema. Este religamento poderá ocasionar stress ou mesmo danificar o gerador permanentemente, dependendo da condição que se encontra o sistema no momento do religamento;
- manter níveis aceitáveis de confiabilidade, continuidade e qualidade de energia;
- segurança aos demais consumidores e ao pessoal de operação e manutenção da concessionária;
- quando ocorridos problemas nas instalações do acessante e equipamentos, não ocorra prejuízo nas condições de fornecimento de energia elétrica da concessionária para os demais consumidores;
- aumento dos níveis de curto-circuito no sistema elétrico;
- alteração do alcance de algumas proteções;
- alteração das condições de operação do sistema elétrico;
- defeitos ou falhas no sistema de subtransmissão;
- inversão do fluxo da energia de exportação para o sistema de subtransmissão.

Os relés a serem implementados nas dependências do autoprodutor não garantem a saída de paralelo, quando houver faltas ou defeitos na subestação de distribuição e também no sistema de subtransmissão, não garantindo assim, a segurança requerida.

Diante do exposto, são solicitadas as adaptações adequadas tanto nas subestações do autoprodutor como na concessionária, visando a continuidade de fornecimento e também proporcionando a segurança aos geradores a serem conectados e aos que irão operar os ativos da concessionária.

### **2.5 Requisitos para o Paralelismo**

#### **2.5.1 Condições Gerais**

Com a conexão de geradores em paralelo com o sistema de distribuição, o autoprodutor deverá se preocupar com as proteções a serem instaladas no disjuntor de interligação e demais equipamentos que

façam o paralelismo, de modo que o desfaça e o bloqueie prontamente sempre que ocorrer quaisquer distúrbios (curto-circuito, fase aberta, variação acentuada de tensão e/ou frequência, etc.) ao longo do alimentador até a subestação da concessionária (tronco e ramais), visando a preservação de suas próprias instalações.

O esquema de proteção do autoprodutor deverá ser suficientemente rápido, de forma a não prejudicar a operação do religamento automático de alta velocidade dos circuitos alimentadores do sistema elétrico. Esta medida tem a finalidade de evitar que o sistema feche o paralelo fora de sincronismo, podendo danificar o gerador do autoprodutor, assim como minimizar o tempo de interrupção para os demais consumidores.

A capacidade de geração do autoprodutor deve ser dimensionada para que, nas condições elétricas mais desfavoráveis, haja garantia de que tensões e correntes de curto-circuito no sentido dos geradores para o sistema da concessionária atinjam valores mínimos necessários, para que as proteções instaladas nos pontos de interligação possam operar com segurança.

Os geradores do autoprodutor devem ser removidos do paralelo através de disjuntores acionados por relés secundários, sempre que ocorrer uma anomalia (curto-circuito, queda de tensão anormal ou variação de frequência acentuada, falta de fases ou fase, etc.) no sistema elétrico da concessionária ou na própria instalação do autoprodutor, quando for impossível isolar o defeito por outros meios.

#### *2.5.2 Requisitos Específicos*

A seguir, são apresentados alguns requisitos específicos (conforme figura 1) adotados pela concessionária para a conexão de autoprodutores em paralelo com o seu sistema de distribuição:

- Existência de um disjuntor de interligação localizado entre a instalação do autoprodutor e a concessionária;
- Os disjuntores e/ou qualquer equipamento de manobra que permita o paralelismo sem supervisão do relé de sincronismo, deverão possuir intertravamento de forma a evitar o fechamento do paralelo por meio destes;
- A segurança do sistema dependerá das ações corretas de toda a estrutura organizacional do autoprodutor;
- O autoprodutor deverá dotar o seu sistema elétrico de um eficiente esquema de rejeição das cargas não prioritárias e de abertura do(s) disjuntor(es) de paralelismo, a fim de que distúrbios de tensão, frequência e oscilações provenientes do sistema elétrico não afetem as suas cargas prioritárias e os seus geradores;
- O paralelismo deverá ser feito com geradores trifásicos, 60 Hz;
- Todos os geradores do autoprodutor deverão estar ligados à rede primária através de transformador de acoplamento;
- Utilização de proteções convencionais (67, 50/51, 50/51N, 27, 59, 59N, 32, 81, 25) e ou substituição ou aplicação de proteção adicional em função da análise de demanda de exportação e contribuição de curto-circuito (67-51V ou 21), de tal maneira que, faltas, falhas, surtos atmosféricos, correntes de seqüência negativa excessivas ou outras perturbações na rede da concessionária não causem danos às suas instalações.

#### *2.5.3 Esquemas de Proteção do Autoprodutor*

Na figura 1, observamos o esquema de proteção usado pelo autoprodutor conectado na rede de distribuição (15/25 kV).

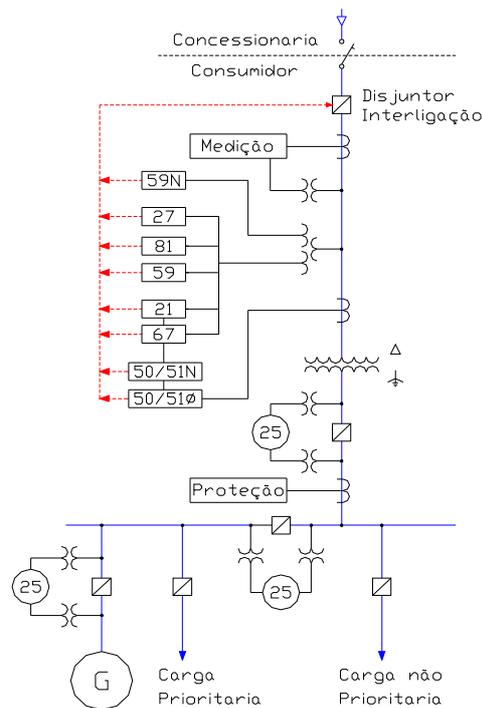


Figura 1 – Proteção do Autprodutor para cogeração

## 2.6 Adaptações Necessárias na Subestação de Distribuição da CPFL

Certas adaptações nas subestações de distribuição são fundamentais (Figura 2), pois as proteções do gerador em paralelo (disjuntor de interligação) não são sensibilizadas por curto-circuito na Linha de Subtransmissão. Assim, as adaptações necessárias na subestação da CPFL visam complementar a proteção do autprodutor, com o seguinte objetivo:

- No caso de falta no sistema de subtransmissão, proteções adicionais para desconectar o disjuntor do alimentador onde seria conectado o autprodutor em paralelo;
- Verificação de tensão na saída de alimentador (15/25 kV) onde seria conectado o autprodutor em paralelo.

### 2.6.1 Proteções adicionais

- É implementado um esquema de proteção de modo que, para qualquer tipo de falta que possa ocorrer, seja na linha de subtransmissão ou no barramento que alimenta a subestação, seja na própria SE da concessionária, o disjuntor do alimentador, onde será conectado o autprodutor em paralelo, seja desconectado. Dessa forma, tem-se condição de proceder o religamento normal no sistema de Subtransmissão e dar-se continuidade de fornecimento, nos casos de defeitos transitórios.
- Este esquema é constituído por relés direcionais – 67 (ou distância – 21, que pode ser aplicado como opção ou complemento ao relé 67, dependendo da análise de demanda de exportação e contribuição de curto circuito), por relés de sobretensão de seqüência zero – 59N e por relés de tensão nula de corrente contínua – 27-0, que estão acondicionados em uma Cabine de Proteção de Autprodutor (CPA), acoplada próximo à estrutura de 15/25 kV. O relé de tensão nula de corrente contínua 27-0, atuará se houver falta de corrente contínua na CPA e também irá desligar automaticamente o disjuntor do alimentador que está em paralelo com o autprodutor.

Para curto-circuito dentro da Subestação da CPFL, as proteções atuarão nas suas respectivas filosofias adotadas e também abrirá o disjuntor do alimentador que está em paralelo com o autoprodutor, assim como para anomalias ao longo do próprio alimentador.

### 2.6.2 Verificação de Tensão no Alimentador

- É implementado uma lógica de religamento, para que, quando da abertura do disjuntor do alimentador que estiver em paralelo com o cogedor, evitar o religamento do sistema sobre o gerador, caso este ainda estiver conectado.
- Para isso é solicitado o relé de subtensão 27CA, que estará conectado aos TPs instalados na saída do disjuntor do alimentador que estiver em paralelo com o autoprodutor, verificando constantemente a tensão no circuito. No caso de um curto circuito, havendo tensão no alimentador (fato que significa que o cogedor está no circuito sustentando cargas do alimentador), o disjuntor não religa, e não havendo tensão (cogedor está fora do circuito), o religamento é completado normalmente. Depois de normalidade o paralelo será feito pelo cogedor através do disjuntor de interligação do autoprodutor.

### 2.6.3 Esquemas de Proteção da Subestação de Distribuição da CPFL

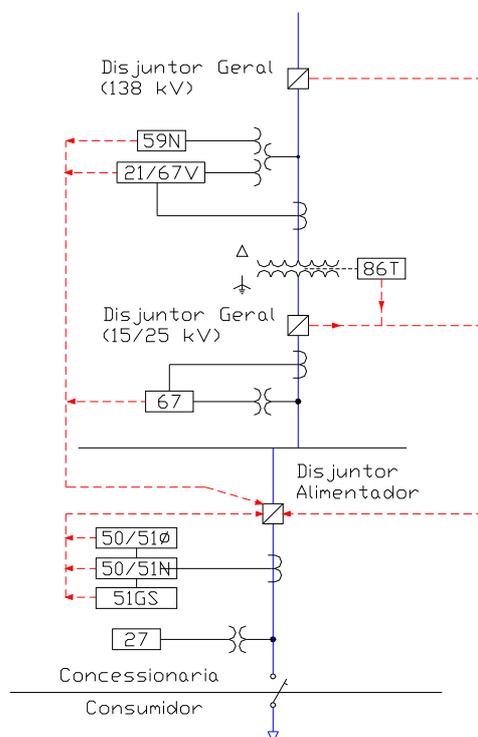


Figura 2 – Adequação da Proteção na SE para co-geração

## 2.7 Adaptações Necessárias no Sistema de Subtransmissão da CPFL

Para uma situação na qual a subestação de distribuição da CPFL esteja sendo alimentada por um ramal proveniente de uma Subestação de subtransmissão (radial), normalmente é necessária a implementação de um esquema de proteção para a verificação de tensão no ramal de subtransmissão, para que, quando da abertura do disjuntor em que o cogedor em paralelo estiver conectado, se evite o religamento sobre o gerador, caso este ainda estiver conectado.

Para isso, o relé de sincronismo é necessário. Ele estará conectado por TP (69 ou 88 ou 138 kV) e será instalado na saída do disjuntor do ramal, cuja função será verificar constantemente a tensão e o sincronismo no circuito. No caso de um curto-circuito, havendo tensão no ramal (fato que significa

que o cogedor está no circuito sustentando as cargas) fora do sincronismo, o relé não permitirá o religamento do disjuntor. Por outro lado se não houver tensão (cogedor está fora do circuito), o religamento é completado normalmente, sem problemas para o autoprodutor, para o qual, posteriormente, o paralelo poderá ser feito pelo disjuntor de interligação do autoprodutor.

Dependendo da potência do gerador a ser conectado no sistema elétrico, o mesmo pode provocar um “in feed” grande no sistema (para sistema em anel), fazendo com que para um curto-circuito na linha de subtransmissão, os relés da CPA e ou mesmo os relés da LT não atuem corretamente para o defeito. Neste caso é necessário o uso da teleproteção. A mais comumente utilizada pela CPFL é a transferência de disparo direto (DTT) associada com a transferência de disparo permissivo por sobrealcançe (POTT).

### 3. NOVOS RECURSOS NA ENGENHARIA DE DISTRIBUIÇÃO

#### 3.1 Proteção Contra Falta Fase-Fase Mais Rápida e Sensível

Elementos de sobrecorrente de seqüência negativa foram adicionados aos relés numéricos. Os elementos de sobrecorrente de seqüência negativa podem ser ajustados para responder com maior rapidez e sensibilidade às faltas fase-fase do que a tradicional proteção de sobrecorrente de fase, porque os elementos de sobrecorrente de seqüência negativa não respondem a cargas de corrente balanceadas.

Da mesma forma como elementos de sobrecorrente de terra, os elementos de sobrecorrente de seqüência negativa podem ser ajustados abaixo dos níveis de corrente de carga. Por outro lado, os relés de sobrecorrente de fase têm de ser ajustados acima dos níveis de corrente de carga, tornando-se insensíveis para a detecção de faltas bifásicas com baixo nível de curto-circuito.

Tabela 1 mostra que correntes de seqüência negativa são geradas durante as faltas não balanceadas. Com a utilização de elementos de sobrecorrente de seqüência negativa, os elementos de sobrecorrente de fase são necessários apenas para faltas trifásicas.

**Tabela 1**

Comparação entre Cobertura da Proteção Tradicional e da Nova Proteção								
Condição do Sistema	Correntes Geradas			Cobertura da Proteção Tradicional		Cobertura da Nova Proteção		
	Corrente de Fase ( $I_p$ )	Corrente Seq. Negativa ( $I_2$ )	Corrente Seq. Zero ( $I_0$ )	Elementos de Sobre Corrente de Fase	Elementos de Sobre-Corrente Residual / Terra	Elementos de Sobre-Corrente de Fase	Elementos de Sobre-corrente de Seq. Negativa	Elementos de Sobre-corrente Residual / Terra
Falta FT	X	X	X		X			X
Falta FFT	X	X	X	X	X		X	X
Falta FF	X	X		X			X	
Falta Trifásica	X			X		X		
Carga Balanceada	X							

Os elementos de sobrecorrente de seqüência negativa também podem cobrir faltas fase-fase-terra, onde a resistência de falta à terra seja alta. Alta resistência de falta à terra faz a falta fase-fase-terra parecer como uma falta fase-fase para um relé.

O método de ajustes para elementos de sobrecorrente de seqüência negativa requer um esforço mínimo de coordenação.

### 3.2 Religamento Seguro

Como mencionado anteriormente as concessionárias necessitam restabelecer o mais rapidamente possível o alimentador quando desconectado após a eliminação de uma falta. Para uma falta no ponto F (figura 3), os disjuntores A e B devem abrir para eliminar a falta, fazendo com que todos os consumidores atendidos por este alimentador sofram uma interrupção no fornecimento de energia.

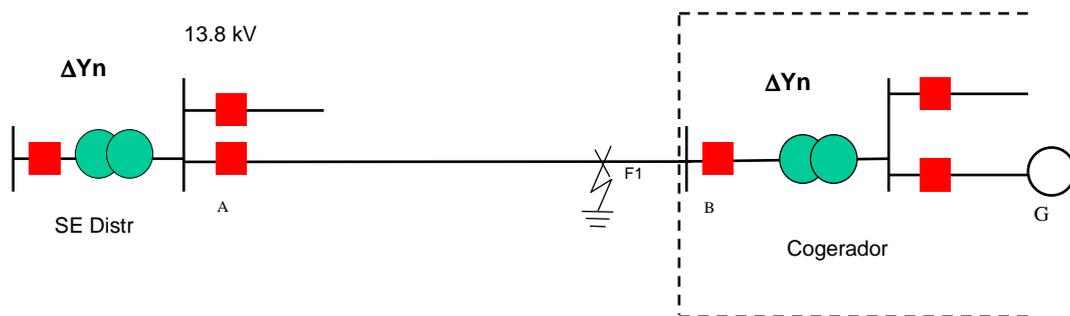


Figura 3

Com a instalação de um religador, conforme mostrado na figura 4, a mesma falta no ponto F será eliminada pela abertura do religador e do disjuntor B, fazendo com que um menor número de consumidores sofra uma interrupção no fornecimento de energia. Porém para que o religamento seja feito com segurança, o relé do religador deverá ter facilidades que possibilitem a verificar a ausência de tensão no trecho de alimentador compreendido entre o religador e o cogerador, para que não haja o risco de ocorrer um religamento com o gerador ainda conectado.

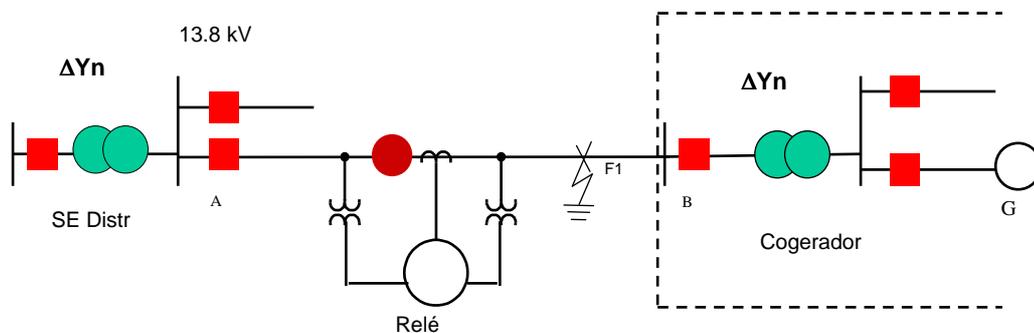


Figura 4

Uma maior sensibilidade para detecção de faltas é outro benefício da instalação deste religador, uma vez que o pick-up dos elementos de sobrecorrente poderá ser ajustado em um valor menor.

## 4. APLICAÇÕES PRÁTICAS

Com a implementação dos novos recursos disponibilizados pela engenharia de distribuição, foram verificados ganhos significativos na utilização dos religadores.

Serão apresentados três dos casos em que foram quantificados os benefícios obtidos.

No primeiro caso, foi instalado um religador automático de distribuição em um dos dois alimentadores que atendem uma cidade localizada na região nordeste do estado de São Paulo, com 7700 consumidores.

Nos segundo e terceiro casos, um religador existente foi substituído por outro, que foi adaptado com novas funções de proteção, mantendo os indicadores de continuidade praticamente estáveis. Um dos equipamentos está instalado em um dos dez alimentadores que atendem uma cidade localizada na região noroeste do estado de São Paulo, com 37800 consumidores; o outro está instalado em um dos três alimentadores que atendem uma cidade localizada na região central do estado de São Paulo, com 4550 consumidores. Nesses dois casos, fez-se uso de uma ferramenta de simulação, para estimativa dos indicadores de continuidade, na hipótese de que não se adaptassem os religadores com as novas funções.

Na Tabela 2 são apresentados os ganhos obtidos com as soluções adotadas.

**Tabela 2**

<b>Melhorias percentuais sobre valores anualizados</b>				
<b>Caso</b>	Região do Estado	<b>Melhoria nos indicadores das cidades envolvidas</b>		
		<b>DEC</b>	<b>FEC</b>	<b>END</b>
<b>1</b>	Nordeste	21,9%	23,3%	18,2%
<b>2</b>	Noroeste	6,4%	4,4%	11,5%
<b>3</b>	Central	21,5%	28,1%	25,1%

Onde:

DEC – duração equivalente de interrupção por consumidor

FEC – frequência equivalente de interrupção por consumidor

END – energia não distribuída

## **5. CONCLUSÕES**

Com a adoção dos critérios apresentados, há condição de se manter a mesma qualidade de fornecimento de energia aos consumidores atendidos pelo mesmo alimentador em que estão conectados autoprodutores, com segurança ao próprio sistema elétrico e ao pessoal de operação e manutenção dos sistemas de distribuição.

Com relação às adaptações adicionais necessárias na proteção, nas subestações, no sistema de subtransmissão da concessionária, e também nos alimentadores de distribuição, verifica-se o aporte de benefícios ao próprio acessante, que consiste na garantia de desconexão o mais rapidamente possível, além de se evitar o religamento dos disjuntores nos geradores, caso os mesmos não tenham sido desconectados do sistema. Espera-se assim, que seja mantida também, a integridade dos sistemas elétricos e de equipamentos da Concessionária, em situações de defeitos.

## **6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

MOZINA, C. J. - “Protección de Interconexiones de Generadores de IPP Usando Tecnología Digital” – Reunion de Verano de Potencia - Acapulco, Mexico -1999

SENNE, E. F., MOHALLEM, C. A. G., SCARASSATI, P. C. , SALLES, N. J., IWAMOTTO, H. e SUZUKI, M. – Critérios de Proteção de Proteção e Manobra Condicionada para a Conexão de Autoprodutores em Paralelo com o Sistema de Distribuição da CPFL, VII – STPC 2003

CPFL, Norma Técnica - Ligação de Autoprodutores em Paralelo com o Sistema de Distribuição da CPFL

SCHWEITZER, E. O. III, SCHEER, G. W., FELTIS, M. W. – “A Fresh Look at Distribution Protection” – II International Symposium on Distribution, Automation and Demand Side Management, Florida 1992

ELNEWEIHI, A. F., SCHWEITZER, E. O., FELTIS, M. W. - “Negative-Sequence Overcurrent Element Application and Coordination in Distribution Protection” - IEEE Transactions on Power Delivery, Volume 8, Number 3, July 1993, pp. 915-924

ELNEWEIHI, A. F. - “Useful Applications for Negative-Sequence Overcurrent Relaying” - 22nd Annual Western Protective Relay Conference, Spokane, Washington, October 24-26, 1995.

DIAS, E. B. – “Avaliação de Indicadores de Continuidade e seu Impacto no Planejamento de Sistemas de Distribuição”. Dissertação de Mestrado – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (SP), 2002