



**XX Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica**  
**SENDI 2012 - 22 a 26 de outubro**  
**Rio de Janeiro - RJ - Brasil**

<b>Ivan Navolar</b>	<b>Celso Ternes Leal</b>	<b>Fabio Misiak</b>
<b>Schneider Electric Brasil LTDA</b>	<b>CELESC Distribuição S.A.</b>	<b>Schneider Electric Brasil LTDA</b>
ivan.navolar@gmail.com	celstl@celesc.com.br	fabio.misiak@schneider-electric.com

### **Transferência Automática de Fontes em Redes de Distribuição Subterrânea**

#### **Palavras-chave**

Rede de Distribuição Subterrânea Compacta  
Redes Inteligentes  
Transferência Automática

#### **Resumo**

Este trabalho apresenta um Sistema de Rede de Distribuição Subterrânea de Energia Elétrica Compacta com Transferência de Fontes Automática. O método utilizado nesse sistema consiste em utilizar chaves seccionadoras subterrâneas com comandos inteligentes que manobram a rede de maneira a otimizar a continuidade do serviço. O sistema é monitorado por um software SCADA e possui comunicação via GPRS. Todos os dados e eventos são monitorados online, possibilitando análise de eventos e intervenções remotas nos equipamentos. Esta configuração está instalada e em operação na cidade de Joinville, Santa Catarina e é operada pela concessionária de energia CELESC Distribuição S.A.

#### **1. Introdução**

A busca do aprimoramento das redes de distribuição vem sendo cada vez mais freqüente nas concessionárias distribuidoras de energia. Tendo em vista este cenário, a CELESC Distribuição optou por um sistema moderno e inteligente de distribuição subterrânea em substituição ao antigo sistema de distribuição aéreo na cidade de Joinville, Santa Catarina. O sistema fica localizado na Avenida Visconde de Taunay conhecida como Via Gastronômica onde os comerciantes reivindicavam uma melhoria estética, no entanto além desta melhoria o sistema ganhou em qualidade, confiabilidade e segurança.

O sistema escolhido consiste em quatro subestações compactas e abrigadas, cada uma é composta por uma chave seccionadora de 4 vias, controle inteligente da seccionadora, um transformador e um painel de baixa tensão.

## 2. Desenvolvimento

### *Tipos de Sistemas de Distribuição*

O sistema de distribuição inicial instalado era o aéreo convencional, que é caracterizado pela composição de condutores nus, apoiados sobre isoladores de vidro, porcelana ou poliméricos, fixados em cruzetas de madeira ou fibra, no circuito de média tensão, abaixo é instalado o circuito de baixa tensão.

Para esta configuração de rede o sistema fica vulnerável a influências do meio ambiente, podendo ter falhas por todos os tipos de ocorrências em que uma rede aérea está sujeita, como intempéries, abalroamentos, vegetação, meio animal e outros. Esta situação exige intervenções constantes e de curto prazo, como podas, manutenções preventivas e corretivas (VELASCO, p. 679-686, 2006).

Existem outros três tipos de sistemas de distribuição que podem substituir o sistema convencional citado, o sistema de rede compacta ou protegida, multiplexada (isolada) aérea e o sistema subterrâneo.

O sistema de rede protegida é constituído em sua rede primária de três condutores cobertos por uma camada de polietileno reticulado XLPE (composto extrudado de polietileno termofixo), que são sustentados por um cabo de aço, o qual, sustenta espaçadores plásticos (polietileno de alta densidade HDPE, dotados de anéis ou laços poliméricos, para amarração dos condutores). Cabe ressaltar que os cabos protegidos são apenas encapados, não podendo ser considerados como isolados eletricamente, por não terem seu campo elétrico confinado (SARDETO, 1999, VELASCO, p. 679-686, 2006).

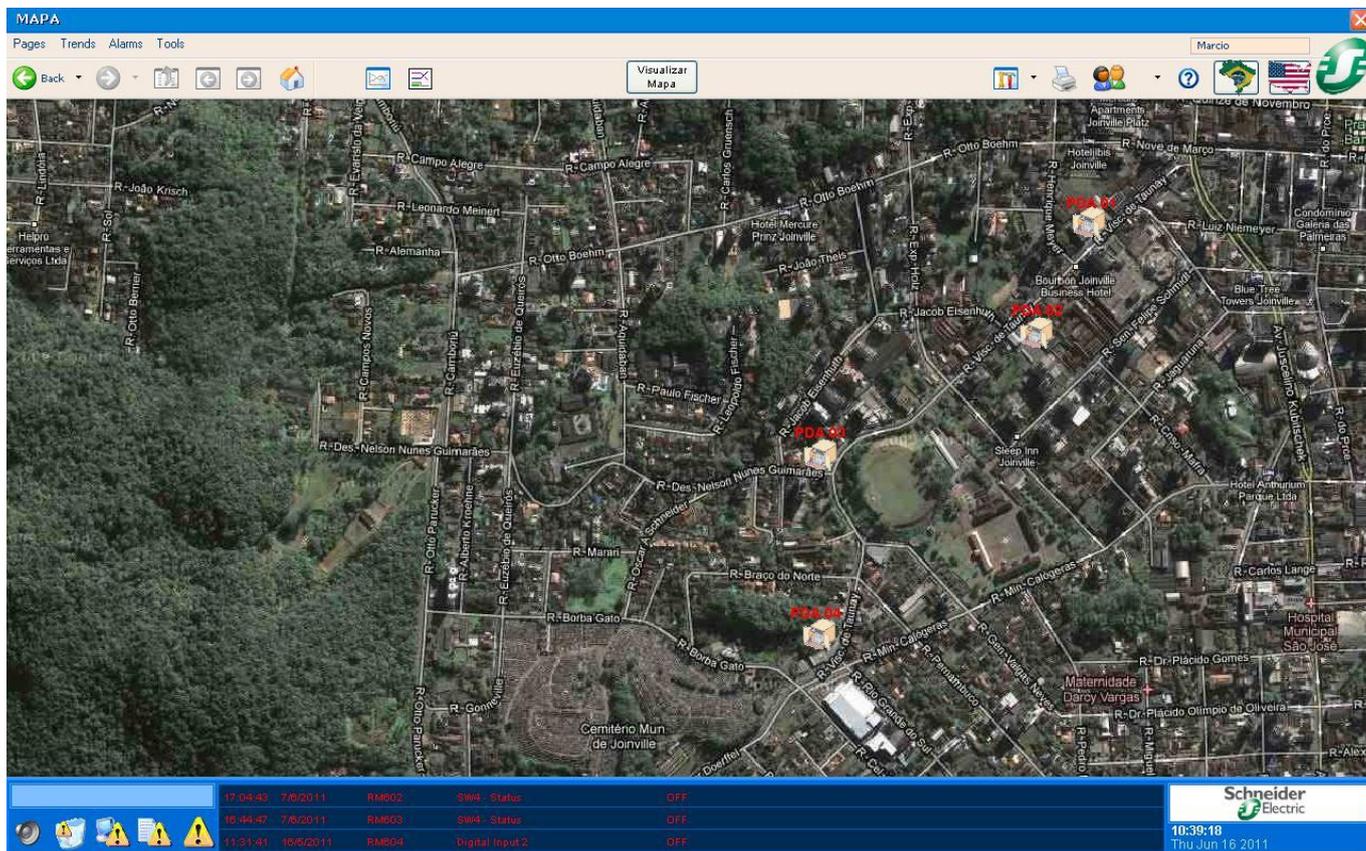
A rede de distribuição multiplexada é composta por três condutores isolados, blindados, trançados e reunidos em torno de um cabo mensageiro.

O sistema de distribuição subterrâneo, em comparação com os sistemas citados, aparece como o mais complexo e custoso. Este sistema apresenta vários benefícios, como (BOCCUZZI, p.90-100, 1997, VELASCO, p. 679-686, 2006):

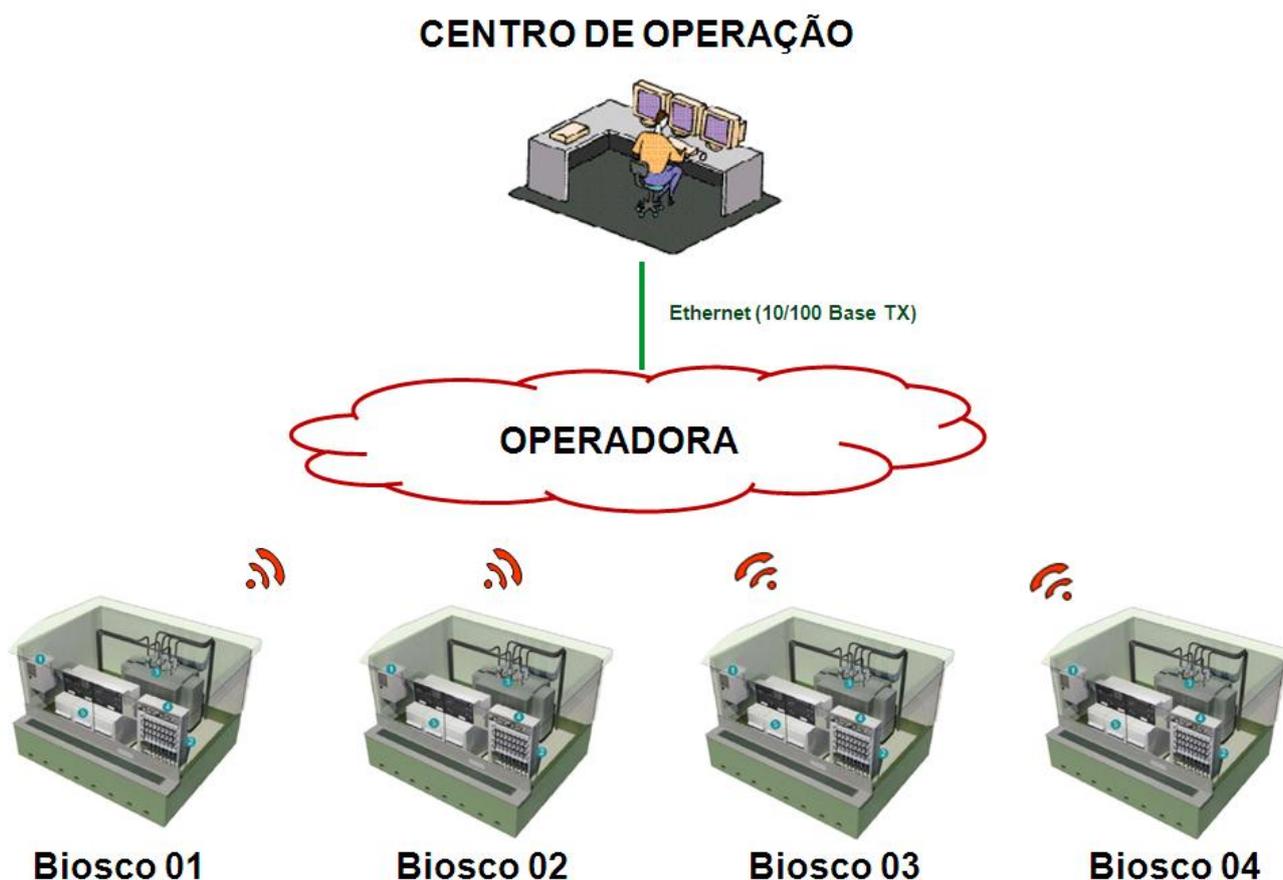
- a. Redução significativa das interrupções pela diminuição da exposição dos circuitos aos agentes externos, incrementando, assim, a confiabilidade do serviço;
- b. Eliminação dos circuitos aéreos, o que melhora bastante a aparência do sistema e, principalmente, ajuda a preservar as árvores, contribuindo, conseqüentemente, para o embelezamento das cidades e conservação do meio ambiente;
- c. Aumento da segurança para a população, com a redução do risco de acidentes por ruptura de condutores e contatos acidentais;
- d. Redução dos custos de manutenção, como podas de árvores e deslocamento de equipes de emergência.

### *Sistema Automatizado*

O sistema está distribuído de forma a possuir 4 (quatro) subestações compactas que trabalham em conjunto, conforme pode ser visualizado abaixo.



**Figura 1: Localização dos Bioscos em Joinville, SC.**



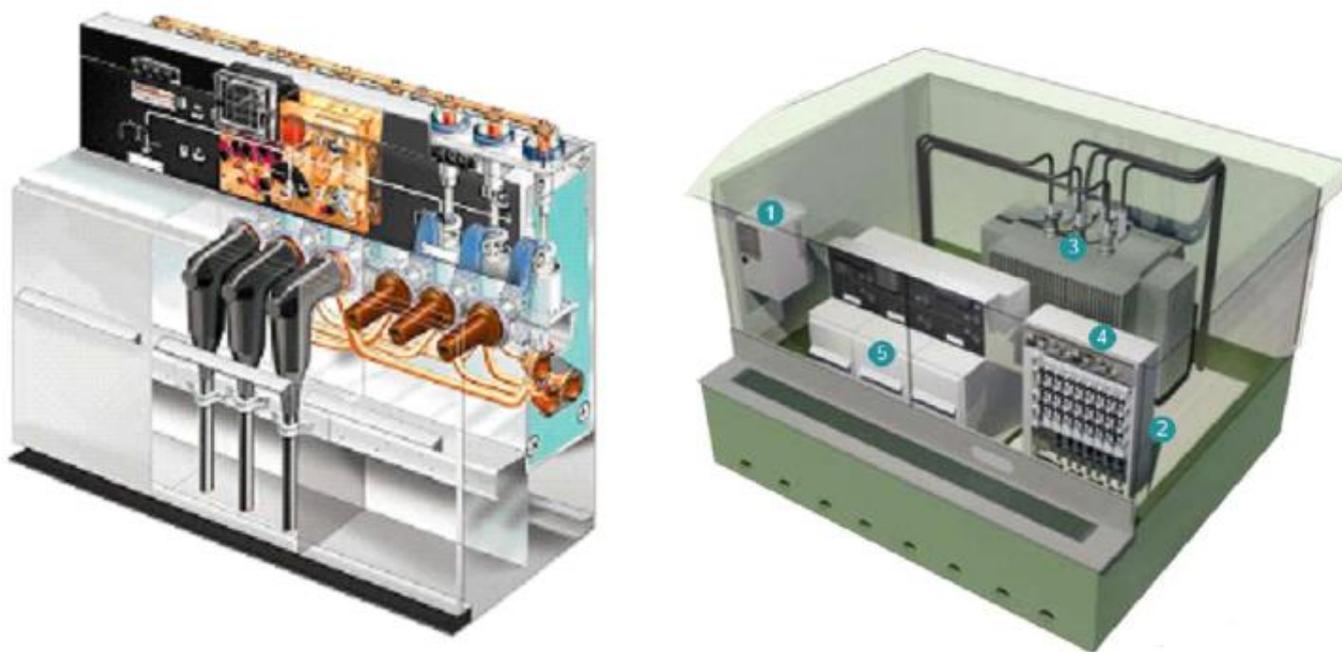
**Figura 2: Arquitetura do Sistema Subterrâneo Automatizado.**

### *Composição do Biosco*

Cada subestação compacta é constituída por:

1. **Cubículo de Controle da Chave Seccionadora:** controle de automação que possibilita o comando local e remoto da chave. Possui compatibilidade com os protocolos DNP3, IEC101 e Modbus. Realiza o automatismo de Transferência Automática de Fontes. Realiza função de concentrador de dados (leitura de sinais analógicos e digitais da chave) e possui modem GPRS para comunicação com o sistema SCADA.
2. **Biosco:** envólucro metálico que abriga todos os componentes da subestação compacta. Possui a função de proteção contra esforços mecânicos, intempéries e vandalismo.
3. **Transformador de Distribuição:** trafo pedestal de distribuição, trifásico, classe 15 kV, potências 500 kVA e 750 kVA, tensão primária 13,8 kV, tensão secundária 380/220 V, 60 Hz, imerso em óleo vegetal, ONAN, Dyn-1.
4. **Painel de Baixa Tensão:** tem a função de proteger os circuitos de baixa tensão, é constituído por conjunto de fusíveis extraíveis, para correntes de até 400 A. Possibilita aberturas trifásicas e monofásicas dos circuitos. Possui um módulo de fusíveis extraíveis para iluminação pública.
5. **Seccionadora:** seccionador tripolar, isolada a SF6, tensão nominal de 13,8 kV, corrente nominal de 630A, constituído de 4 (quatro) vias, sendo 1 (uma) via com função disjuntor e 3 (três) vias com função seccionadora. Possui sensor de presença de tensão em todas as vias, relé de proteção de sobrecorrente na via disjuntor, intertravamento de segurança que impossibilita o acesso as buchas com a

via energizada, motorização em todas as vias.



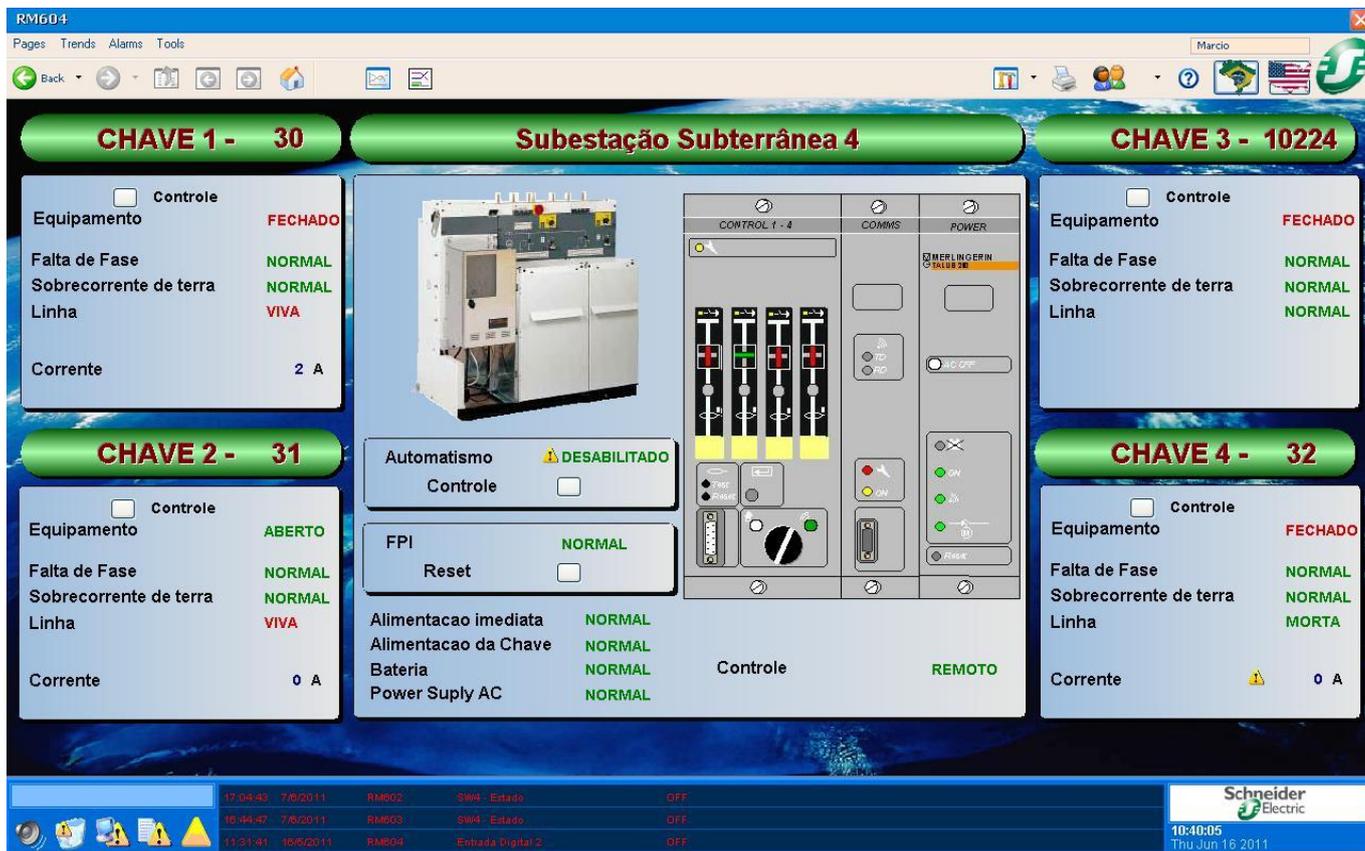
**Figura 3: Composição da Chave Seccionadora e Biosco.**

### *Sistema SCADA*

Em conjunto com os equipamentos mencionados acima, foi implementado um sistema de supervisão e controle para gerir e comandar o sistema.

Em conjunto com o SCADA, foi implementado um servidor GPRS que coleta os dados enviados pelos modems de cada subestação compacta e alimenta o supervisório com os dados necessários para a operação.

O sistema supervisório apresenta interface amigável e de fácil manuseio, conforme podemos visualizar abaixo.



**Figura 4: Tela do Software SCADA que realiza o controle dos Bioscos.**

O protocolo utilizado para tal comunicação é o DNP3.0 e além da supervisão e comandos remotos o conjunto possui inteligência para manobras de transferência automática de fontes.

### *Transferência Automática de Fontes*

A transferência automática de fontes funciona de maneira a remanejar o circuito automaticamente para que em casos de falta, o circuito fique desenergizado o menor tempo possível.

Existem três maneiras de se configurar esta transferência automática:

- Transferência Única: esta configuração é a mais simples de todas, sendo atribuído a uma via a prioridade e para a outra via o estado de reserva. Assim que ocorra na via de prioridade falta de tensão, a chave temporiza (tempo parametrizável pelo usuário) e transfere para a via reserva;
- Automático para Preferencial: nesta configuração se escolhe a via que irá exercer a prioridade, e após ocorrida a transferência para a via reserva, se houver retorno da tensão na via de prioridade o controle temporiza (tempo parametrizável pelo usuário) e retorna para a via preferencial.
- Seguidor de tensão: nesta configuração não há via preferencial ou reserva, se houver falta de tensão na via que está alimentando a carga, ocorre a temporização e transferência para a outra via.

Todas as quatro subestações possuem automatismo, porém devido a configuração escolhida pela CELESC, apenas os Bioscos CP001 e CP004 estão com o automatismo habilitado.

O sistema em seu estado normal de funcionamento é alimentado pelo circuito JVC06 (R. Duque Caxias) e com as outras duas fontes, vias 23 (CP001) e via 31 (CP004), abertas.

Em caso de falta na carga alimentada pelo circuito JVC06, o sistema de proteção irá atuar e os Bioscos CP001 e CP004 irão identificar a falta de tensão e iniciar o automatismo.

O sensor de presença de tensão da via 21 do Biosco CP001 identificará a falta de tensão e o cubículo de controle da chave seccionadora irá temporizar 05 segundos e realizar a abertura da via 21 e posteriormente o fechamento da via 23. Assim a carga ligada a este Biosco irá ser alimentada.

De maneira idêntica o sensor de presença de tensão da via 30 do Biosco CP004 identificará a falta de tensão e o cubículo de controle da chave seccionadora irá temporizar 05 segundos e realizar a abertura da via 30 e posteriormente o fechamento da via 31. Assim a carga ligada a este Biosco irá ser alimentada.

Os demais Bioscos serão restabelecidos e/ou manobrados pela CELESC via supervisorio no Centro de Controle de Joinville.

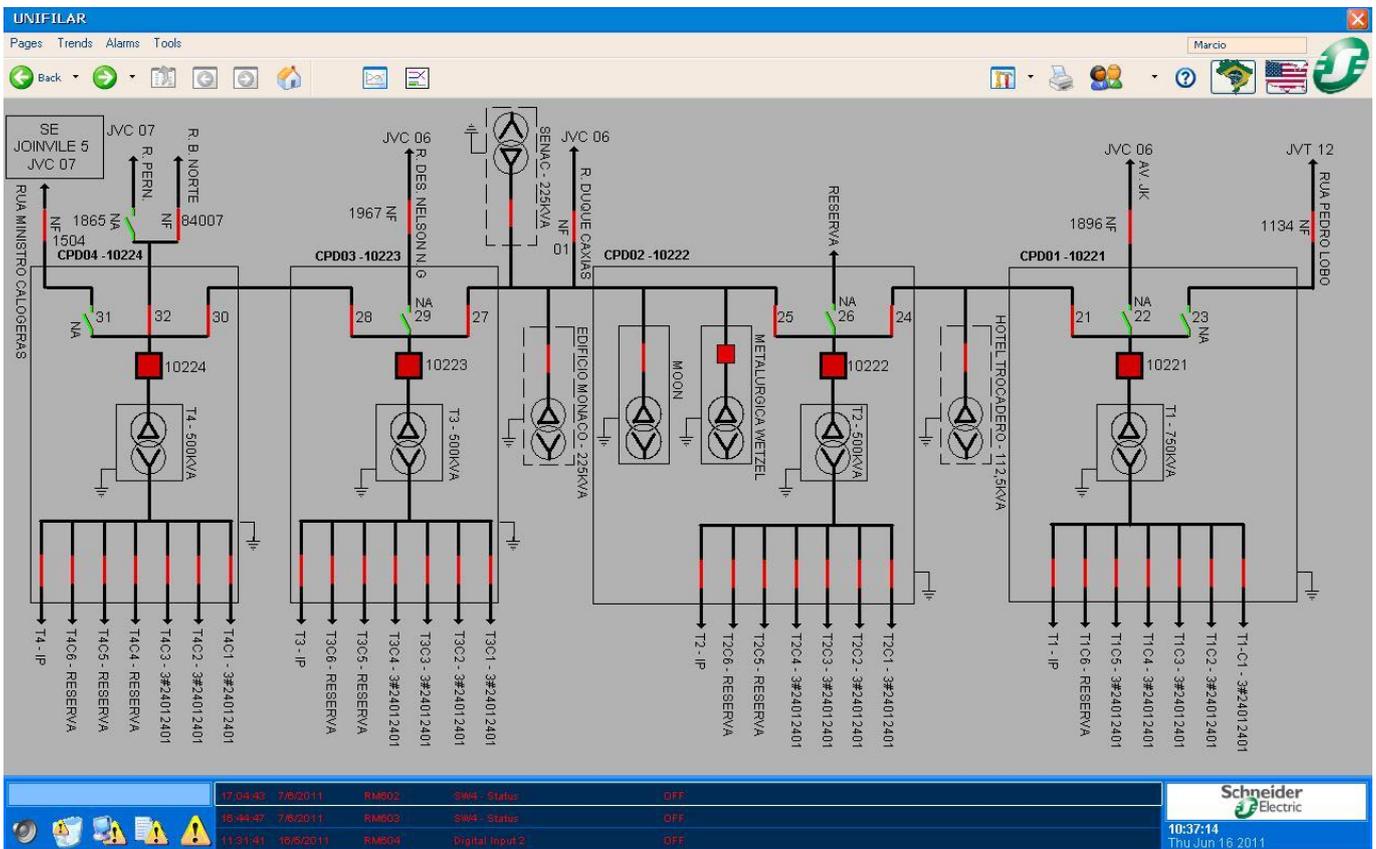


Figura 5: Diagrama Unifilar do Sistema.

*Comparação entre as atuações reais dos sistemas*

Foram analisados 2 (dois) períodos, um com o sistema aéreo convencional anterior e outro com o novo sistema subterrâneo inteligente, afim de comparar as atuações e vantagens e desvantagens de cada sistema em operação real.

No período de 01 de abril de 2009 a 01 de setembro de 2010 estava operando o sistema aéreo convencional e o mesmo apresentou 9 (nove) interrupções, sendo 5 (cinco) interrupções por causa programada, 1 (um) por abalroamento, 1 (um) por vegetação provocando curto na rede, 1 (um) por condição climática adversa e 1(um) interrupção por causa desconhecida.

No período de 01 de setembro de 2010 a 29 de fevereiro de 2012 esta operando o sistema automatizado subterrâneo e o mesmo apresentou 2 (duas) interrupções, sendo 1 (um) interrupção por causa programada e 1 (um) por curto na entrada de baixa tensão de um consumidor. Neste período, o sistema manobrou automaticamente em 8 (oito) oportunidades, algumas falhas ocorreram nos alimentadores aéreos que são interligados ao sistema subterrâneo e o sistema manobrou a rede isolando a falta e evitando a interrupção de fornecimento.

Podemos visualizar pelos dados coletados, que o sistema subterrâneo automatizado apresentou 72% menos falhas do que o sistema aéreo convencional. Além disso o sistema manobrou automaticamente em 8 (oito) oportunidades, dando maior continuidade de fornecimento e evitando deslocamentos de emergência e atuação da equipe de operação.

Além da melhoria direta dos indicadores DEC, FEC, DIC e FIC o sistema subterrâneo também se mostrou bem vantajoso por proporcionar proteção a rede e equipamentos, muito superior ao sistema aéreo convencional, aumentando assim a vida útil dos equipamentos internos e diminuição da manutenção.

### **3. Conclusões**

A principal contribuição deste trabalho é a demonstração de uma solução compacta e inteligente para redes de distribuição de energia elétrica subterrânea, que além dos benefícios gerados pela própria instalação de uma rede subterrânea (redução das interrupções e exposição a agentes externos, aumento da confiabilidade do serviço, conservação do meio ambiente, aumento da segurança e redução dos custos de manutenção) também proporciona adicionalmente o automatismo de transferência de fontes, o que agiliza os processos de manobras e análises para a área de operação, efetuando a recomposição do sistema de maneira automática e ágil.

Percebe-se que o sistema subterrâneo é muito confiável e gera menos manutenções, porém se for interligado a sistemas aéreos convencionais pode apresentar taxas de interrupções semelhantes a um sistema aéreo convencional. A vantagem deste sistema é a Transferência Automática de Fontes, nos casos de ocorrências ou defeitos no alimentador principal. As falhas de fornecimento provindas dos alimentadores aéreos convencionais podem ser manobradas automaticamente e assim evitar-se desligamentos e deslocamentos desnecessários, hoje tão complicados em função da dificuldade de mobilidade nas cidades, esta também uma vantagem que deve ser destacada.

Sendo assim, fica claro que somente a instalação de uma rede subterrânea pode não gerar os resultados esperados, quando a rede for mista aérea e subterrânea, mas se aliada com um sistema de manobra de rede inteligente, pode sim gerar muitos benefícios e economias.

#### **4. Referências bibliográficas**

BOCCUZZI, C. V. Implantação de redes subterrâneas em condomínios residencial, *Eletricidade Moderna*, v. 25, n. 275, p. 90 -100, 1997.

SARDETO, E. Avaliação técnica, econômica e de impacto ambiental da implantação das redes compactas protegidas em Maringá, 1999. 71f. Monografia (Especialização) . Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999.

VELASCO, G.D.N ; [LIMA, A. M. L. P.](#) ; [COUTO, H. T. Z.](#) Análise Comparativa dos custos de diferentes redes de distribuição de energia elétrica no contexto da arborização urbana. *Revista Árvore*, v. 30, p. 679-686, 2006.

---