



**SNPTEE  
SEMINÁRIO NACIONAL  
DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA**

GPT 18  
14 a 17 Outubro de 2007  
Rio de Janeiro - RJ

## **GRUPO II**

### **GRUPO DE ESTUDO DE PRODUÇÃO TÉRMICA E FONTES NÃO CONVENCIONAIS**

#### **CONEXÃO DE USINA TERMELÉTRICA A GÁS DE LIXO AO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO**

**Élio Vicentini \***

**ELETROPAULO METROPOLITANA ELETRICIDADE DE SÃO PAULO S.A.**

## **RESUMO**

A necessidade de fontes alternativas de energia conciliada com a redução de emissão de poluentes à atmosfera, faz com que cada vez mais sejam pesquisadas opções para o desenvolvimento sustentável. O projeto de geração de energia através do aproveitamento do gás do lixo tem a simpatia de todos e constitui em um grande potencial, principalmente nas grandes cidades. O trabalho apresenta solução desenvolvida pela equipe técnica da Eletropaulo para possibilitar a conexão de autoprodutor ao sistema de distribuição, que devido a particularidades, a concepção do projeto diferenciou dos esquemas comumente praticados, abrindo as portas para outras conexões.

## **PALAVRAS-CHAVE**

Gerador, Conexão, Distribuição, Energia, Gás de lixo

### **1.0 - INTRODUÇÃO**

A Eletropaulo Metropolitana se consolida no mercado de energia como sendo uma das maiores concessionárias distribuidoras de energia elétrica da América Latina.

Com uma grande malha de linhas de subtransmissão em 88/138 kV que atendem a 144 instalações transformadoras e amplo sistema de distribuição nas tensões de 3,8, 13,2, 20, 23 e 34,5 kV, o consumo de energia fornecida em 2006 foi de 31.656 GWh, representando 11% da energia do país e 35% do Estado de São Paulo.

Esse mercado representa uma fonte atrativa de investimentos onde a nova tendência de produção de energia próxima aos centros de carga começa a se tornar realidade.

O crescente número de fontes alternativas de produção de energia leva a necessidade de estudos de soluções técnicas que permitam a conexão dessas novas fontes de forma a garantir a operação do sistema elétrico dentro de todas as normas de segurança e continuidade e, ao mesmo tempo, possibilitar que os benefícios desse tipo de alternativa sejam aproveitados na sua plenitude, permitindo que os vários interesses possam convergir para objetivos comuns e conseqüentemente a sociedade como um todo, seja beneficiada.

O presente trabalho não pretende detalhar os materiais e tecnologias utilizadas para o desenvolvimento do atendimento da conexão específica deste caso entre o Agente Gerador e a Concessionária, pois, muitos desses materiais e tecnologias já são utilizados por outras concessionárias, mas sim, como otimizar os recursos existentes e multiplicar soluções, obtendo-se uma configuração ótima de sistema.

## 2.0 - DESCRIÇÃO DA UTE – BANDEIRANTES

A Usina Termelétrica Bandeirantes é um empreendimento que foi desenvolvido pela parceria entre Prefeitura do Município de São Paulo, empresas do ramo de energia e investidores.

A Usina Termelétrica gera energia através da queima direta do gás de lixo produzido pelo material depositado no Aterro Sanitário Bandeirantes, instalado no km 28 da Rodovia dos Bandeirantes, bairro de Perus, na periferia da Zona Norte de São Paulo, com uma área aproximada de 1,5 km<sup>2</sup>.

Um dos maiores aterros do mundo, o Aterro Sanitário Bandeirantes recebe cerca de 7.000 toneladas diárias do lixo de São Paulo, 50% do total produzido. Sua utilização foi iniciada há quase 30 anos e quando estiver concluída, armazenará um total de 30 milhões de toneladas de lixo.

O gás produzido pelo acúmulo de lixo, que anteriormente era simplesmente queimado, é captado por uma rede de dutos instalados por todo o aterro. Depois o gás é filtrado e resfriado, e por fim alimenta os geradores. A utilização correta dos gases reduzirá a emissão equivalente a 8 (oito) milhões de toneladas de gás carbônico no período de 15 anos.

O empreendimento reúne várias vantagens ambientais:

- Aproveita o gás emanado pela decomposição do lixo para geração de energia elétrica;
- Queima adequadamente o gás metano, prejudicial à camada de ozônio;
- Diminui os odores desagradáveis na região;
- Utiliza os chamados “Créditos de Carbono” para o financiamento do investimento.

A usina possui 24 geradores de 915 kW, divididos em 4 blocos de 6 geradores, sempre tendo um gerador como reserva, que podem receber do sistema de captação de gás até 12.000 m<sup>3</sup>/h de GBQ, com um conteúdo mínimo de 50% de metano, durante 24h/dia em 365 dias/ano. Essa quantidade é suficiente para a geração de uma potência elétrica de 20 MW, que resultará na produção de até 170.000 MWh de energia elétrica, suficiente para abastecer uma cidade de 400.000 habitantes, durante 10 anos. Esses dados tornam essa usina a maior do mundo no gênero.

Esses montantes representam uma redução aproximada de 23% da demanda e 34% da energia mensal fornecida pela Estação Terminal - Bom Jardim de 230kV/88kV da CTEEP ao Sistema Eletropaulo.

A previsão é que a usina tenha capacidade de gerar 20 MVA em regime contínuo por um período de 15 anos.

Próximo ao final desse período, serão efetuadas novas medições de produção de gás pelo Aterro para avaliar o período útil restante da usina e sua capacidade de geração. Expectativas apontam a potência de 15 MVA por mais 5 anos.

## 3.0 - VIABILIZANDO A CONEXÃO

Diversos fatores, principalmente regulatórios e comerciais, levaram a agilização da viabilização da conexão em um tempo relativamente curto. Da efetiva solicitação de acesso até a conexão provisória, com a exportação de 1,5 MVA, caracterizando a operação comercial da usina, passaram-se 6 meses. Para a conclusão de todos os serviços de distribuição e nas subestações envolvidas foram necessários outros 6 meses.

Para viabilizar a interligação entre usina e o sistema de distribuição foram analisados os pontos de conexão possíveis e o modo de operação da usina.

O primeiro problema enfrentado pela equipe técnica da Eletropaulo foi o regime de trabalho da usina. A exportação contínua de 20 MVA de potência e o modo seu modo de controle, impediam que a usina trabalhasse em ilha e alimentasse blocos de cargas isolados e definidos do Sistema de Distribuição.

A usina não possui sistema de controle que possibilita a modulação da geração e, nos períodos de carga leve, a geração é muito maior que a carga dos circuitos da região onde se encontra instalada, fato este, que determinou a busca de soluções para a conexão.

Foram estudadas então, três alternativas:

### 3.1 - Conexão da energia produzida pela UTE - Bandeirantes à barra de 13,8 kV da Subestação Gato Preto

Tecnicamente esta é a solução mais convencional para este tipo de conexão, porém, enfrentamos inúmeros problemas de itinerário. A UTE - Bandeirantes dista 5 km da subestação mais próxima, denominada Subestação Gato Preto. Foi avaliada a construção de 2 circuitos de distribuição de 13,8 kV interligando a UTE - Bandeirantes à Subestação Gato Preto, conforme a Figura 1.

Pela característica da região, havia apenas dois itinerários possíveis para interligar as duas instalações, onde, os trajetos em boa parte são sinuosos, com alto tráfego de veículos pesados e com freqüentes problemas de abalroamento de postes.

Isso poderia acarretar diversas interrupções de energia da usina, bem como congestionar os atuais itinerários que hoje já são utilizados por circuitos de distribuição de 13,8 kV da Subestação Gato Preto.

As interrupções poderiam acarretar a necessidade de ressarcimentos de prejuízos junto à empresa que gerencia a usina, bem como aumentar os custos de manutenção dos circuitos da região.

### ETD Gato Preto

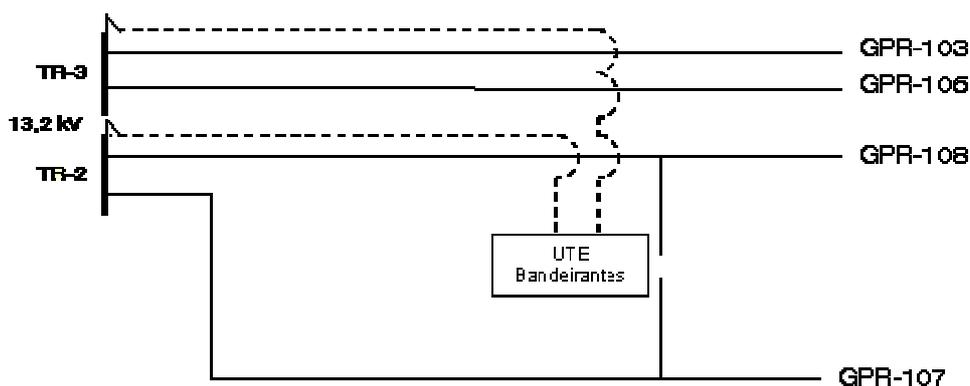


Figura 1

3.2 - Conexão da energia produzida pela UTE - Bandeirantes ao sistema de 88/138 kV através de uma subestação elevadora

### LT Vila Rami - Pirituba

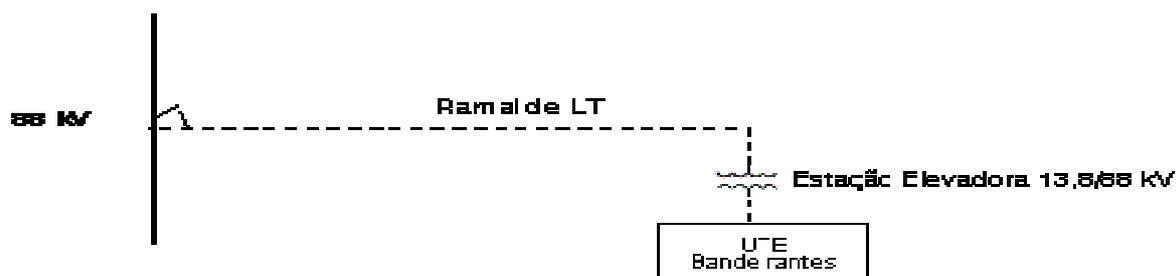


Figura 2

Esta alternativa se apresenta como a solução mais simples para a conexão, porém, os prazos para a construção de uma subestação elevadora, construção de aproximadamente de 1 km de ramal de 88/138 kV e ainda uma estação de chaves para o engate na Linha de Subtransmissão, tornaram-na inviável. Esta solução permitiria o escoamento da energia gerada pela UTE - Bandeirantes sem grandes problemas de proteção, regulação de níveis de tensão ou modificações no sistema, mas pelos diversos motivos apresentados, a mesma não se mostrou viável.

3.3 Conexão da energia produzida pela UTE - Bandeirantes ao Sistema de Distribuição de 13,8 kV através da construção de uma Estação de Chaves

Partindo do princípio que ocorrências na usina ou ao longo do trajeto entre a Subestação Gato Preto e a UTE - Bandeirantes não deveriam prejudicar o fornecimento de energia, foi concebida a alternativa de conexão da UTE - Bandeirantes ao Sistema de Distribuição de 13,8 kV através da construção de uma Estação de Chaves – ECH, adjacente à usina.

O projeto foi concebido para tornar viável a conexão da UTE - Bandeirantes ao Sistema Distribuidor, de maneira a aumentar a flexibilidade, confiabilidade e qualidade no fornecimento de energia da região.

Os circuitos de distribuição originariamente pertencentes à Subestação Gato Preto eram longos e com a carga predominantemente concentrada a partir de suas metades para o final. A privilegiada localização da usina e conseqüentemente da ECH em relação ao centro de carga, permitiram que praticamente toda carga pertencente a quatro circuitos da Subestação Gato Preto, fossem alimentados por esta nova instalação.

## ETD Gato Preto

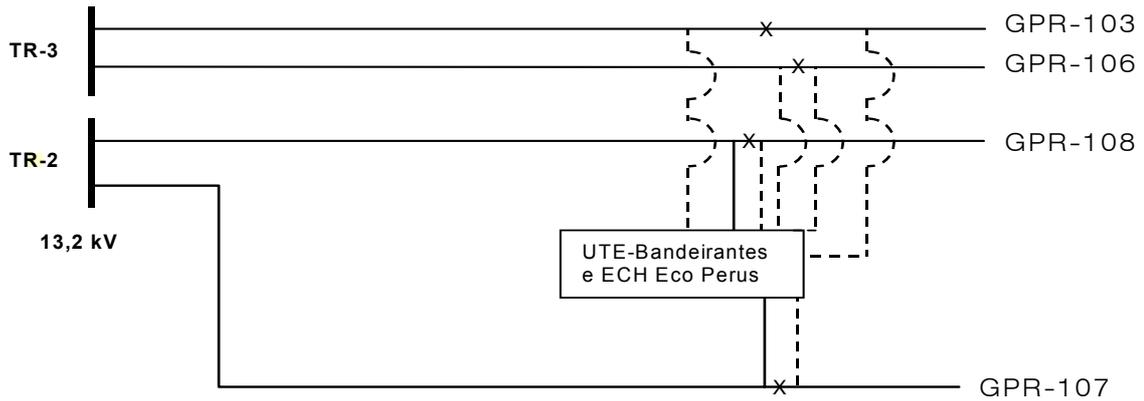


Figura 3

## 4.0 - PROBLEMAS A RESOLVER

Definida a localização da ECH, o trabalho seguinte foi elaborar a filosofia de proteção/operação dessa instalação, para que fosse possível dar subsídios aos projetos de proteção e controle, construção civil, eletromecânico, automação, rede aérea e subterrânea, envolvendo a Subestação Gato Preto e a ECH, que fora denominada ECH - Eco Perus.

O grande diferencial do projeto foi o modo como o sistema foi concebido visando a menor interferência no Sistema de Distribuição e garantir o maior número de contingências possíveis. Desta forma, foi estabelecido que 4 circuitos primários de distribuição, divididos em dois pares, da Subestação Gato Preto fossem conectados ao barramento da ECH - Eco Perus, ao qual também seria conectada a geração da UTE - Bandeirantes.

Por questões de níveis de curto-circuito e flexibilidade, o barramento da ECH foi seccionado em duas partes, sendo que cada metade desse barramento recebe 2 circuitos provenientes da Subestação Gato Preto com capacidade de 9,5 MVA cada, e 1 circuito da UTE, com capacidade prevista de exportação de 10 MVA, e ainda possui 2 circuitos de carga, também de 9,5 MVA de capacidade, que originariamente pertenciam aos circuitos provindos da Subestação Gato Preto. Dessa maneira, foi possível que a rede de distribuição primária aérea sofresse a menor intervenção possível.

## ETD-GATO PRETO

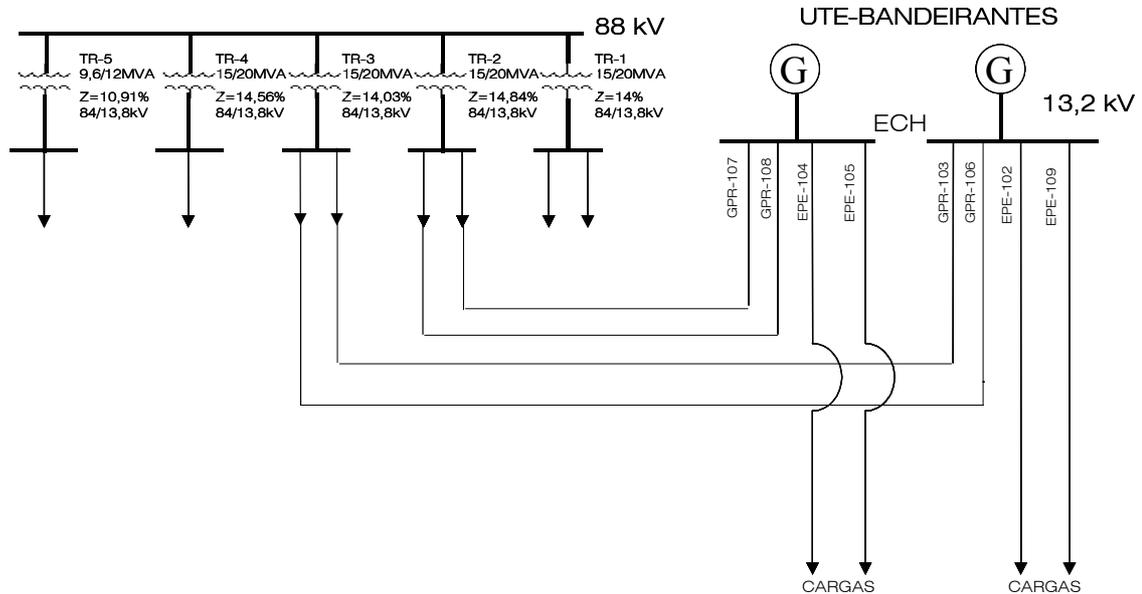


Diagrama unifilar da área de influência da usina

Figura 4

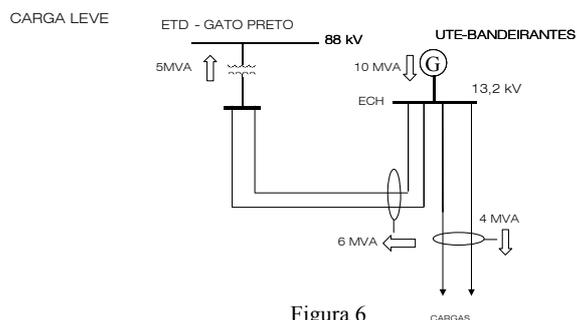
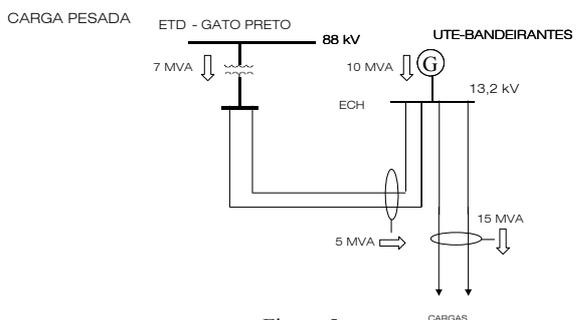
Cada par de circuitos provenientes da Subestação Gato Preto estão conectados a um transformador de 20 MVA, o que significa que estão em paralelo desde esta instalação até a ECH.

A geração em determinados horários excede a solicitação das cargas dos circuitos de carga da ECH - Eco Perus, havendo o retorno do fluxo de potência para a Subestação Gato Preto, conforme tabela abaixo:

Tabela 1

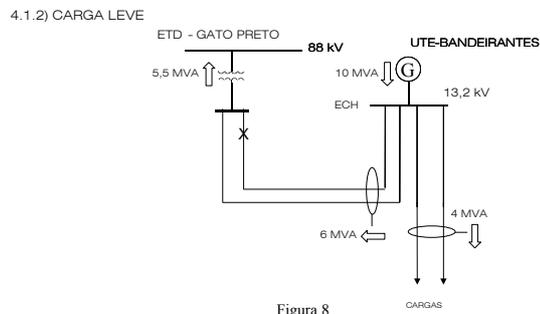
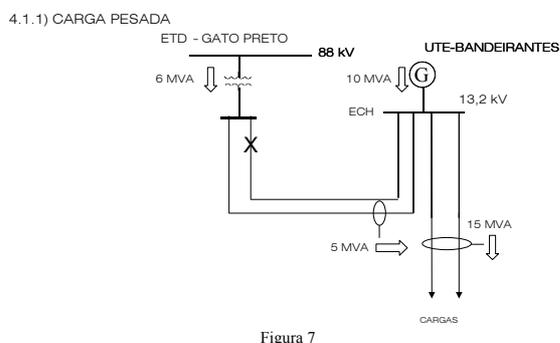
ETD GATO PRETO			ECH ECO PERUS		
CARGA LEVE	EXPORTA	IMPORTA	CARGA LEVE	EXPORTA	IMPORTA
10 MVA	0	10 MVA	10 MVA	10 MVA	0
CARGA PESADA	EXPORTA	IMPORTA	CARGA PESADA	EXPORTA	IMPORTA
30 MVA	10 MVA	0	30 MVA	0	10 MVA

Dessa maneira, temos as seguintes condições de carga para cada metade do barramento da ECH – Eco Perus:

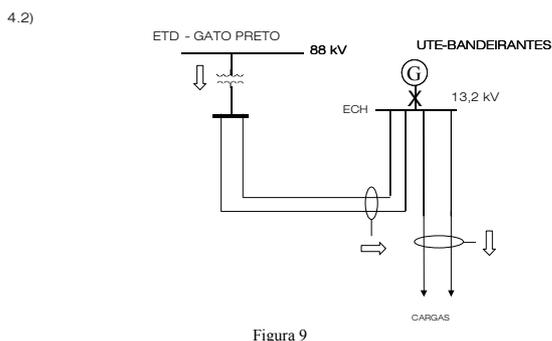


O esquema foi assim configurado para permitir as seguintes condições:

4.1 - Perda de algum dos circuitos de cada par, o outro alimentador em conjunto com a geração, possui capacidade de suprir as cargas agora pertencentes à ECH - Eco Perus.



4.2 - Perda da geração os circuitos primários da Subestação Gato Preto alimentam sua antiga carga, independentemente de ser Carga Leve ou Carga Pesada.



4.3 - Perda de um circuito da Subestação Gato Preto e da Geração o sistema pode alimentar os circuitos de carga da ECH – Eco Perus ou o esquema de rejeição de carga desliga um dos circuitos de carga da ECH – Eco Perus, de acordo com a carga passante no momento.

## 4.3.1) CARGA PESADA

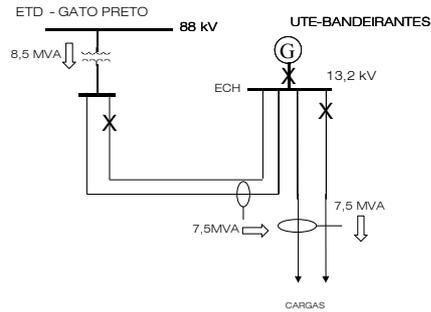


Figura 10

## 4.3.2) CARGA LEVE

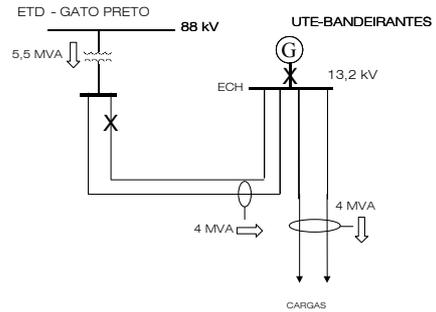


Figura 11

4.4 – Desligamento dos dois circuitos de carga da ECH – Eco Perus ou perda desses dois circuitos mais a perda de um circuito da Subestação Gato Preto o sistema mantém a geração conectada.

## 4.4.1)

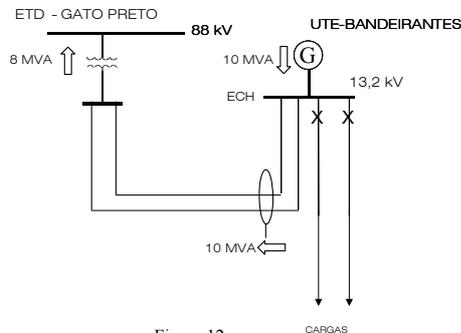


Figura 12

## 4.4.2)

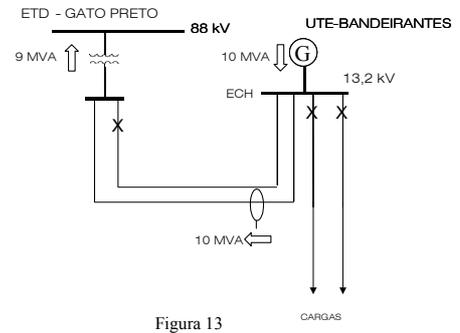


Figura 13

4.5 Caso haja a perda dos dois alimentadores de um dos pares provenientes da Subestação Gato Preto, a geração do respectivo barramento na ECH é automaticamente desconectada do sistema.

## 4.5)

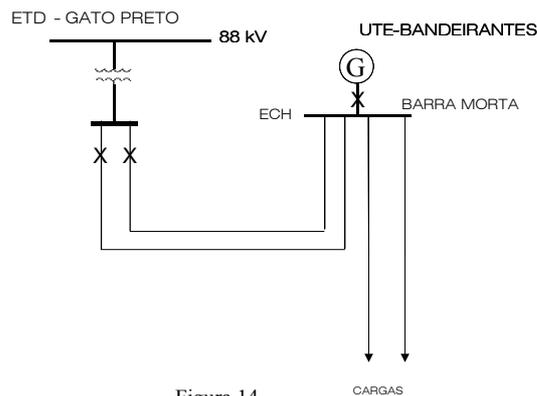


Figura 14

## 5.0 - SOLUÇÕES DE CONTROLE, PROTEÇÃO, QUALIDADE DE ENERGIA E COMUNICAÇÃO

Para assegurar um sistema de proteção confiável, foi necessária a utilização de relés digitais com funções e recursos que normalmente não são utilizados em circuitos primários de distribuição, como, por exemplo, função 67 e "Mirror Bits", bem como lógicas que dependem de comunicação entre os relés. Para atender a esta necessidade foram utilizados relés do tipo SEL351-6 da Schweitzer Engineering Laboratories, que possuem um protocolo específico para comunicação entre relés. Foram disponibilizadas portas RS232 com transceiver óptico externo, para comunicação com o sistema digital de supervisão e controle da AES Eletropaulo e para comunicação com outro relé instalado no lado oposto (usina ou subestação).

O sistema de proteção dos circuitos provenientes da Subestação Gato Preto, bem como a proteção dos transformadores e disjuntores de 88/138 kV, tiveram seus esquemas modificados para permitir fluxo reverso. Os relés reguladores de tensão dos transformadores da Subestação Gato Preto também foram substituídos por relés de última geração que permitem 3 grupos de ajustes, ou seja:

- Com a UTE presente;
- Com a UTE ausente;
- Com fluxo reverso na Subestação Gato Preto

O sistema possui também um Concentrador Local de Informações de Qualidade de Energia, onde são armazenados os arquivos de oscilografias, os indicadores de qualidade de energia, tais como, tensões eficazes, registros de VTCD's, distorções harmônicas totais, componentes harmônicas, desequilíbrios de tensão, flicker, e os vetores de probabilidade acumulada.

Para isso, fez-se necessária a construção de uma rede de fibra ótica dualizada entre a Subestação Gato Preto e a ECH -Eco Perus. Essa rede conduz dados, informações e comandos entre as instalações, permitindo de maneira remota a telemedição e o telecomando dos equipamentos, que via satélite são enviados e recebidos pelo Centro de Operação da Distribuição (COS) e pelo Centro de Operação do Sistema (COS).

Por se tratar de uma localização atípica, mesclando um trecho em estrada pertencente a reserva florestal e outro de alta concentração urbana, ambos sinuosos proporcionando alta probabilidade de risco de interrupção, foi um desafio planejar algo que mantivesse a continuidade do sistema.

Foi considerado o conceito básico de que o sistema de comunicação necessariamente deveria percorrer o mesmo encaminhamento dos circuitos elétricos. Para o caso de alguma ocorrência onde haver a interrupção da comunicação, o circuito elétrico também poderá estar fora, minimizando o inconveniente da falta de comunicação. Seguindo este conceito básico, a implementação de rotas redundantes foi o diferencial desta solução. Através de duas rotas distintas de cabo óptico, de aproximadamente 6 km de distância, interligando as subestações, efetivamente aumentou-se a disponibilidade e eficiência do sistema. Em nenhum ponto dos trajetos entre as instalações há uma sobreposição das rotas de fibra ótica.

Para que os relés digitais pudessem operar nestas rotas redundantes tendo somente uma porta de comunicação, foi necessário projetar um equipamento que permitisse a dualização dos sinais.

## 6.0 - CONCLUSÕES

Evidentemente que para uma instalação inédita como essa, houvesse um período de desconforto operacional no início de operação da usina e da ECH. Sabemos que a teoria dos cálculos não reflete 100% a realidade e que revisões em muitos ajustes seriam necessários.

Após a acomodação dos ajustes dos relés de proteção da Subestação Gato Preto e da ECH – Eco Perus e dos relés reguladores de tensão dos transformadores da subestação Gato Preto, percebemos que as interrupções no sistema se normalizaram. Os níveis de tensão permaneceram adequados e a carga reativa nos circuitos de distribuição diminuiu em função da contribuição de reativos dos geradores da usina.

Portanto, a configuração idealizada permitiu além da flexibilidade do atendimento às cargas, a melhoria dos níveis de tensão, diminuição da carga reativa do sistema, redução das perdas técnicas e um fornecimento de energia de melhor qualidade.

## 7.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

PIMENTEL, Paulo Roberto dos Santos. SANTOS, Paulo Roberto. Martinelli, Marcus. Rizzi, Nelson. Varollo, Denílson. Toto, Wanderley. Carmo, Antonio Gomes. Ferreira, Mônica Mello. *Projeto Biogás Sistema Digital de Supervisão e Controle*. AES Eletropaulo, IEEE/PES T&D Latin América 2004 .

## 8.0 - BIBLIOGRAFIA

Élio Vicentini

Nascido em São Paulo, SP, em 17 de outubro de 1965.

Técnico em Eletrotécnica pela Escola Técnica Federal de São Paulo (1984).

Licenciatura em Matemática (1989) pela Universidade São Judas Tadeu.

Engenheiro Industrial Elétrico (1994) pela Universidade São Judas Tadeu.

Empresa: Funcionário da Eletropaulo Metropolitana Eletricidade de São Paulo S/A desde 1985, onde trabalhou nas áreas de Projetos e Proteção da Distribuição. Atualmente exerce suas funções na área de Planejamento da Distribuição.