



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

GSE 31
14 a 17 Outubro de 2007
Rio de Janeiro - RJ

GRUPO VIII

GRUPO DE ESTUDO DE SUBESTAÇÕES E EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS – GSE

ASPECTOS REGULATÓRIOS, AMBIENTAIS, SOCIAIS, ECONÔMICOS E TECNOLÓGICOS DA IMPLEMENTAÇÃO DE SUBESTAÇÕES ABRIGADAS EM ZONAS URBANAS – ESTUDO DE CASO: SETD LEBLON

**Alexandre de Barros Arcon *
Jesus Vieira de Queiroz Neto
Márcio Ferraz Araújo**

ABB Ltda

**Carla Damasceno Peixoto
Maria Helena Ferreira de Araújo Adriano
Roberto Borges de Albuquerque Maranhão**

LIGHT S.E.S.A.

RESUMO

A operação de subestações convencionais em áreas urbanas, especialmente em regiões densamente povoadas, é um problema crônico que as concessionárias de eletricidade enfrentam, pois as subestações, apesar da sabida importância que têm para o sistema, trazem inconvenientes para a população em geral, tais como poluição visual e poluição sonora devido à operação dos transformadores.

A proposta do artigo é descrever, de maneira abrangente, um caso real de compactação de uma subestação da Light no bairro do Leblon, no Rio de Janeiro, abordando as principais características do empreendimento, do ponto de vista regulatório, ambiental, social, econômico e tecnológico.

PALAVRAS-CHAVE

Subestações abrigadas, Compactação de subestações, Subestações isoladas a gás (GIS), Circuitos subterrâneos

1.0 - INTRODUÇÃO

Em uma das mais valorizadas regiões do Rio de Janeiro, o bairro do Leblon, estava localizada a subestação de distribuição da Light denominada SETD Leblon, composta basicamente por duas entradas de linha subterrâneas em 138 kV, três transformadores abaixadores de 138-13,8 kV, 40 MVA, e conjunto de cubículos em 13,8 kV com 26 saídas para linhas de distribuição, responsáveis pelo fornecimento de energia deste bairro e outras importantes áreas adjacentes. Nesta subestação, concebida com tecnologia convencional e isolamento em ar, destacava-se um cenário de necessidade de manutenção crescente, devido ao esgotamento da vida útil dos equipamentos, de diminuição de confiabilidade e, principalmente, de interação negativa com a população, devido ao ruído elevado dos transformadores e impacto visual da subestação como um todo, resultando inclusive em episódios de “vandalismo” contra ela. A área ocupada pela subestação convencional era de aproximadamente 2700 m².

A fim de contornar esses problemas, bem como de tirar benefício da disponibilização de área para venda, decidiu-se pela implementação de uma nova subestação compacta em área adjacente e a completa desativação da existente. A nova subestação, por estar localizada em terreno extremamente compacto (cerca de 630 m²) e em zona altamente urbana e de elevado poder aquisitivo, foi concebida para ser totalmente abrigada, baseada em equipamentos GIS (*Gas Insulated Swichtgear*), tanto em 138 kV quanto em 13,8 kV, de maneira que a sua interação com o ambiente fosse o menos impactante possível. A Figura 1 mostra a vista aérea da subestação, bem como o terreno destinado à implementação da subestação compacta.

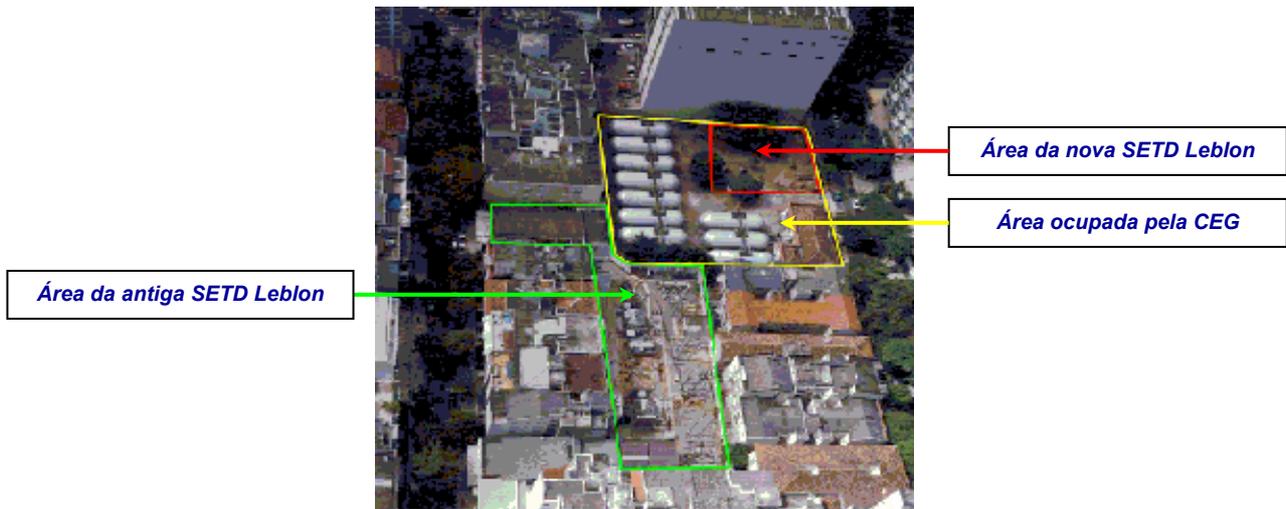


Figura 1 – Vista aérea

Por estarem em áreas fisicamente separadas, houve também a necessidade de construir um novo circuito subterrâneo em 138 kV para alimentar a subestação nova, cujos cabos foram emendados aos cabos existentes a partir do ponto mais próximo às duas subestações. A Figura 2 mostra um esquema básico que ilustra essa condição. Todos os circuitos de distribuição em 13,8 kV também foram remanejados para a nova subestação.

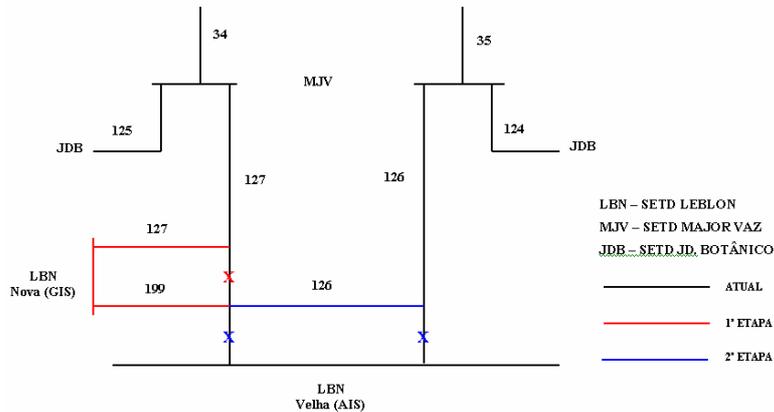


Figura 2 – Remanejamento dos circuitos de 138 kV

2.0 - ASPECTOS AMBIENTAIS

Uma das grandes preocupações na implementação da nova SETD Leblon foi evitar interferências com o meio ambiente e procurar integrar as suas instalações ao padrão urbanístico local. Para a obtenção do alvará de construção das obras do prédio da subestação, o processo tramitou não só pela Secretaria de Urbanismo da Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro, mas também pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SMAC) e pela Fundação Parques e Jardins, responsável esta última pela autorização para poda de árvores. Assim, além do alvará de construção, teve que ser autorizada a poda de árvores no terreno da subestação e no trajeto das obras externas de construção dos bancos de dutos. Cada árvore cortada tem a sua medida compensatória ditada pelos técnicos destes órgãos (SMAC e Fundação Parques e Jardins). Inicialmente a Light solicitou a retirada de 16 árvores de pequeno e grande portes. Foram realizadas reuniões técnicas e visitas ao local com a Fundação Parques e Jardins e também visita à obra pelo Secretário de Urbanismo e o Subprefeito da Zona Sul. Como a Light estava de posse de uma licença para poda de 12 espécies, o assunto foi então re-estudado, ficando acertada a retirada de 5 árvores de pequeno porte. O alvará de construção do prédio previa o plantio de 7 árvores. Já o corte das 12 árvores em via pública tinha como medida compensatória o plantio de 50 mudas da espécie arbórea nativa, de acordo com a resolução da Fundação Parques e Jardins. Apesar da Light ter autorização para corte destas 12 espécies e ter negociado apenas 5 espécies, ao longo da execução das obras externas houve uma grande preocupação em manter o maior número destas árvores. Assim, ao final, somente foram sacrificadas 3 espécies, porém foi mantido o plantio das 50 mudas requeridas na licença original. A prerrogativa de emissão das Licenças Ambientais de um empreendimento no Estado do Rio de Janeiro (LP, LI e LO) é de competência do poder estadual, através da FEEMA – Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente, e foi concedida a LI nº FE001816 em 30/09/2002.

3.0 - ASPECTOS ECONÔMICOS

Em 1999, ano em que a Light iniciou os estudos para a compactação da SETD Leblon antiga, cujo início de operação datava de 1967, seus equipamentos já se encontravam com a vida útil praticamente esgotada, destacando-se o seguinte cenário: conjunto blindado de 13,8 kV com vida útil esgotada e composto de disjuntores de sopro magnético (tecnologia obsoleta); circuitos de 13,8 kV duplicados, também obsoletos; bancos de capacitores com arranjo fora do padrão e com algumas unidades em askarel; proteção diferencial das linhas de transmissão subterrâneas obsoletas, utilizando fio piloto; equipamentos de controle e proteção sujeitos à ação de agentes externos etc. Havia duas opções possíveis para contornar os problemas técnicos descritos acima: (i) Serviços de modernização da subestação existente, tais como substituição dos trafos com vida útil esgotada, substituição dos bancos de capacitores em askarel e substituição da blindada 13,8 kV; (ii) Compactação da subestação, ou seja, construção de uma nova subestação compacta, desativação da subestação existente e venda do terreno remanescente.

É sabido que quanto mais alto o valor do terreno para implementação da subestação mais atrativa se torna a solução com equipamentos G/S - de tecnologia mais cara quando comparada à solução convencional - face à redução da área ocupada e diminuição dos custos de manutenção. Estudos recentes indicam que, para subestações de 230-138 kV, uma subestação GIS abrigada torna-se economicamente mais vantajosa do que uma subestação AIS ao tempo quando o custo do terreno é superior a US\$ 1.200,00 / m². No caso específico da SETD Leblon, seria disponibilizada para venda uma área de 2700 m² relativa à subestação convencional, sendo necessária uma área adicional de 630 m² para a subestação compacta, ou seja, haveria uma disponibilização de 2070 m² para venda, em uma área nobre onde o custo do metro quadrado é seguramente muito superior à indicação acima. À área da subestação convencional foi somada a área ocupada pela CEG – Companhia Estadual de Gás, de propriedade da Light (vide Figura 1), e todo esse terreno foi objeto de uma negociação entre a Light e um grande incorporador imobiliário, sendo que atualmente nessa área está sendo construído um condomínio de imóveis de alto padrão. Concluída essa fase de estudos, a ABB foi contratada para a construção completa da subestação em regime de *turn-key*, envolvendo tanto a parte do prédio da subestação como as obras externas relativas aos circuitos de alta e média tensão.

4.0 - ASPECTOS REGULATÓRIOS

À parte dos inúmeros desafios de ordem técnica pelos quais empreendimentos deste porte se caracterizam, houve também grande dificuldade de ordem legal para obtenção de algumas das inúmeras licenças que uma subestação deve ter para operar em áreas urbanas, cuja previsibilidade e viabilidade podem fugir completamente das metas planejadas. Abaixo uma breve descrição das interações que foram necessárias com os diversos órgãos públicos.

- Secretaria Municipal de Urbanismo (SMU) – Órgão da Prefeitura responsável pela aprovação do projeto arquitetônico básico, que deu origem a todo detalhamento do projeto executivo.
- Corpo de Bombeiros (CBERJ) – A licença de instalação do CBERJ demorou em torno de um ano para ser emitida, face às exigências definidas para este caso. Devido à proximidade da subestação aos tambores de gás da CEG (vide Figura 1), a condição exigida foi que todos os tambores fossem desativados antes da construção da subestação, mesmo sendo respeitada a distância mínima de 15 m entre áreas energizadas e áreas combustíveis exigida pela NR-8. Como o terreno da CEG pertencia à Light, foi possível chegar a um acordo de desapropriação, contornando o problema. Todavia, esse poderia ter sido um fator de inviabilização do empreendimento como um todo.
- O/COR – É o órgão da Prefeitura responsável pela liberação de obras e reparos em vias públicas. Foi necessária sua aprovação sobre o projeto para liberar a construção dos bancos de dutos e caixas externas. O fato a ser ressaltado é que, após inúmeras tratativas, o processo foi aprovado e a obra liberada para início, porém, pouco tempo depois, a liberação foi subitamente cancelada. Soube-se que tal suspensão estava relacionada à mudança de direção em determinados órgãos internos. Passados sete meses, finalmente houve a liberação definitiva, porém os impactos físico-financeiros pela postergação da obra foram inevitáveis.
- Companhia Estadual de Trânsito (CET) – Houve a necessidade de aprovação de um projeto de sinalização para interdição parcial / total das ruas nas quais seriam executadas as obras externas. O processo de aprovação junto a este órgão transcorreu sem maiores problemas.
- RIO ÁGUAS – É o órgão responsável pela canalização de águas pluviais. Foi necessária a sua aprovação sobre o projeto de canalização de águas pluviais na rua da subestação, que fez parte do fornecimento global.
- CEDAE – É o órgão responsável pela parte de águas e esgotos. Também foi necessária a sua aprovação sobre o projeto de ligação provisória e definitiva das saídas de águas servidas e esgoto do prédio da subestação.
- TELEMAR – Em frente à subestação havia um banco de dutos dedicado a cabos telefônicos, muito importantes e caros. Houve a necessidade de relocar os bancos em alguns trechos, fazendo-se necessário interagir com essa companhia em diversos momentos. Também foi necessário aprovar o projeto de ligação telefônica da SE.
- Ministério do Trabalho – Não é responsável pela aprovação do projeto, porém atua na fiscalização da obra, a qual, por estar dentro do contexto urbano de uma área nobre, foi objeto de grande rigor na fiscalização da obra.

5.0 - ASPECTOS SOCIAIS

A nova SETD Leblon foi construída em uma área onde a influência social tem importância fundamental no sucesso do empreendimento em todas as suas fases. A primeira dificuldade foi a rejeição natural frente à novidade que o projeto representava. Ao lado do terreno onde foi construída a nova SETD Leblon, conforme já destacado, funcionava uma unidade da CEG (Companhia Estadual de Gás), que deixava muito apreensivos os moradores e desvalorizava os imóveis existentes em torno da área. Eram onze gasômetros de gás manufacturado, contendo cada um o volume de 1610 m³, perfazendo um total de 17.700 m³ de gás, os quais ficavam próximos aos apartamentos, cerca de 30 m. Quando os moradores tomaram ciência da construção da nova subestação da Light, ficaram, mais uma vez, apreensivos por desconhecerem as características técnicas e de segurança do novo empreendimento, pois já havia um temor antigo com a presença CEG. Para diminuir o sentimento de rejeição generalizado que poderia aflorar, ABB e Light fizeram várias reuniões com os representantes dos moradores (Presidente da Associação de Bairro, todos os síndicos dos prédios vizinhos e outros) e distribuíram propaganda explicativa sobre os benefícios que o novo empreendimento traria para toda a região e bairros – modernização da SETD Leblon, aumentando a confiabilidade do suprimento, além da desmontagem da subestação existente, que representava um fator de poluição visual e sonora, e da desmontagem da CEG, que tanto os incomodava. Mesmo assim, durante a execução da obra houve embargo na parte externa / obra de rua durante sete meses, em função de pedidos dos moradores que não concordavam com a execução da obra, mesmo depois do processo já aprovado pelo órgão legal (O/COR). A obra teve que ser paralisada e as empreiteiras desmobilizadas até que fosse liberada a execução definitiva. Adicionalmente, ao longo da obra houve inúmeras reclamações pessoais dos moradores, algumas de modo muito agressivo, chegando a ofender trabalhadores durante sua atividade; aconteceram várias visitas da polícia, atendendo à reclamação de moradores para que a obra não fizesse nenhum barulho, além da dificuldade adicional que a pressão social acabava por impôr na obtenção das licenças. Apesar das dificuldades, é importante frisar que foi possível estabelecer um bom ambiente com todos os moradores e obter a colaboração e entendimento da maioria das pessoas e órgãos da Prefeitura. Hoje o sentimento geral é de que houve uma valorização social e econômica muito grande no bairro devido à construção da nova subestação.

6.0 - ASPECTOS TÉCNICOS E TECNOLÓGICOS

6.1 CONCEPÇÃO ELETROMECÂNICA E ARQUITETÔNICA DA SUBESTAÇÃO

O prédio da subestação foi concebido com quatro andares mais subsolo e cobertura, possuindo uma área construída total de 1735 m², em um terreno de 630 m², com taxa de ocupação de 70 %. No subsolo estão localizadas as entradas e saídas dos cabos de alta e média tensão, além dos cilindros de CO₂ do SPCI. No primeiro andar está a sala da GIS 138 kV e dos três transformadores de 138-13,8 kV (corpo principal). Os transformadores e painéis de serviços auxiliares estão no segundo andar, enquanto que os cubículos 13,8 kV isolados a gás, a sala de comando e os radiadores dos transformadores estão no terceiro andar. No quarto andar estão localizados os seis bancos de capacitores em 13,8 kV. A Figura 3 mostra um corte típico da SETD Leblon.

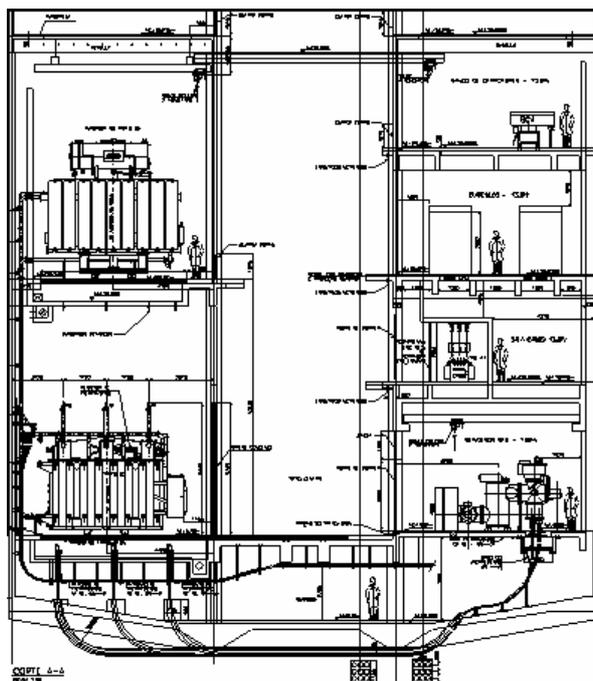


Figura 3 – SETD Leblon

6.2 SUBESTAÇÃO ISOLADA A GÁS (GIS)

Subestações isoladas a gás, comumente conhecidas pelo termo GIS, são aquelas em que os equipamentos de seccionamento, manobra e medição em alta tensão são encapsulados em gás SF₆, cujas propriedades dielétricas são extremamente superiores ao ar, o que implica, portanto, que as distâncias elétricas necessárias entre fases e entre fases e terra podem ser muito reduzidas quando comparadas à subestação com isolamento em ar (AIS). Estima-se que, em média, a área ocupada pela GIS seja somente 10 % da área ocupada por uma subestação convencional. Desta maneira, a sua aplicação torna-se particularmente interessante em locais onde a área para implementação da subestação seja escassa e/ou de custo muito elevado, ou seja, é o tipo ideal para a compactação de subestações em áreas urbanas. Todavia, não só a questão do tamanho é favorável à tecnologia GIS: por as partes energizadas estarem confinadas no ambiente de SF₆, livres das intempéries externas, seus índices de confiabilidade são muito superiores à tecnologia AIS, o que garante uma menor necessidade de manutenções, além de proporcionar uma operação muito mais confiável e segura. No caso da SETD Leblon em questão, a área da sala ocupada pela GIS do tipo ELK-04 (barra simples) é de apenas 109 m².

6.3 CUBÍCULOS ISOLADOS A GÁS (GIS)

O sistema de distribuição primário da Light referente à SETD Leblon é composto atualmente de 26 circuitos subterrâneos, cada qual alimentado por uma saída do conjunto de cubículos em média tensão (13,8 kV). Além desses, há mais dez colunas dedicadas a alimentadores futuros, quatro colunas relativas às entradas dos transformadores, três colunas para alimentação de bancos de capacitores e duas colunas para interligação de barras, tendo, portanto, um total de 45 cubículos em média tensão. Estima-se que cubículos blindados convencionais com isolamento em ar (AIS) teriam uma largura total de 36 m, o que certamente impediria a sua instalação na subestação compacta, devido às restrições de espaço. Esse foi o principal motivo que motivou a adoção da tecnologia GIS também para o conjunto de manobra em média tensão (tipo ZX2), o qual tem uma largura total de apenas 22 m, ou seja, cerca de 60 % do tamanho necessário para a solução convencional.

6.4 TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA

Os transformadores de potência fabricados para a SETD Leblon tiveram que possuir um projeto especial, pois a única maneira de fazer com que eles coubessem no reduzido espaço da subestação seria separar o corpo principal da bateria de radiadores. No andar térreo está o corpo principal, totalmente enclausurado, de maneira a reduzir os problemas acústicos, enquanto que os radiadores foram montados em nível superior (a mais de 10 m do nível do corpo principal), em sala aberta, de forma a permitir uma conveniente troca de calor com ambiente e ventilação adequada. As características principais dos transformadores são as seguintes: Frequência nominal: 60 Hz; Potência nominal: 40 MVA; Refrigeração: ONAN; Tensões: 138 +6-14x1.25% / 13.8 kV; Ligações: Dyn1; Níveis de isolamento: AT - BIL 550 kV, BT - BIL 110 kV; Nível de ruído máximo: 64 dB(A); Elevação de temperatura: 55°C (topo do óleo e média dos enrolamentos).

Este tipo de instalação pode ser considerada pioneira no mundo, pois não existe nenhum caso em que os radiadores foram montados a 10,5 m acima do corpo principal, o que resulta em uma coluna de óleo de aproximadamente 16 m, exigindo projeto especial para suportabilidade desta condição. O dimensionamento elétrico deste transformador não difere do dimensionamento de um transformador convencional, sendo que apenas o nível de ruído reduzido mereceu uma atenção maior no cálculo elétrico. As maiores dificuldades técnicas estavam nos dimensionamentos mecânico e térmico. Mecanicamente, o tanque do transformador foi dimensionado para suportar as pressões impostas pela coluna de óleo de aproximadamente 16 m entre o piso inferior e o topo do conservador de óleo, instalado acima dos radiadores; além do tanque, todos os acessórios e tubulações sujeitos à pressão do óleo devem ser dimensionados adequadamente. Feitos os cálculos e simulações computacionais necessárias, concluiu-se que o sistema ONAN era suficiente para proporcionar a refrigeração adequada, não sendo necessário adotar sistema de circulação forçada. Todos os testes e ensaios foram realizados, inclusive através da montagem em fábrica para simulação da condição real de operação, onde os resultados quanto à elevação de temperatura e estanqueidade foram devidamente aprovados.

6.5 CIRCUITOS SUBTERRÂNEOS DE ALTA E MÉDIA TENSÃO

Este item merece destaque especial no contexto da compactação de subestações, pois na maioria dos casos é necessário que os circuitos de alta e média tensão que chegam à subestação existente sejam realocados para a subestação nova, como ocorrido no caso da SETD Leblon. Basicamente, a obra externa considerou a interligação de um trecho novo de dois circuitos alimentadores de transmissão subterrâneos 138kV entre o circuito existente subterrâneo, datado de 1967, e a nova SETD Leblon, e a implantação de 26 circuitos distribuidores de 13,8 kV (e previsão de mais 10 futuros), representando um total de 215 m de bancos de dutos para os circuitos de alta tensão e 450 m de bancos de dutos para os circuitos de média tensão. Por a obra ter sido executada em área urbana nobre da cidade do Rio de Janeiro, o empreendimento representou um grande desafio, tendo em vista o forte envolvimento social, o subsolo altamente congestionado e o terreno instável da região. Encontrou-se grande dificuldade na etapa de definição dos projetos executivo da rota e construção civil, pois o levantamento cadastral indicou uma série de interferências existentes no subsolo local (telefonia, gás, esgoto, águas pluviais etc). Durante a execução de sondagens para confirmação do levantamento cadastral, constatou-se a existência de tubulações

de grande diâmetro com localização e profundidade diferentes das registradas nos cadastros fornecidos, bem como a existência de trechos de tubulações de terceiros com pouco afastamento do circuito existente de 138 kV. Isso levou ao aumento na profundidade da instalação dos circuitos novos, a qual variou entre três e seis metros. O terreno local constitui-se em areia fina com elevado lençol freático, assim, a baixa agregabilidade do terreno, o grande número de interferências e a existência de vazios no subsolo levou ao descarte do uso de métodos não destrutivos para escavação do terreno. Dentre os pontos principais que envolveram as obras civis, pode-se destacar: escavação manual em todos trechos, rebaixamento de lençol freático, controle de recalque, construção de caixas de emendas 138 kV com geometria especial etc.

O grande destaque envolvendo estes circuitos foi, todavia, a solução encontrada para dimensionamento dos cabos de 138 kV. O circuito original contava com cabos OF de 500 MCM ($253,35 \text{ mm}^2$), diretamente enterrados a uma profundidade média de 2 m. O novo trecho, entretanto, para fugir às interferências na entrada da nova subestação, teve que ser construído a uma profundidade bem maior, chegando até 6 m, além de que todos os circuitos de média tensão, na saída da subestação, caminham próximos aos circuitos de alta tensão. Essas duas novas condições pioraram substancialmente a dissipação térmica dos cabos, diminuindo, conseqüentemente, a sua ampacidade. Cálculos detalhados mostraram que a seção do novo cabo deveria ser no mínimo 800 mm^2 , apesar de não ter havido mudança no carregamento do circuito. Para minimizar os impactos financeiros desta alteração, modificou-se a forma de aterramento da blindagem dos cabos em parte do circuito. No trecho existente, manteve-se o aterramento multiaterrado (*both-ends bonding*), porém, para o novo trecho, o aterramento da blindagem foi seccionado para a implantação do sistema *single-point bonding*, através do qual eliminaram-se as correntes induzidas na capa metálica do cabo 138kV, aumentando-se a ampacidade do circuito, o que possibilitou a redução da seção do cabo para 400 mm^2 . A Figura 4 mostra o esquema empregado.

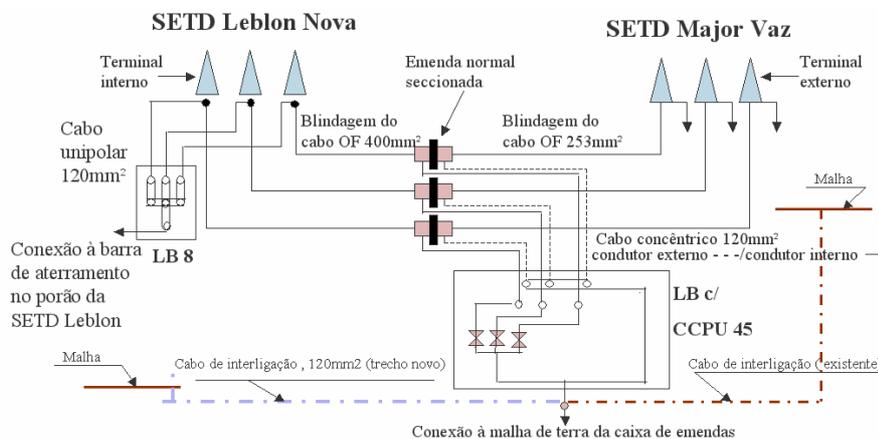


Figura 4 – Circuito subterrâneo de 138 kV

6.6 SISTEMA DE PROTEÇÃO E CONTROLE

O sistema de proteção e controle foi concebido com tecnologia digital, com os terminais de proteção fazendo inclusive as funções de controle, ou seja, o controle convencional foi substituído pelo controle totalmente digital. Há um sistema supervisor para operação da subestação em nível local (sala de controle) e também em nível remoto (COS da Light), comunicando-se através de meio óptico via protocolo IEC 870-5-101. A Figura 5 mostra a arquitetura básica do sistema.

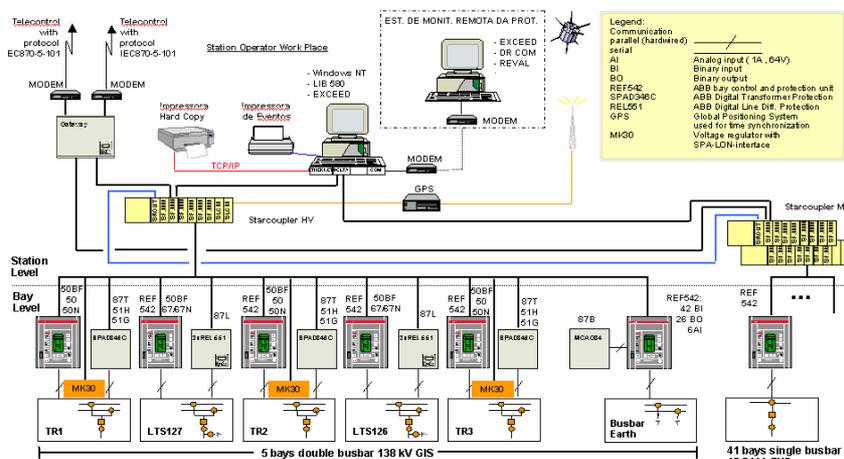


Figura 5 – Arquitetura de Proteção e Controle

6.7 SISTEMA DE ATERRAMENTO

Sabe-se que em subestações alimentadas por cabos isolados, cujas blindagens sejam aterradas também nas subestações terminais, ocorre o fenômeno do “deslocamento do ponto de defeito”, em que o acoplamento magnético entre fases e blindagem faz com que cerca de 99 % da corrente de falta retorne pelas blindagens dos cabos na forma de corrente auto-neutralizada. Para o dimensionamento da malha de terra da SETD Leblon, considerou-se, por segurança, que a parcela de corrente penetrante à terra seria algo em torno de 30 % do valor da corrente de curto-circuito fase-terra (17 kA), e não apenas 1 % conforme previsão teórica. Nessas condições, a malha calculada seria composta de 500 m de cabos de cobre nu de 95 mm² (exceto rabichos) e 11 hastes de cobre de 3/4” com 3 m de comprimento. Além desses elementos de cobre, incorporou-se ao aterramento os perfis metálicos utilizados no escoramento da fundação; as ferragens da estrutura também foram conectadas à malha principal. Essas medidas foram adotadas para garantir um aterramento extremamente sólido (a impedância calculada para a malha foi de apenas 1,3 Ω), não por questões de segurança humana contra potenciais de toque e passo na subestação, mas sim para garantir que os gradientes de potencial nas imediações da subestação fossem também bastante reduzidos, de maneira a causar o mínimo de problemas quanto às interferências eletromagnéticas, conforme descrito no próximo item.

6.8 COMPATIBILIDADE ELETROMAGNÉTICA (CEM)

Os aspectos relacionados a CEM foram pontos de preocupação desde o início do projeto, uma vez que a subestação estaria localizada em área residencial e, em particular, por estar no terreno ao lado da Telemar (empresa telefônica), a qual conta com uma série de equipamentos eletrônicos sensíveis a interferências. Para avaliar a magnitude do problema e propor mitigações, caso necessárias, foram realizados diversos estudos. Em um primeiro momento, concluiu-se que a elevação do potencial de terra na SETD Leblon, bem como os potenciais de toque e de passo em áreas internas e externas, estariam abaixo dos limites máximos, não havendo a necessidade de interligar a malha de terra da subestação aos aterramentos vizinhos, sob o ponto de vista de proteção humana e de perturbações periódicas. Os gradientes de potencial adjacentes à malha, por serem também de valor reduzido, é de baixa probabilidade que pudessem causar danos aos equipamentos existentes.

O sistema de proteção contra descargas atmosféricas do prédio consiste basicamente dos rufos de alumínio da cobertura conectados à malha de terra da subestação via condutores de cobre embutidos no concreto, denominados “condutores expressos”. Da mesma forma, as ferragens do prédio também são conectadas aos rufos e à malha, cujas junções produzem refrações e reflexões de ondas de impulso de tensão, reduzindo rapidamente a intensidade das mesmas, evitando que as ferragens operem como condutores de indução sobre os circuitos sensíveis internos. Por outro lado, o condutor de cobre “expresso” permite que uma parte considerável da descarga atinja rapidamente o sistema de terra, onde a energia do raio é transformada em calor, o que impede que as ondas impulsivas continuem trafegando pelo sistema, causando perturbações de natureza aperiódica. Adicionalmente, o fato de o prédio da subestação estar quase totalmente dentro da zona de proteção do prédio vizinho, faz com que os riscos relacionados a descargas atmosféricas seja extremamente reduzido.

Outro ponto avaliado foi quanto aos efeitos dos campos elétricos e magnéticos produzidos pelos equipamentos da subestação. Demonstrou-se que o valor do campo elétrico nas proximidades dos barramentos e cabos, por serem blindados e isolados, é muito menor que os limites aceitos internacionalmente. Da mesma forma, o valor do campo magnético nas proximidades dos barramentos encapsulados é também muito pequeno e não reclama maiores atenções. Maior enfoque foi dado ao campo magnético produzido pelos cabos de força internos próximos à parede na fronteira com o prédio da Telemar, onde o campo magnético máximo calculado chegou a 0,654 gauss, menor do que o limite internacionalmente aceito de 0,83 gauss (norma ICNIRP).

6.9 SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIO (SPCI)

Dentre os vários sistemas de combate a incêndio dedicados a equipamentos elétricos (Water Spray, CO₂, Sergi etc.), o que melhor se enquadrou para o cumprimento dos requisitos técnicos da instalação, considerando as restrições de espaço e geometria do prédio, bem como o que representou o melhor custo-benefício para a aplicação, foi o Sistema de CO₂ de Alta Pressão. O sistema é composto por 16 cilindros com capacidade unitária de 45 kg, destinados à inundação completa de uma sala de transformador em caso de incêndio. A operação do sistema pode ser manual, através do acionamento das alavancas nas cabeças de descarga dos cilindros, ou automática, via sinal disparado pelo sistema de detecção de incêndio, composto por detectores fotoelétricos de fumaça e detectores de temperatura.

O único ponto neste tipo de sistema que exige particular atenção é quanto às propriedades do gás utilizado. O CO₂, em condições normais, é um gás incolor, inodoro, inerte e mau condutor de eletricidade, sendo apropriado para extinguir incêndios. Porém o CO₂ extingue incêndios pela redução da concentração de oxigênio e/ou da fase de vapor do combustível no ar, até o ponto em que a combustão cessa, e, portanto, pode representar perigo ao ser humano, criando situações de sufocamento e redução da visibilidade durante e após a descarga. Para evitar este risco, foram adotadas algumas medidas preventivas, tais como acionamento de alarme pré-descarga durante um tempo determinado e bloqueio do sistema estando as portas das salas dos transformadores abertas.

6.10 SISTEMA DE EXAUSTÃO E AR-CONDICIONADO

Com a separação dos radiadores do corpo principal dos trafos, foi possível otimizar o sistema de exaustão para as suas salas, uma vez que a maior parte da dissipação térmica se dá nos radiadores (cerca de 300 kW), os quais estão instalados ao tempo no andar superior, enquanto que o corpo principal, por ter poucas perdas (cerca de 20 kW), pôde ser confinado em uma sala fechada. Os cálculos térmicos mostraram que, para garantir uma elevação de temperatura ambiente de no máximo 10 °C no interior das salas, apenas um sistema de ventilação por convecção natural seria suficiente, o qual foi formado por duas venezianas na parede frontal de cada sala, nas dimensões de 1000 x 800 mm, funcionando como entrada de ar, e o shaft no fundo da sala, agindo como saída de ar. Essas venezianas possuem dampers acionados pelo SPCI em caso de incêndio, ou seja, em condições normais os dampers ficam fechados, possibilitando a circulação natural de ar, porém, em caso de incêndio, eles fecham automaticamente para impedir a saída do CO₂ injetado para extinção do fogo. Existe ainda uma terceira abertura na parte superior da sala, cujo damper permanece normalmente fechado, sendo aberto somente após a extinção do incêndio, para remoção do CO₂ da sala.

6.11 SISTEMA DE PROTEÇÃO ACÚSTICA

Considerando que os núcleos dos transformadores de potência, que são a principal fonte de ruído do sistema, estão confinados em uma sala fechada, seria razoável admitir que a propagação dos campos sonoros para fora da área da subestação seria muito atenuada, especialmente por se tratarem de trafos com baixo nível de ruído. Como medida preventiva adicional, revestiu-se as paredes internas das salas dos trafos com 6 cm de vermiculita, material de alta resistência térmica e boas propriedades acústicas, tomando-se o cuidado de manter certa rugosidade em seu acabamento, uma vez que é sabido que o coeficiente de absorção sonora cresce com a rugosidade e permeabilidade da superfície, mitigando-se assim os campos sonoros reverberantes. Não foram adotadas medidas de proteção acústica adicionais, tais como materiais fono-absorventes em paredes/tetos, revestimentos acústicos em dutos ou silenciadores lamelares em aberturas. Após a energização e operação da subestação, verificou-se que os níveis sonoros externos são praticamente iguais aos valores anteriores, uma vez que, mesmo durante a madrugada, o ruído dos transformadores não é percebido pelos moradores vizinhos.

7.0 - CONCLUSÕES

Tendo como exemplo a construção da nova SETD Leblon, pode-se afirmar que a implantação de subestações compactas em áreas urbanas é, em muitos casos, a melhor alternativa técnico-econômica, considerando o custo do terreno e a interação com a população. É uma modalidade de empreendimento que representa um grande desafio do ponto de vista técnico e tecnológico, haja vista as restrições de espaço, a proximidade a residências e a necessidade de se realizar obras em vias públicas. Todavia, não deixa de ser também um grande desafio do ponto de vista ambiental, social e regulatório, cujo desconhecimento ou desconsideração de seus preceitos pode levar o empreendimento como um todo ao fracasso.

8.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) JACOBSEN, R. S. et al. Estudo comparativo entre subestações blindadas isoladas a gás SF₆ e subestações convencionais. In: XVIII SNPTEE. Anais. Curitiba, 2005.
- (2) SF₆ Gas Insulated Switchgear type ELK-04 – Product Documentation. ABB, 2000.
- (3) IEC 60287-Part 1-1, 2001. Electric cables – Current rating equations (100 % load factor) and calculation of losses - general.
- (4) IEC 60287-Part 2-1, 2006. Electric cables – Calculation of the current rating – thermal resistance – calculation of thermal resistance.
- (5) SOBRAL, S. T. et al. Ground potentials and currents in substations fed exclusively by power cables – an example: Leblo Substation. In: T&D 2004. Anais. São Paulo, 2004.
- (6) SOBRAL, S. T. Estudo de interferências eletromagnéticas – SETD Leblon. Rio de Janeiro, 2004.
- (7) MEDEIROS, E. B. Et al. Controle de ruído em subestações elétricas: análise e projeto. In: XVI SNPTEE. Anais. Campinas, 2001.