



**XXIII SNPTTE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

FI/GSE/13
18 a 21 de Outubro de 2015
Foz do Iguaçu - PR

GRUPO – VIII

GRUPO DE ESTUDO DE SUBESTAÇÕES E EQUIPAMENTO DE ALTA TENSÃO - GSE

DESAFIOS ENFRENTADOS PARA MODERNIZAÇÃO DE UM CONJUNTO BLINDADO GIS E DO SISTEMA DE PROTEÇÃO DE UMA SUBESTAÇÃO INTERLIGADA DO SISTEMA ELÉTRICO DA ELETROPAULO NA REGIÃO CENTRAL DE SÃO PAULO

**José de Melo Camargo(*)
EPTE**

**Carlos Ossamu Kajikawa
AES Eletropaulo**

**Eduardo Silva Acre
AES Eletropaulo**

RESUMO

Este informe descreve o estudo de caso de modernização de uma subestação a qual possui um conjunto blindado GIS, que completou 30 anos de operação e necessitava realizar sua manutenção, fato que esse conjunto já não possuía peças de reposição pelo fabricante correndo risco na execução, necessitando portanto ser realizada uma modernização. O estudo mostra que a melhor alternativa foi a substituição desse conjunto blindado por um outro conjunto, com equipamentos compactos e com uma nova configuração do diagrama unifilar, onde trouxe mais flexibilidade operativa e facilidade no processo de execução da obra e permitirá a ampliação da capacidade da subestação no futuro.

PALAVRA-CHAVE

Subestação, conjunto blindado GIS

1. INTRODUÇÃO

Esse artigo tem o objetivo detalhar o estudo de caso da modernização de uma subestação do sistema elétrico da AES Eletropaulo, localizada na região central da cidade de São Paulo, denominada subestação de chaveamento e transformadora ECH/ETD Paula Souza.

Essa subestação foi instalada na década de 1900, no início do século, como uma subestação com geração térmica a base de carvão, que tinha como objetivo, alimentar os bondes elétricos que começaram a operar a partir de 1904 na cidade de São Paulo.

Atualmente a subestação é alimentada na tensão de operação 88 kV preparada para operar em 138 kV, conectando-se com outras linhas de transmissão subterrâneas e transformações para os níveis de tensão de distribuição de 3,8 kV, para rede aérea de distribuição, e 21 kV para o sistema reticulado da região central.

A configuração atual dessa subestação foi implantada nas obras realizadas no período entre 1975 e 1977, ano que energizou esse conjunto blindado GIS (Gas Insulated Switchgear) de 88/110 kV, a qual se conectam 7 (sete) circuitos de linhas de transmissão subterrânea, que interligam com outras subestações da AES Eletropaulo, subestações ECH/ETD Cambuci, ECH Canindé e ETD Brás, e também se conecta com a subestação SE Centro de propriedade da CTEEP.

Também conecta-se a esse conjunto blindado GIS 6 (seis) transformadores de potência a qual corresponde a uma potência instalada de 138 MVA e uma capacidade firme de 43,2 MVA na tensão de distribuição de 3,8 kV e 45 MVA na tensão de distribuição de 21 kV.

A figura 1 mostra através de um diagrama de blocos a localização elétrica da subestação ECH/ETD Paula Souza no sistema elétrico da AES Eletropaulo e sua conexão com a subestação SE Centro da CTEEP, mostrando a complexibilidade do sistema onde está conectada essa subestação.

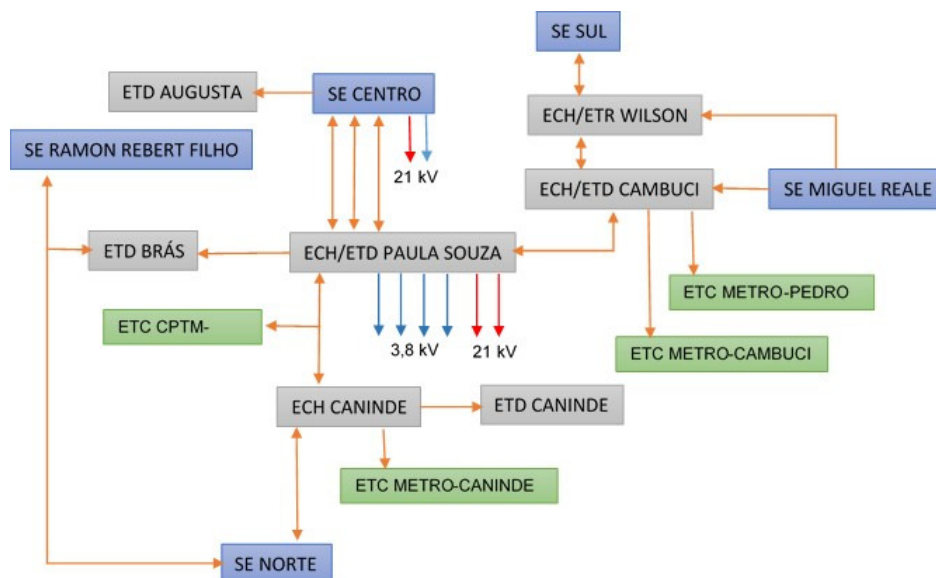
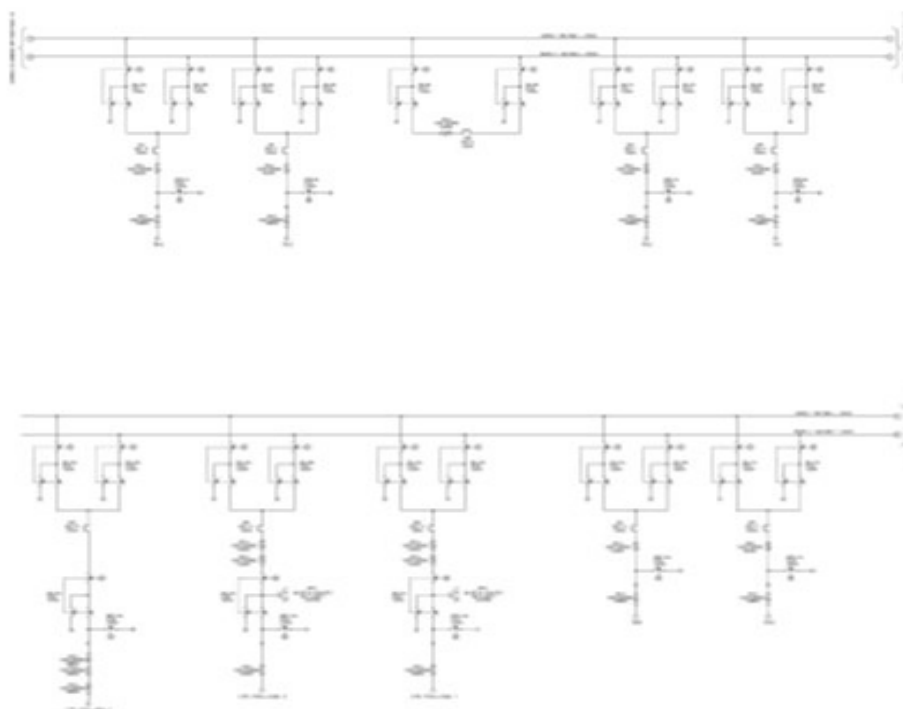


Figura 1: Diagrama unifilar do sistema de conexão da ECH/ETD Paula Souza.

2. CONJUNTO BLINDADO GIS ATUAL

O conjunto blindado GIS de 88/110 kV foi fabricado em 1976 e energizado em 1977, fabricação ABB, composto de 2 (duas) barramentos de alta tensão configurando barra dupla, onde deriva-se 8 (oito) bay para conexão de linha de transmissão, de 6 (seis) bay para conexão de transformadores, 1 (um) bay de disjuntor paralelo de barra e 2 (dois) conjunto de transformador de potencial, um para cada barramento, conforme apresenta o diagrama unifilar do conjunto blindado GIS, figura 2 abaixo.



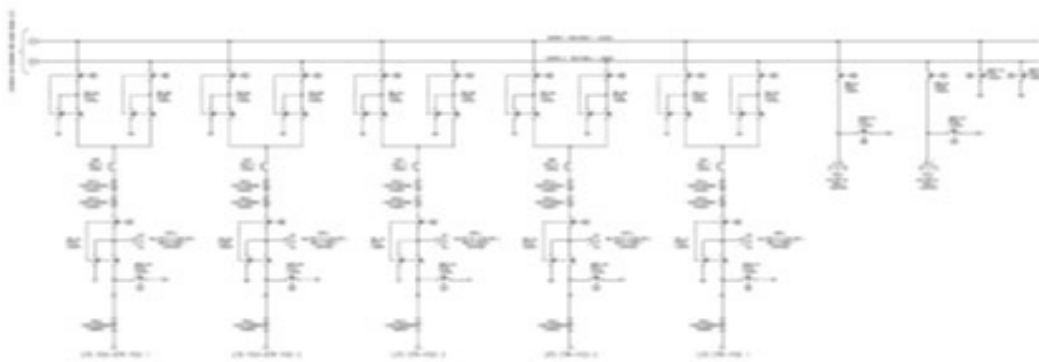


Figura 2: Diagrama unifilar do conjunto blindado GIS instalado na subestação.

Durante a sua operação foram realizadas as manutenções preventivas de acordo com as recomendações do fabricante, sendo que quando da programação da manutenção correspondente a 30 anos de operação que estava prevista para ser realizada em 2010, a AES Eletropaulo deparou-se com um impasse técnico em função da descontinuidade do fabricante do modelo fornecido, com isso poder-se-ia ter dificuldades de fabricação de peças originais detectada com a abertura do bay, consequentemente impactando no custo da realização da manutenção, e podendo ter que realizar adequações mecânicas no equipamento instalado, utilizando equipamentos de modelo de fabricação atual, isto é, realizando uma modernização no mesmo. Essa análise foi realizada em função das dificuldades e dos problemas gerados para a realização da manutenção de 20 anos do conjunto blindado.

Entre 1997 e 2001 a AES Eletropaulo planejou e executou a manutenção preventiva de 20 anos do conjunto blindado, que constou na revisão interna de cada bay. Ao realizar o planejamento dessa manutenção surgiu a necessidade de ser adquirido um bay reserva com seus componentes principais, pois a previsão ao realizar essa manutenção era de aproximadamente de 20 dias por bay, portanto tornando indisponível o mesmo para operação, dessa forma, com esse bay reserva atenderia e manteria as condições operativas do sistema elétrico.

A compra desse bay reserva incluiu a realização das adequações para permitir a montagem do mesmo no conjunto blindado GIS uma vez que, nessa época esse conjunto já não estava em fabricação, essas adequações foram no compartimento de conexão na barra de alta tensão, compartimento do disjuntor e no compartimento dos cabos de potência.

Em 2005, por uma condição operativa do sistema elétrico da AES Eletropaulo, houve a necessidade da substituição do cabo que interliga a subestação ECH/ETD Paula Souza a subestação ETD Brás. Nessa oportunidade utilizou-se esse bay reserva para atender essa substituição do cabo, com a aquisição de mais componentes para permitir a conexão do novo cabo de potência que estava sendo instalado. Ficando o bay antigo como reserva do conjunto blindado GIS.

Na operação normal desse conjunto blindado realizou-se diversas manutenções não programadas e corretivas nos sistemas hidráulicos de acionamento do disjuntor, pois essa blindada possui um sistema de tubulação de óleo hidráulico que interliga cada bay sobre pressão, onde sempre apresentou vazamentos exigindo atendimento constante das equipes de manutenção.

Outra dificuldade apresentada nas intervenções de manutenção é com relação a não existência de compartimentos no barramento principal de alta tensão no conjunto blindado, com isso, na manutenção realizada de 20 anos, cada substituição do bay original pelo bay reserva, ocorria a necessidade de isolar uma barra e retirar toda gás isolante SF6, para desconexão do referido bay e consequente normalização para realizar a desconexão com a outra barra adotando o mesmo procedimento.

A figura 3 mostra algumas vistas do conjunto blindado atual em operação.



Figura 3: Vistas do conjunto blindado GIS instalado na subestação.

3. SISTEMA DE CONTROLE E PROTEÇÃO

Os sistemas de controle desse conjunto blindado são por painéis externos instalados na frente de cada bay do mesmo, onde realiza-se a manobra local dos disjuntores e seccionadoras motorizadas de linha e aterramento. Nesses painéis também estão as interligações do sistema de alarme e intertravamento do comando dos equipamentos com o sistema de controle da subestação.

O sistema de proteção aplicado utiliza como proteção principal a função diferencial através de comunicação por fio piloto, utilizando cabo par metálico como meio de comunicação entre as subestações e instalado em conjunto com o cabo de potência, e como proteção secundária a função direcional de fase e neutro.

Esse sistema de proteção tem apresentado falhas de atuação no sistema elétrico da AES Eletropaulo, devido aos desgastes normais dos componentes internos dos reles eletromecânicos e falhas no sistema de comunicação entre as subestações comprometendo todo o sistema de proteção desse sistema elétrico.

Com relação a proteção do barramento de alta tensão do conjunto blindado GIS é realizada através da função de proteção diferencial de corrente e também com reles eletromecânicos.

A figura 4 mostra os painéis atuais onde estão instalados os reles de proteção e os painéis de comando de comando da subestação.



Figura 4: Vistas dos painéis de proteção e comando instalado na subestação.

4. ESTUDO DE ALTERNATIVAS

Como descrito anteriormente, entre 2010 e 2012, a AES Eletropaulo deveria realizar a manutenção e a revisão de 30 anos do conjunto blindado GIS, a qual não foi realizada em virtude do impasse técnico ocorrido para realizar essa manutenção.

Ao realizar reuniões técnicas com o fabricante do mesmo e debates técnicos internos com as equipes de manutenção e operação, foram abordadas algumas dificuldades descritas a seguir.

4.1. Com relação ao fabricante

- O procedimento de execução da manutenção deveria ser o mesmo adotado para a manutenção de 20 anos, com uma previsão aproximada de 30 a 45 dias por bay, sendo que num período de 15 dias o conjunto blindado estaria com restrições operativas.
- Na abertura do bay correria risco se houve-se a necessidade de substituição de alguma peça ou componente interna, principalmente no compartimento do disjuntor, não se teria peça para substituir.
- A recomendação do fabricante seria realizar a modernização do bay aproveitando somente os compartimentos de barramento e os compartimentos de conexão dos cabos de potência, eliminando com isso o sistema hidráulico existente, o qual gera uma manutenção preventiva e corretiva constante.
- O prazo de execução previsto dessa manutenção estimava-se em torno de 15 a 24 meses, dependendo da operação do sistema elétrico.

4.2. Com relação a operação e manutenção da AES Eletropaulo

- Como administrar o risco operativo do sistema elétrico numa ocorrência num período de indisponibilidade do conjunto blindado GIS.
- A própria disposição elétrica em relação a posição física no conjunto blindado GIS, gerava dificuldades operativas, pois as fontes de alimentação estão concentradas em um único ponto e as cargas distribuídas ao longo da mesma e também concentradas em lado oposto, não permitindo nenhuma flexibilidade operativa.
- Os transformadores de corrente da proteção de barra desse conjunto estão instalados envolvendo os cabos de potência e fora do conjunto blindado, pois não foram previstos internamente, com isso realizou-se uma adaptação nos mesmos para sua fixação e deve-se ser jumpeados toda vez que realizar a manutenção no cabo de potência para evitar-se uma atuação indevida da proteção.

4.3. Alternativa definida

Pelo exposto anteriormente e viabilizar a realização da manutenção do conjunto blindado GIS com o menor risco operativo possível, concluiu-se que existia somente duas alternativas a serem estudadas e orçamentadas.

- Alternativa 1: Realizar a modernização do conjunto blindado GIS conforme proposto pelo fabricante com a substituição do sistema de proteção aplicando dispositivos eletrônicos inteligentes (DEI).
- Alternativa 2: Instalação de um novo conjunto blindado GIS, também incluindo a substituição do sistema de proteção conforme alternativa 1. Essa alternativa obrigava a definir um novo local para sua instalação, já que o conjunto blindado existente deveria operar até concluir a instalação do novo conjunto.

5. ESTUDO DA ALTERNATIVA 2

Após todos esses anos de operação da subestação e com o crescimento do sistema elétrico e consequentemente sua complexidade, e também com os novos requisitos de operação, foram as primícias para que o grupo técnico da AES Eletropaulo estuda-se um novo diagrama unifilar para a subestação. Assim, os pontos analisados foram:

- Dificuldades técnicas de manobras para atender os requisitos de manutenção;
- Aumentar a flexibilidade operativa do sistema elétrico;
- Atender aos requisitos de manobras de contingência envolvendo a subestação e o sistema elétrico como todo;
- Flexibilidade operativa da subestação no processo de transferência dos circuitos das linhas de transmissão do conjunto blindado em operação para o novo conjunto blindado;

O próximo passo foi definir a localização elétrica das fontes de alimentação primárias e secundárias da subestação, isto é, definir qual a melhor posição física no diagrama unifilar dessas fontes observando os pontos analisados anteriormente.

E por fim definir o posicionamento das cargas da subestação no diagrama unifilar também observando os pontos analisados, principalmente com relação às contingências dos equipamentos complementares, como transformador e cabos de potência.

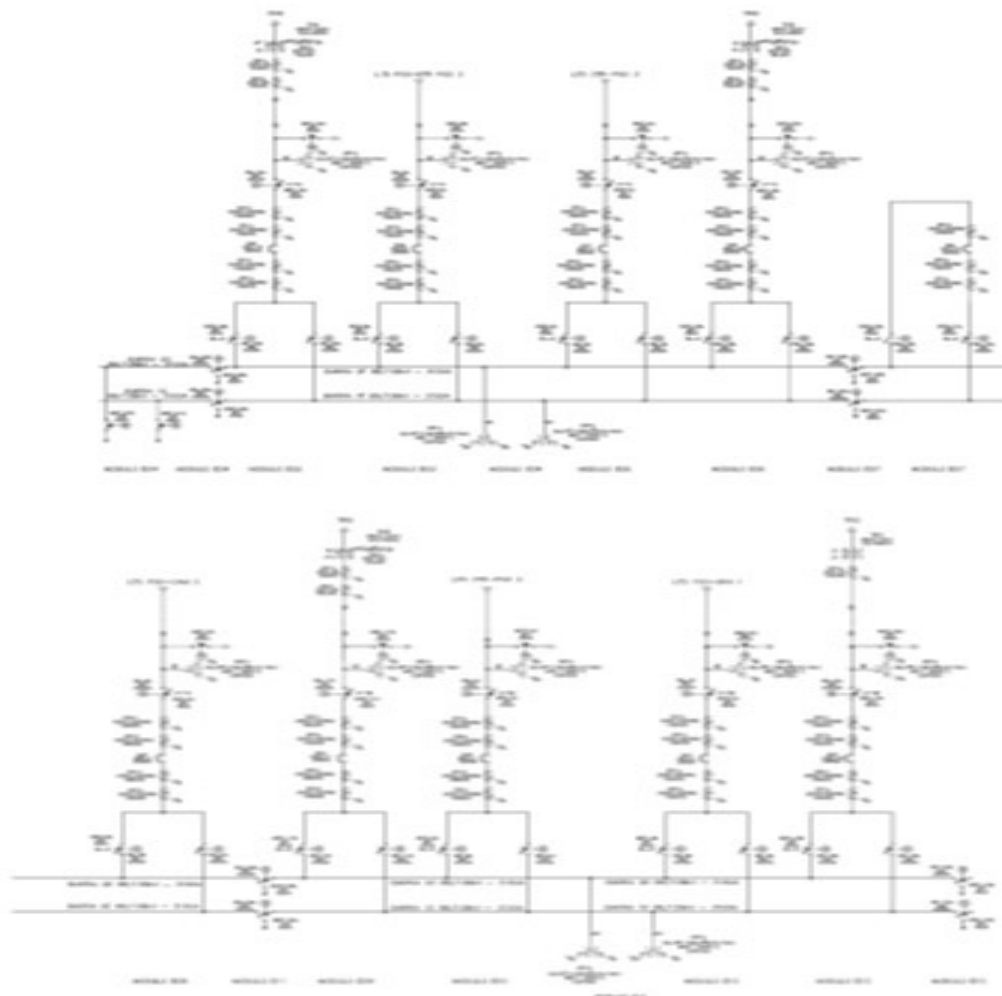
Após todas essas análises e vários estudos realizados, concluiu-se o diagrama unifilar da subestação, onde apresentou as seguintes características:

- O conjunto blindado foi dividido em 3 (três) blocos principais, caracterizado pelas 3 (três) fontes primárias de alimentação da subestação, podendo operar em conjunto ou isoladamente;
- As fontes secundárias foram divididas em 2 (dois) blocos secundários, podendo alimentar em condição contingência qualquer um dos blocos principais;
- As cargas foram distribuídas nos blocos principais, de tal forma, que sua contingência está conectada no outro bloco principal;
- A interligação entre os blocos primários e secundários são realizadas através de seccionadoras e do disjuntor paralelo de barra.

Com essa nova configuração do diagrama unifilar da subestação obtém-se os seguintes modos operativos da subestação:

- Operação com barra totalizada, que será a condição normal de operação da subestação;
- Operação com barra individualizada;
- Operação em contingência que contempla outros 24 modos operativos, que a operação pode utilizar conforme a contingência a ser atendida.

A figura 5 mostra o diagrama unifilar da alternativa 2 definida pelos estudos realizados.



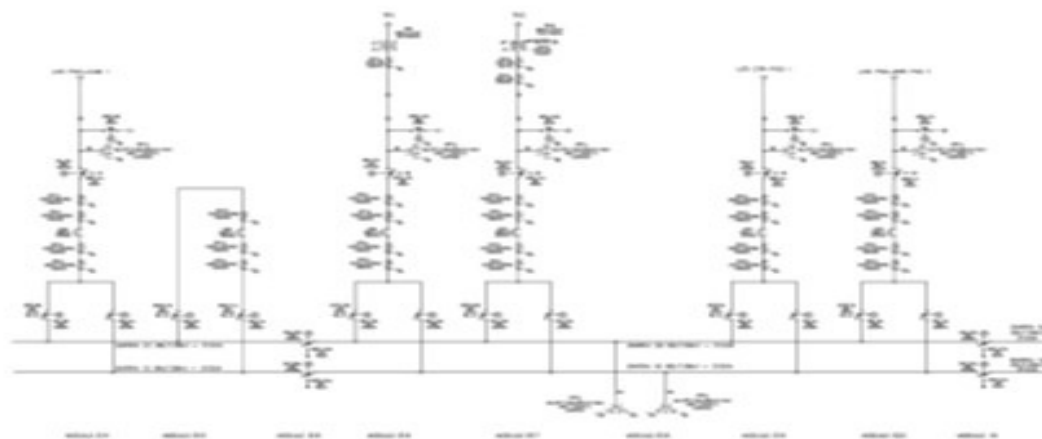


Figura 5: Diagrama unifilar da alternativa 2.

6. ALTERNATIVA IMPLANTADA

Concluída a documentação para realiza-se a concorrência para contratação do fornecimento de equipamentos e serviços a serem realizados por ambas as alternativas propostas, concluiu-se que a alternativa 2 era mais vantajosa para AES Eletropaulo apesar de apresentar um custo maior em relação a alternativa 1, com relação aos seguintes itens:

- Menor risco operativo durante a execução da obra de instalação;
- Menor risco de execução;
- Maior flexibilidade operativa do sistema elétrico;
- Obteve-se uma área para realizar uma ampliação da subestação conforme as necessidades de carga do sistema.

As obras iniciaram-se outubro/2013 na construção de uma nova casa de comando e do conjunto blindado GIS, atualmente estão sendo fabricados os painéis de controle e proteção e já está montado o conjunto blindado GIS. A previsão de conclusão para energização em tensão está prevista para Janeiro/2016 em seguida a transferências das fontes primarias e secundarias e as cargas para o novo conjunto blindado conforme sequencia pré-definida com a operação.



Figura 5: Vistas das obras em andamento.

7. CONCLUSÃO

Através dos estudos desse projeto as equipes de engenharia e manutenção da AES Eletropaulo adquiriram uma experiência na utilização e aplicação desse tipo de equipamento em outras aplicações do sistema elétrico, principalmente em áreas mais adensadas como encontramos na cidade de São Paulo.

Apesar dos custos de fornecimento serem maiores com esse tipo de equipamento comparado com os custos dos equipamentos convencionais, o custo de aquisição e disponibilidade de área física compensa a diferença de custos, tornando viável sua aplicação.

8. REFERÊNCIA BIBLIOGRAFICAS

Utilizou-se as documentações técnicas dos equipamentos propostos e fornecidos, documentações técnicas de análises realizadas pelas equipes da AES Eletropaulo. Esses documentos são de propriedade da AES Eletropaulo não podendo ser disponibilizados.

9. DADOS BIOGRÁFICOS

José de Melo Camargo, brasileiro, engenheiro, formado em 1985 na Universidade de Mogi das Cruzes e mestre em sistema de potência pela Universidade Federal de Uberlândia em 2009. É membro do Cigré-Brasil e é especializado em subestações e linhas de transmissão do sistema de distribuição. Atualmente desenvolve projetos básicos de subestações na EPTE e foi engenheiro especialista na AES Eletropaulo desde 1986 se desligando em 2014.

Carlos Ossamu Kajikawa, brasileiro, engenheiro, formado em 1990 na Universidade de Mogi das Cruzes e Especialização em Sistema de Potência pela Universidade de Uberlândia em 2005. Ingressou na AES Eletropaulo em 1984 e sua experiência profissional inclui as Oficinas de Manutenção, Engenharia de Projetos de Subestações e Especificação de Equipamentos. É membro da Comissão de Estudo de Transformadores de Potência - do ABNT/CB-03 - Comitê Brasileiro de Eletricidade”.

Eduardo Silva Acre, brasileiro, Técnico, formado em 1998 na Escola Técnica Basilides de Godói, estudante do 5º ano de engenharia elétrica na Universidade Nove de Julho. Ingressou na AES Eletropaulo em 1995 e sua experiência profissional inclui passagem em diversas áreas da empresa dentre as quais Construção, Manutenção e Proteção de Estações. Atualmente exerce a atividade de gestor de obras de Expansão e Modernização da Subtransmissão “.