

Subestações Distribuídas: Uma Solução Inovadora de Baixo Impacto

J. C. R. Lopes - S. L. Caparroz - I. K. de Lima - M. R. Gouvêa - D. P. Duarte
A. Suprizzi - L. C. Goulart

Abstract - Buscando solução para minimizar o impacto ambiental de subestações e eficiência de seus serviços através da otimização de custos, a Eletropaulo promoveu um projeto de P&D para implementar subestações de pequeno porte, que atuam operacionalmente integradas entre si e com a rede de alimentadores, de forma a otimizar a reserva de capacidade transformadora.

Foram convidados a participar desse projeto o ENERQ/USP, a ABB e a Themag, constituindo assim uma interessante parceria na qual a Concessionária formula o problema, critica as alternativas e avalia a viabilidade de aplicação; a Universidade pesquisa e modela propostas de solução; o Fabricante desenvolve propostas e equipamentos e, finalmente a Projetista materializa a solução.

Este artigo apresenta a metodologia e os resultados dos trabalhos desenvolvidos, bem como descreve a implantação dessa solução em uma área piloto.

A metodologia envolve um método inovador na avaliação das alternativas de subestações, que pondera os aspectos objetivos de forma direta e os intangíveis através de análise estruturada na experiência de especialistas. A análise da rede, que opera como “barramento de interligação” das “subestações distribuídas”, propiciou a otimização da localização de religadores e chaves de manobra, no sentido de maximizar a continuidade e a facilidade de operação.

O projeto piloto está sendo implementado na região de Cotia, em São Paulo, onde há uma forte restrição ambiental que impede a penetração de linhas de alta tensão no centro de carga e há disponibilidade de energia a 34,5 kV em subestações adjacentes.

I - OBJETIVO

M. R. Gouvêa – ENERQ/USP – Centro de Estudos de Regulação e Qualidade de Energia do Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas da Escola Politécnica da USP. (e-mail: gouvea@pea.usp.br)

D. P. Duarte - ENERQ/USP – Centro de Estudos de Regulação e Qualidade de Energia do Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas da Escola Politécnica da USP. (e-mail: daniel.duarte@pea.usp.br)

J. C. R. Lopes – AES Eletropaulo S.A. (e-mail: julio.lopes@aes.com)

S. L. Caparroz – AES Eletropaulo S.A. (e-mail: sergio.caparroz@aes.com)

I. K. de Lima – AES Eletropaulo S.A. (e-mail: ivo.kleber@aes.com)

A. Suprizzi – ABB Ltda. (e-mail: alexandre.suprizzi@br.abb.com)

L. C. Goulart – Themag Engenharia Ltda. (e-mail: lchgoulart@themag.com.br)

lchgoulart@themag.com.br

O objetivo deste artigo é apresentar a metodologia e os resultados que estão sendo obtidos para a implementação de subestações distribuídas em região com restrições para penetração de redes de transmissão e de instalação de subestações convencionais de alta capacidade transformadora. Além de oferecerem solução para os condicionantes ambientais e ocuparem terreno de pequenas dimensões, as Subestações Distribuídas foram concebidas para apresentar alto nível de confiabilidade sem a necessidade de atender o critério N-1, o qual resulta em alto nível de ociosidade dos transformadores pela grande reserva de capacidade requerida.

II - FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

As atuais configurações dos sistemas de distribuição de energia elétrica envolvem a construção de subestações que, em sua maioria, agregam capacidade de transformação relativamente alta permitindo o atendimento da carga mesmo quando uma unidade transformadora estiver fora de operação. É o chamado critério N-1 (“*n menos um*”). Essa exigência impõe que os transformadores operem com alto nível de ociosidade, pois devem ter reserva de capacidade para atender a citada contingência. Uma subestação com 2 transformadores, por exemplo, deve operar apenas com 70% da capacidade nominal, se for tolerada sobrecarga de 40% durante a contingência de uma das unidades.

Por outro lado, as restrições ambientais que impedem a penetração de linhas de alta tensão em centros urbanos ou em áreas de preservação ambiental e a crescente dificuldade de dispor de terrenos para a construção dessas subestações convencionais, têm motivado a busca de outras soluções.

Também o atendimento de áreas periféricas de grandes cidades, de crescimento acelerado e desordenado, requer soluções de baixo custo e de concepção simples, compatíveis com as cargas que suprem e incompatíveis com a concepção das subestações convencionais.

Acrescente-se às dificuldades apresentadas, o alto nível de investimento requerido para implementação de uma subestação convencional.

III - PROPOSTA DE SOLUÇÃO

A solução para os problemas apresentados consiste na implementação de subestações de capacidade relativamente baixa, com uma unidade transformadora, que ocupam terrenos de pequenas dimensões e são atendidas por linhas compactas

operando a baixos níveis de tensão, como por exemplo, 34,5 kV ou 69 kV.

Denominadas subestações distribuídas, essas instalações se integram à rede primária e operam de forma vinculada às outras subestações de modo que a reserva de capacidade transformadora do sistema esteja distribuída nas subestações que o compõe.

Dessa forma a reserva de capacidade convencionalmente oferecida pelo critério N-1 deixa de ser essencial para a confiabilidade do suprimento do sistema primário, uma vez que o conjunto de subestações, operando de forma harmônica, garante alto nível de continuidade de serviço.

Religadores, seccionalizadores ou sistemas automatizados de supervisão e telecomando podem ser utilizados nas manobras para reconfiguração da rede, buscando alterações topológicas convenientes para adequar a rede a situações de contingência.

O suprimento das subestações distribuídas deve ser feito por linhas compactas que não agridam o ambiente, como por exemplo, redes de 34,5 kV montadas nos próprios postes das redes primárias de 13,8 kV.

A definição do arranjo da subestação pode indicar instalações modulares pré-fabricadas, do tipo de subestações móveis ou mesmo a utilização de equipamentos convencionais montados de forma compacta.

Instalações abrigadas podem ser uma boa solução em áreas residenciais onde o próprio impacto visual pode ensejar restrições.

A utilização de religadores em postes no passeio público ao invés de disjuntores convencionais consiste numa interessante solução para situações onde o espaço é escasso.

Linhas de alta tensão passando por pórticos que permitam a localização de disjuntores no fundo do terreno e saídas subterrâneas de alimentadores, possibilitam soluções de movimentação do transformador que dispensam corredor lateral, diminuindo a testada de terreno necessária.

IV - METODOLOGIA

A metodologia a ser utilizada para o desenvolvimento do estudo se fundamenta no desenvolvimento de padrões de subestação e na elaboração de procedimentos para análise e adequação da rede primária associada, cuja topologia e operação são estreitamente integradas com o arranjo e condicionantes operativos da subestação.

Dessa forma, a metodologia consiste nas seguintes etapas:

- a) 1ª Etapa: Previsão dos requisitos de carga da região, avaliação das possíveis fontes de atendimento e caracterização das restrições ambientais.

- b) 2ª Etapa: Características técnicas básicas das SEs distribuídas.

- c) 3ª Etapa: Integração das Subestações na rede primária

as quais passam a ser detalhadas a seguir.

IV.1 1ª Etapa: Levantamento das Características e Diagnóstico Preliminar da Região

Inicialmente é realizado o levantamento da topologia do sistema elétrico existente, dos requisitos de carga a curto e médio prazo da região, bem como dos potenciais das fontes próximas de energia e também das restrições ambientais existentes.

De posse desses elementos é analisado o balanço entre a demanda e a oferta de energia na região no período de estudo, quantificando-se a necessidade e localização da demanda que devem ser disponibilizadas.

A localização das fontes vis-à-vis a das cargas existentes e previstas orientam a formulação de alternativas para a localização das subestações distribuídas, oferecendo os primeiros elementos para a busca de terrenos que as abrigariam.

Simultaneamente ao levantamento da rede de distribuição, são identificadas as restrições ambientais que impedem adotar uma solução convencional de aumento da oferta de energia e também restringem, de alguma forma, a implementação de novas linhas. Cabe ressaltar que tem havido uma crescente rejeição da comunidade de aceitar subestações, sobretudo de médio/grande porte, em suas vizinhanças, motivadas pelo incômodo produzido por ruído, efeito visual e supostos efeitos nocivos do campo elétrico no corpo humano.

Um mapa das restrições ambientais é elaborado, identificando áreas de preservação de matas e florestas, assentamentos urbanos de alta densidade, acidentes geográficos de difícil transposição, singularidades urbanísticas, estradas, rios, ferrovias e demais elementos influentes no traçado das novas linhas de transmissão necessárias para atender as novas subestações.

A superposição dos condicionantes técnicos e ambientais oferecem um quadro completo para a análise das possíveis localizações de subestações e trajeto das linhas de transmissão, considerando, sobretudo, a adoção de linhas compactas e terrenos de pequenas dimensões.

IV.2 2ª Etapa: Características técnicas básicas das SEs distribuídas

A quantidade de subestações distribuídas é definida em função do montante de potência requerida no período abrangido pelo estudo e da capacidade específica de cada subestação, levando em conta eventuais restrições de quantidade de terrenos disponíveis. Por outro lado, a tensão disponível nas potenciais fontes de energia da região, orientam para a escolha do nível

da alta tensão. A tensão do lado de baixa deve, necessariamente, ser a mesma da rede existente.

A seguir são propostas alternativas de arranjos de subestação com uma unidade transformadora. Dentre as alternativas a serem analisadas é interessante destacar as seguintes possibilidades:

- Subestação convencional *versus* Subestação compacta; entendendo-se por compacta uma subestação composta por 3 módulos pré-fabricados e pré-montados : *bays de entrada, transformação e bays de saída,*
- Arranjo convencional *versus* arranjo com disjuntor apenas no lado de AT ou ainda arranjo com disjuntor apenas no lado de BT.
- Interligação de barramentos através de linha expressa entre os barramentos de AT das novas subestações *versus* interligação dos barramentos de MT através de um alimentador expresso ou ainda, a ausência de ambas as linhas expressas, havendo apenas interligação pela rede de alimentadores que supre a região.

A metodologia de seleção pode ser através do método direto que encerra uma detalhada análise técnica econômica ou, por um método expedito, derivado do método Delphi, utilizado para solução de problemas não estruturados. Em ambos os métodos de seleção, devem ser analisados o Custo e o Desempenho Técnico.

Enquanto que no método direto de seleção de alternativas quantifica-se o custo dos atributos de uma alternativa aceitável do ponto de vista técnico, o método fundamentado nos princípios do método Delphi, consiste em uma apresentação do problema a um painel de especialistas, onde são colocados os fatores que influem na seleção, bem como formas de quantificá-los.

Dessa sessão de apresentação resulta elementos para a elaboração de um questionário, enviado a todos especialistas integrantes do painel, os quais expressam suas impressões e opiniões através das respostas às questões propostas.

A compilação das respostas ao questionário, segundo critérios pré-estabelecidos pelo próprio painel conduz à alternativa de preferência dos especialistas consultados.

Considerando que o desempenho técnico é definido pelos atributos abaixo relacionados, observa-se vantagem na aplicação do método derivado do método Delphi sobre o método direto, de um lado pela dificuldade de atribuir custos a fatores de natureza intangível através do método direto e de outro pela celeridade de obtenção de resultados através do método expedito Delphi. Os atributos que definem o desempenho são:

a) Construção
facilidade de construção/montagem;

compacticidade (terreno);
facilidade de inserção no ambiente.

b) Manutenção

- intercambiabilidade de equipamentos
- independência de treinamento/recursos especiais
- facilidade de peças de reposição

c) Operação

- facilidade de manobra em manutenção emergencial
- facilidade de manobra em manutenção corretiva
- facilidade de manobra em manutenção preventiva

d) Confiabilidade

- disponibilidade programada
- disponibilidade não programada – DEC (em capacidade)
- baixa frequência de interrupção - FEC
- proteção ao vandalismo e agentes externos

e) Segurança

- ambiental (externo)
- segurança humana na operação
- segurança humana na manutenção

f) Flexibilidade de Expansão

IV.3 3ª Etapa: Integração das Subestações na Rede

Uma vez definido o arranjo, a característica técnica básica e a localização das subestações, cumpre definir os reforços e providências operativas a serem implementadas na rede de alimentadores para a adequada integração.

Análise de fluxo de potência indicam as regiões que carecem de reforços em condição normal e de contingência.

A seguir são estudadas alternativas de reforços e de configuração da rede através da definição de chaves que operam normalmente abertas ou normalmente fechadas.

A análise das alternativas é composta por estudos e simulações que incluem:

- análise do comportamento da rede, em termos de carregamento, de tensão e de perdas para diferentes possibilidades de áreas de influência das subestações existentes e das novas subestações distribuídas;
- a definição das contingências a serem consideradas, que afetam a rede primária e as subestações distribuídas, incluindo a contingência da linha de alta tensão, de transformadores, de trechos da rede de alimentadores
- a sensibilidade da carga, identificando cargas especiais que requerem níveis de confiabilidade diferenciados como hospitais, delegacias, indústrias com processos sensíveis, etc;

- análise de medidas operativas para solucionar as contingências de pré-estabelecidas, considerando manobras manuais ou automáticas de seccionadoras na rede.

Os resultados desses estudos determinam os reforços na rede primária a serem realizados, a topologia para operação em condição normal e as manobras a serem executadas para cada contingência.

V - ESTUDO DE CASO

V.1 REGIÃO EM ESTUDO

A região em estudo é constituída por um grupo de municípios serranos, a cerca de 30 quilômetros do município de São Paulo, cujo centro de carga é a cidade de Cotia.

Essa região, pelas suas características geofísicas e climáticas apresenta severas restrições de implementação de linhas de transmissão pela topologia acidentada e por rígidas leis de preservação da mata atlântica que a recobre.

Por outro lado, nos últimos anos tem-se verificado um forte crescimento nos requisitos de energia elétrica dessa região, motivado pelo aumento da atividade econômica que atende às demandas dessa próspera estância serrana.

O sistema elétrico de potência que atende a região envolve 3 subestações, situadas em áreas periféricas do centro de carga, as quais alimentam um sistema primário com 9 alimentadores operando em 13,8 kV.

As subestações apresentam transformações 138/13,8kV 88/13,8 kV e 138/34,5 kV , havendo uma expressiva folga de 30 MVA na capacidade transformadora 138/34,5 kV.

Os alimentadores 13,8 kV que atendem a região têm configuração radial, com um tronco principal, em 336 MCM e ramais, com cabos predominantemente 4/0 AWG atendendo a consumidores primários e estações transformadoras. O sistema primário opera próximo de seu limite de carregamento, sobretudo em condição de contingência de determinados trechos, caracterizando uma situação de necessidade de expansão da oferta nessa tensão.

As principais características técnicas e operativas das subestações e dos alimentadores que atendem a região atualmente são:

SE COTIA

- a) 2 transformadores 88/13,8 kV de 15/20MVA, operando com 85 % da capacidade nominal;
- b) 9 alimentadores trifásicos aéreos em cabos de alumínio com bitola 336 MCM, dos quais 3 são dedicados ao atendimento do centro de carga.

SE ITAPEVICERICA

- a) 2 transformadores 34,5/13,8 kV de 15/20MVA, operando com 40 % da capacidade nominal;

b) 9 alimentadores trifásicos aéreos em cabos de alumínio com bitola 336 MCM, dos quais 1 é dedicado ao atendimento do centro de carga.

SE ITAPEVI

- a) 2 transformadores 34,5/13,8 kV de 15/20MVA, operando com 75 % da capacidade nominal;
- b) 9 alimentadores trifásicos aéreos em cabos de alumínio com bitola 336 MCM, dos quais são dedicados ao atendimento do centro de carga.

V.2 - DIAGNÓSTICO

A região identifica e caracteriza uma situação que apresenta a necessidade de ampliação da oferta de capacidade de energia em 13,8 kV, a disponibilidade de oferta em 34,5 kV em subestação próxima e ainda, a presença de severa restrição ambiental para implementação de linhas de alta tensão, se prestando dessa forma, como típica aplicação da solução proposta.

A partir dos carregamentos dos circuitos foi realizada a previsão dos requisitos de carga da região para curto e médio prazo, que resultou na necessidade de 10 MVA para os próximos 4 anos e 20 MVA para o horizonte de 8 anos.

Assim, seriam necessárias 2 novas subestações distribuídas, denominadas de – SE Raposo I e SE Raposo II, a serem instaladas na região. A escolha dos terrenos para implantação das subestações envolveu vários fatores, dentre os quais:

- a disponibilidade
- a topografia
- o custo
- as dimensões
- a localização em relação ao centro de carga
- a facilidade de entrada e saída de alimentadores.

Realizado um levantamento na região, foram definidos 2 terrenos.

V.3 - PROPOSTA E SELEÇÃO DE ALTERNATIVAS

O arranjo das subestações foi definido através do método Delphi. Foram propostas alternativas de atendimento da região considerando arranjo e interligação das novas subestações Raposo I e Raposo II, cuja seleção foi realizada através de apresentação e consulta a painel de especialistas, considerando as seguintes características técnicas básicas:

- dimensões restritas possibilitando a implementação em terreno de pequenas dimensões em relação às necessidades de uma subestação convencional;
- tensão nominal de 34,5/13,8 kV;
- uma unidade transformadora de 15/20 MVA;
- arranjo para saída de 2 alimentadores na configuração inicial e possibilidade de expansão futura de um terceiro;

- alimentação através de linha compacta em 34,5 kV, montada, se conveniente, nas mesmas estruturas da rede primária existente;
- integração das novas subestações na rede primária, de forma que a contingência de alimentadores e da própria subestação seja atendida através de sistema de transferência automática de carga.

O resultado foi obtido através de três questionários que trataram do arranjo da subestação, da aplicação de módulos pré-fabricados e da forma de interligação das subestações distribuídas.

Cada uma das alternativas foi avaliada segundo o custo e o desempenho, através da ponderação de “pesos” atribuídos aos vários fatores que definem esses aspectos, segundo os especialistas pertencentes ao painel. Através das respostas dos especialistas as seguintes conclusões foram observadas:

- a) a utilização de equipamentos montados de forma convencional foi preferida em detrimento da montagem em módulos pré-fabricados, em função do preço adotado;
- b) houve preferência pela interligação das SE's através da rede de alimentadores que supre a região, ao invés da utilização de linhas 34,5 kV expressas ou mesmo alimentadores 13,8kV expressos;
- c) o disjuntor de saída da subestação foi dispensado utilizando-se apenas chave seccionadora e religador na saída de cada circuito, justificando-se pelo preço do projeto, espaço ocupado e simplificação do arranjo da subestação;
- d) uma das subestações distribuídas apresenta religador no terreno da subestação e a outra, instalado em poste no passeio público.

Considerando os resultados obtidos nos questionários, a Eletropaulo convidou a ABB para participar dos trabalhos, que propôs, juntamente com a THEMAG arranjos que atendam os requisitos técnicos, avaliando a aplicação de vários expedientes para simplificação, compactação e economia, que usualmente não são considerados em subestações convencionais. Dentre esses estão:

- dispensa de casa de comando;
- sistema de proteção e controle abrigado em armários expostos ao tempo;
- sistema reduzido de baterias;
- redução de recuos através da utilização de paredes corta-fogo;
- automação remota do religador.

O arranjo selecionado está apresentado na figura anexa, que ocupa uma área de um pouco mais de 100 m².

V.4 - INTEGRAÇÃO NO SISTEMA LOCAL

A integração das subestações na rede local foi realizada através de reforços em alguns trechos de alimentadores e implementação de religadores automáticos em pontos estratégicos, de forma a atender contingências dos

transformadores e linhas de alta tensão associadas às novas subestações distribuídas.

A implementação dos resultados está em fase de projeto.

VI - CONCLUSÃO

A metodologia e os resultados apresentados para a implementação de subestações distribuídas se mostraram adequadas como solução para aumento da oferta de energia em região com restrições para penetração de redes de transmissão e para instalação de subestações convencionais de alta capacidade transformadora que ocupam terrenos relativamente grandes.

Além de oferecerem solução para os condicionantes ambientais e ocuparem terreno de pequenas dimensões, as Subestações Distribuídas apresentam alto nível de confiabilidade, substituindo com vantagem econômica o critério N-1 que resulta em alto nível de ociosidade dos transformadores pela grande reserva de capacidade requerida.

A aplicação da metodologia na região de Cotia, que apresenta severas restrições ambientais, comprova a sua eficácia. Essa solução foi concebida com linhas 34,5 kV suprindo, 2 subestações compactas 34,5/13,8 kV com 15/20 MVA cada uma, integradas através da rede de distribuição primária, que através de convenientes manobras automatizáveis permite atingir níveis de confiabilidade similares ao critério convencional N-1.

A solução de subestação compacta distribuída pode ser aplicada a tensões de alimentação superiores - 69 e 138 kV, e permitem a sua implantação dentro das faixas de servidão das linhas de transmissão.

VII. Referências

- [1] Soares Jr., Jerônimo Camilo. Integração de relés digitais em sistemas de automação de subestações. Dissertação (mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995. 165 p.
- [2] Castro Neto, Gervásio Luiz de. Compactação de Subestações de 145 kV através da redução das distâncias entre fases. Tese (doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995. 102 p.
- [3] Brittes, José Luiz Pereira. Aproveitamento funcional de sistemas de controle e proteção digitais em subestações de distribuição. Dissertação (mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996. 154 p.
- [4] ANSI/IEEE Std 430-1986 IEEE standard procedures for the measurement of radio noise from overhead power lines and substation
- [5] ANSI/IEEE Std 80-1986 IEEE guide for safety in AC substation grounding IEEE Std 1127-1990 IEEE guide for the design, construction, and operation of safe and reliable substations for environment
- [6] IEEE Std 1127-1998 IEEE Guide For The Design, Construction, And Operation Of Electric Power Substations For Community
- [7] IEEE Std 1402-2000 IEEE guide for electric power substation physical and electronic security
- [8] IEEE Std 525-1992 IEEE guide for the design and installation of cable systems in substations
- [9] IEEE Std 605-1998 IEEE Guide for Design of Substation Rigid-Bus Structures
- [10] IEEE Std 80-2000 IEEE guide for safety in AC substation grounding
- [11] IEEE Std 979-1994 IEEE guide for substation fire protection

- [12] IEEE Std 998-1996 IEEE Guide for Direct Lightning Stroke Shielding of Substations
- [13] Decreto 46.076, de 31/08/01 – Regulamento de Segurança contra Incêndio das Edificações e Áreas de Risco para os fins da Lei 684, de 30/09/75.
- [14] Instrução Técnica 37/01 do Corpo de Bombeiros – Medidas de segurança contra incêndio em Subestações Elétricas, atendendo ao prescrito no Decreto Estadual 46076/01.

VIII - Biografias



Marcos Roberto Gouvêa, engenheiro eletricitista pela Escola Politécnica da USP, em 1972, obteve o título de Mestre (1979) e de Doutor em Engenharia (1994) na área de Sistemas de Potência dessa mesma Instituição. Ingressou como engenheiro iniciante na THEMAG ENGENHARIA em 1972 permanecendo até 1995, atuando como Coordenador de Estudos e Projetos na área de Sistemas de Potência. Foi Comissário Chefe da CSPE, sendo responsável pela área Técnica dessa autarquia de 1998 a 2000. É professor do Depto. de Engenharia de Energia e Automação da EPUSP desde 1989. Tem artigos publicados em congressos e revistas especializadas.



Daniel Perez Duarte, nascido em São Paulo, Brasil, em 16 de agosto de 1980, engenheiro eletricitista pela Universidade Presbiteriana Mackenzie, em 2003. Atuou com estagiário durante 1 ano e 10 meses na Themag Engenharia Ltda, depois de formado prestou serviço na área de projetos elétricos para Conceito Engenharia Ltda, atualmente integra o corpo técnico do Centro de Estudos em Regulação e Qualidade de Energia – ENERQ/USP.



Julio César Ramos Lopes nasceu em São José do Rio Preto, Brasil, em 16 de setembro de 1954. Estudou na Universidade de São Paulo onde se graduou em engenharia elétrica pela Escola Politécnica, São Paulo.

Sua experiência profissional inclui a CESP – Centrais Elétricas de São Paulo, Ligth Serviços de Eletricidade e Eletropaulo Metropolitana Eletricidade de São Paulo, São Paulo, Brasil. Seus campos de especialização são: campos eletromagnéticos (cem), subestações, linhas de transmissão aéreas e subterrâneas (88, 138, 345 e 460 kV).

Julio Lopes tem pós-graduação pela Faculdade de Economia e Administração da Universidade de São Paulo, no curso de MBA Executivo Internacional. Ele tem diversos artigos publicados e apresentados em seminários como o SNPTEE – Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica, CIER – Comisión de Integración Energética Regional e ERLAC-CIGRÈ – Encontro Regional Latino-Americano da CIGRÈ (Conseil International Des Grands Réseaux Électriques).



Ivo Kleber de Lima, nascido em Salinas - M.G, Brasil, em 05 de abril de 1964. Gradou-se em Administração de Empresas pelas Faculdades Associadas de São Paulo. Especializou-se em Gestão de Energia pelo Instituto Presbiteriano Mackenzie com pós-graduação pela Faculdade de Economia e Administração da Universidade de São Paulo, no Curso MBA Conhecimento, Tecnologia e Inovação.

Sua experiência profissional está ligada a sistemas de medição, qualidade de energia, gestão de sistemas de distribuição de energia elétrica e gerenciamento de projetos. Atualmente trabalha com gestão de projetos de pesquisa e desenvolvimento na AES Eletropaulo, São Paulo, Brasil.

Luiz Carlos Goulart, engenheiro eletricitista pela Escola de Engenharia Mauá, do Instituto Mauá de Tecnologia, em 1970. Ingressou em 1971 na LIGHT –



Serviços de Eletricidade S.A. - São Paulo, na área de campo de Sistema de Proteção por Relés para Usinas, Linhas de Transmissão e Subestações onde permaneceu até 1974. Posteriormente, ingressou na THEMAG ENGENHARIA em 1974, onde exerce atualmente as funções de Gerente de Contratos e Coordenador Técnico para a elaboração de Projetos de Comando e Controle e de Instalações Elétricas de Usinas Hidroelétricas e Subestações. É também Engenheiro de Segurança do Trabalho e faz parte do Órgão Gestor da Qualidade, sendo co-responsável pela implantação do Sistema de Gestão da Qualidade na THEMAG.



Sérgio Luiz Caparroz, nascido em São Paulo, Capital, em 14/09/1958, com graduação na Faculdade de Engenharia Industrial – FEI em Engenharia Eletrotécnica em 1984.

Experiência profissional na AES Eletropaulo - Eletricidade de São Paulo – SP, São Paulo, Brasil nas áreas de Subestações Convencionais e Compactas (Projeto e Desenvolvimento de Estudos nas modalidades Aéreas e Subterrâneas, até 138 kV), Sistemas de Aterramento, Compatibilidade Eletromagnética e Coordenação de Isolamento.

É pós-graduado pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo no curso de Sistemas de Potência e participou de diversos trabalhos e artigos publicados e apresentados em seminários como o SNPTEE – Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica, SENDI – Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica, bem como representante da empresa em Comissões de Estudos da ABNT.

Alexandre Suprizzi, engenheiro eletricitista pela Escola Politécnica da USP, em 2000. Desde então trabalha como engenheiro eletricitista na empresa ABB S. A. na área de subestações de energia elétrica desenvolvendo estudos de equipamentos e arranjos de subestações.

