



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

CB/GSE/32

22 a 25 de outubro de 2017
Curitiba - PR

GRUPO -VIII

GRUPO DE ESTUDO DE SUBESTAÇÕES E EQUIPAMENTOS DE ALTA TENSÃO – GSE

ESTUDO DE COMPACTAÇÃO DE UMA SUBESTAÇÃO DE CLASSE DE TENSÃO DE 145 kV, ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E PROJETO BÁSICO DA ETC BROOKFIELD TOWERS

José de Melo Camargo (*)
EPTE

Roberto Felizardo Moreno
EPTE

Gerson Fernandes Junior
EPTE

RESUMO

Este informe técnico descreve o estudo de caso referente ao estudo de viabilidade técnica e desenvolvimento do projeto básico da subestação Brookfield Towers, a ser conectada no sistema elétrico da AES Eletropaulo na tensão de 88/138 kV, mostrando as dificuldades para implantação dessa subestação num empreendimento onde estava previsto somente a instalação de uma cabine primária em 34,5 kV.

O informe técnico detalha as alternativas estudadas desde uma subestação convencional a uma compacta e, também uma análise de uma subestação subterrânea. Essas análises não são somente realizadas no âmbito técnico e financeiro, como normalmente são nos projetos desse porte, mas também teve uma análise de legislação e normalização como também uma análise da arquitetura externa da subestação, visualização do ambiente.

PALAVRAS-CHAVE

Subestação, Conjunto Blindado GIS

1.0 - INTRODUÇÃO

Esse artigo detalha o estudo de caso referente a implantação de uma subestação a ser conectada no sistema elétrico da AES Eletropaulo, localizada na região sul da cidade de São Paulo, denominada Estação Transformadora de Consumidor (ETC) Brookfield Towers. Essa subestação terá a tensão nominal de 88/138 kV, que alimentará os circuitos de distribuição subterrâneos internos do conjunto comercial Brookfield Towers, que está em fase final de construção.

Conforme legislação vigente da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, a qual publicou em sua resolução nº 414/2010 (1) e o módulo 3 do PRODIST – Acesso ao Sistema de Distribuição (2), que para demandas acima de 2.500 kW, a concessionária local deve atender qualquer cliente no subgrupo A3, A2 ou A1, isto é, permitir a conexão com o nível de tensão 69 kV, 88/138 kV ou 230 kV ou mais, respectivamente.

Dessa forma os empreendedores do conjunto comercial devem planejar em muitas ocasiões subestações elétricas de alta tensão, em áreas do empreendimento não prevista para essa finalidade, e também um aumento significativo dos custos de implantação do empreendimento, que não estão contemplados no orçamento inicial, e consequentemente aumentando o custo do metro quadrado do empreendimento e o custo do valor condominial do mesmo.

Este artigo detalha o estudo de viabilidade técnica para implantação dessa subestação e o desenvolvimento do

projeto básico da mesma, numa área restrita do empreendimento ou externo ao mesmo, e quais as tecnologias estudadas para sua implantação.

2.0 - EMPREENDIMENTO COMERCIAL BROOKFIELD TOWERS

O projeto Brookfield Towers trata-se de um empreendimento do tipo Mixed use, localizado na Avenida Nações Unidas com a Rua Dr. Rubens Gomes Bueno, na região sul da cidade de São Paulo. O empreendimento faz parte da Brookfield Business Towers, um complexo que está sendo construído em um terreno de aproximadamente 25.800 m², composto por duas torres triple A, sendo uma de conjuntos comerciais (Torre Alpha) e a outra de escritórios corporativos (Torre Sigma), além de um auditório e um Mall com área bruta para locação de 4.500 m².

A torre Alpha é composta de 30 (trinta) pavimentos e mais 4 (quatro) andares de cobertura e, a torre Sigma é composta de 28 (vinte e oito) pavimentos, 3 (três) andares de cobertura e um futuro heliporto. A figura 1 mostra a edificação locada no ambiente de sua localização física.



FIGURA 1 – Ilustração da edificação no seu ambiente de localização.

O edifício está em fase de conclusão de obra, com término previsto para o final do 1º semestre de 2017, devendo ser alimentado provisoriamente por uma cabine primária na tensão de operação 13,8 kV, sendo sua demanda de energia limitada em até 2.500 kW, consequentemente limitando sua ocupação.

Além da ocupação das duas torres, o projeto do empreendimento contempla a instalação de uma estação do trem metropolitano, composta de um edifício de acesso, de uma passarela sobre a Avenida Nações Unidas e uma plataforma de embarque e desembarque de passageiros na margem do Rio Pinheiros. A figura 2 mostra a planta do andar térreo, locando as duas torres, o edifício da estação do trem, a passarela e a plataforma do trem. Nota-se a não existência de uma área suficiente para a instalação da subestação de alta tensão.

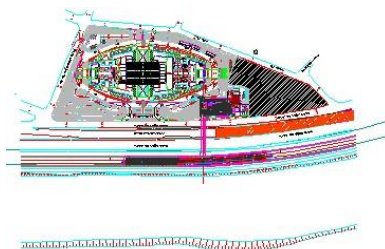


FIGURA 2 – Planta do andar térreo do conjunto comercial Brookfield Towers.

O projeto arquitetônico do empreendimento foi desenvolvido buscando uma harmonia integrada, tanto com relação as torres do conjunto como a estação do trem metropolitano, destacando as formas curvas da edificação e o envidraçamento das torres, permitindo uma ampla visualização de quem está no edifício e um destaque para as pessoas que passem por essa região, como mostra a figura 1 acima.

A figura 3 abaixo, destaca um corte da edificação, mostrando que existe abaixo do piso térreo 5 (cinco) pavimentos de áreas de serviço administrativo e técnico do condomínio e vagas de estacionamento. Vale destacar que toda a instalação do empreendimento está fora da Área de Preservação Permanente (APP), que corresponde a 50 m da margem do Rio Pinheiros, somente a edificação da estação do trem metropolitano é que estará dentro da área de APP, isto está de acordo com a autorização da CETESP.



FIGURA 3 – Corte do conjunto comercial Brookfield Towers.

3.0 - ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA

O empreendimento Brookfield Towers deverá ser conectado ao sistema de subtransmissão da AES Eletropaulo, na tensão de 88/138 kV, identificada como A2, tanto em função da demanda prevista quanto em decorrência da impossibilidade da concessionária em atender na tensão de 34,5 kV, de acordo com o parecer de acesso emitido pela concessionária local.

A conexão na classe A2 implica em implantação de uma subestação e de um ramal de linha de transmissão com faixa de segurança exclusiva, dessa forma, requer áreas com maiores dimensões para implantação da mesma dentro da planta do empreendimento. Deve-se considerar também que uma subestação requer além da área a ela destinada, áreas extras para instalações complementares, tais como caixa separadora água e óleo, sistema de aterramento, área para acesso de carretas com os transformadores, entre outros, portanto a definição da modelagem dos espaços é fator determinante visando ser atingida a concepção ótima abrangendo os aspectos técnicos, segurança, operacional e integração na paisagem arquitetônica do empreendimento.

3.1 Premissas definidas pelo empreendedor

- a. Disponibilizou-se uma área subtraída da estação de trem metropolitano, com um acesso para veículo de 8 m e um espaço livre com comprimento de 19,88 m por 24,79 m.
- b. Projetar uma subestação conforme as diretrizes do livro de fornecimento da AES Eletropaulo (3).
- c. Não interferir no restante da área destinada a estação de trem metropolitano e o futuro convívio de ambos.
- d. Os subsolos não estavam disponíveis para o uso da subestação.
- e. Preocupação quanto a construção da malha terra da subestação, uma vez que, o local disponibilizado para a subestação é na laje do térreo e abaixo existem 5 (cinco) subsolos.
- f. A área de APP não poderia ser ocupada pela subestação.

3.2 Premissas definidas pela EPTE

- a. Analisar e projetar a melhor alternativa técnica e econômica no desenvolvimento do projeto da subestação e do ramal de linha de transmissão.
- b. Projetar a subestação com equipamentos compactos para diminuir a área necessária da edificação da subestação e também na altura dos pavimentos.
- c. Obter a menor altura da edificação da subestação compartilhando a menor altura possível do encabeçamento do ramal de linha de transmissão.
- d. Integrar a arquitetura da edificação da subestação com o ambiente do empreendimento, dando a aparência de um edifício anexo.
- e. Conexão do ramal de linha de transmissão na subestação ser realizada de uma forma compacta e mais oculta possível.
- f. Atender as exigências das normas do corpo de bombeiros, como acesso, sistema de combate incêndio, bacias coletoras de óleo, caixa separadora de água e óleo, etc.
- g. Atender as exigências das normas técnicas e condições operativas e de manutenção da subestação.

- h. Definir uma altura mínima dos pavimentos atendendo as condições de refrigeração dos transformadores, escapes dos gases em caso de explosão de equipamentos, distâncias de segurança, movimentação de equipamentos, etc.
- i. Garantir as condições operativas da subestação e do ramal de linha de transmissão para sua maior confiabilidade.
- j. Melhor qualidade de energia para o empreendimento.
- k. Facilitar a tomada de decisão no futuro na compra e venda de energia.

3.3 Alternativas de implantação da subestação

A seguir serão apresentadas as 4 (quatro) alternativas estudadas para implantação da subestação. Algumas dessas alternativas foram estudadas e avaliadas de formas diferentes, que neste informe técnico estaremos apresentando de forma resumida.

3.3.1 Alternativa 1 – Área subtraída da estação do trem metropolitano

Essa alternativa foi estudada numa configuração usando tecnologia MTS (Mixed Technology Switchgear), isto é, usando um conjunto blindado de alta tensão GIS, com barramentos aéreos e equipamentos convencionais como pára-raios, seccionadoras e transformador de potência.

Essa solução estudada, cria-se uma edificação para abrigar a subestação, sendo que essa edificação possui um comprimento de 19 m, largura de 16,5 m e uma altura de 17,30 m. A figura 4 mostra a ocupação da área já contemplando o acesso de equipamentos pesados e a figura 5 um corte da subestação.

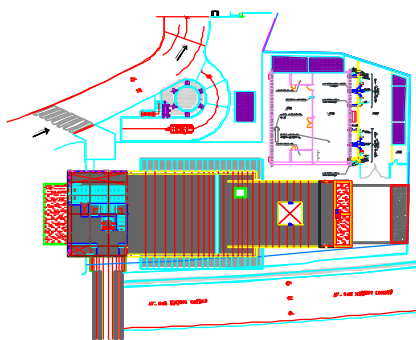


FIGURA 4 – Área de ocupação da alternativa 1.

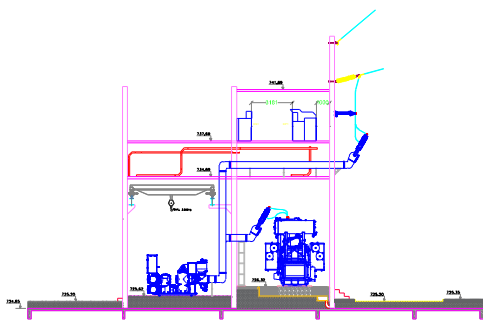


FIGURA 5 – Corte da subestação da alternativa 1.

Para essa alternativa o custo estimado da subestação é da ordem de R\$ 14.950.000,00, não considerando o terreno e o custo da arquitetura externa da edificação, também considera os custos referente ao reforço estrutural que deveria ser realizado desde o 5º subsolo até o térreo para permitir a construção e a instalação da subestação.

Essa alternativa atendia todas as premissas solicitadas pelo empreendedor, não existia a necessidade de aquisição de outra área externa, mas tinha uma grande desvantagem arquitetônica, pois a altura da edificação comprometia a visualização do edifício comercial e também a visualização externa de quem está dentro do edifício comercial até o terceiro andar do mesmo.

Dentro dessa alternativa, foi avaliada uma diminuição na altura do prédio com uma outra disposição dos equipamentos da sala de controle e sala dos conjuntos blindados de média tensão, sem comprometer a área

destinada a estação do trem metropolitano, mas comprometia a rampa de acesso de veículos no subsolo, como mostra a figura 6. Mas essa proposta não foi aprovada pelo empreendedor.

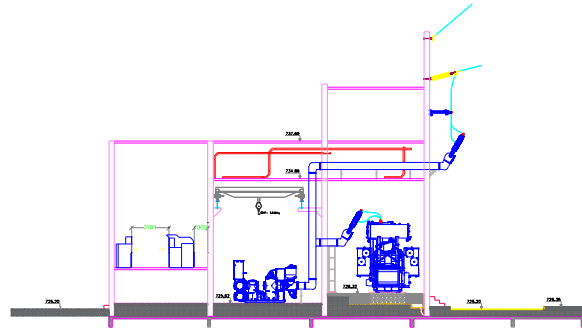


FIGURA 6 – Corte da subestação da alternativa 1 com altura menor da edificação.

3.3.2 Alternativa 2 – Outras área dentro do empreendimento

Avaliou-se outras duas áreas dentro do empreendimento proposta pelo empreendedor, utilizando a mesma tecnologia de equipamentos. Uma dessas áreas era sobre a rampa de acesso de veículos de serviço e de grande porte ao subsolo, portanto a subestação ficaria suspensa. A conclusão que se chegou que o impacto visual seria mais elevado do que proposto na alternativa 1 e o custo do ramal de linha de transmissão também seria mais elevado, por ser um ramal subterrâneo.

A outra possibilidade proposta não era suficiente para a instalação da subestação, pois interferia no prédio do edifício comercial. Dessa forma essa alternativa foi descartada.

3.3.3 Alternativa 3 – Locação da subestação fora do empreendimento

Essa possibilidade de instalação de uma subestação em um terreno que não pertença ao empreendedor é possível de ser realizada, desde que, atenda a regulamentação da ANEEL (1). Que segundo a seção VI, artigo 14, da resolução nº 414/2010, referente ao ponto de entrega:

“O ponto de entrega é a conexão do sistema elétrico da distribuidora com a unidade consumidora e situa-se no limite da via pública com a propriedade onde esteja localizada a unidade consumidora”.

A exceção a este artigo está regulamentado na seção VII, artigo 16 da mesma resolução, referente a subestação compartilhada, onde informa:

“O fornecimento de energia elétrica a mais de uma unidade consumidora do grupo A pode ser efetuado por meio de subestação compartilhada, desde que atendidos os requisitos técnicos da distribuidora e observadas as seguintes condições:

I – As unidades consumidoras devem estar localizadas em uma mesma propriedade ou em propriedades contíguas, sendo vedada a utilização de vias públicas, de passagem aérea ou subterrânea e de propriedade de terceiros não envolvidos no referido compartilhamento; e

II – a existência de prévio acordo entre os consumidores participantes do compartilhamento, devendo ser aditivado no caso de adesão de outras unidades consumidoras além daquelas inicialmente pactuadas.”

A partir dessas condições, deu-se início a dois processos simultâneos, a Brookfield com as tratativas comerciais com o seu vizinho e a EPTE na avaliação da área necessária para implantação da subestação.

Como essa alternativa tinha um custo pela utilização do terreno, optou-se pela utilização de equipamentos convencionais e/ou híbridos na configuração da subestação. Assim, estudou-se duas condições de ocupação de área:

- a. Instalação total da subestação no terreno do vizinho: Nessa condição deveria ser utilizada uma área de aproximadamente de 1.500 m², com uma altura da edificação de no máximo 10 a 12 m, totalmente abrigada.
- b. Instalação de parte da subestação no terreno do vizinho e outra na parte já destinada pela Brookfield: Nessa condição deveria ser utilizada uma área de aproximadamente 950 m², com os equipamentos de alta tensão, e também com uma edificação de no máximo 10 a 12 m, totalmente abrigada, e na área da Brookfield a instalação da sala de controle e dos conjuntos blindados de média tensão.

A figura 7 mostra algumas das alternativas de configuração da subestação que foram estudadas para ser construída na menor área possível de ocupação no terreno do vizinho, pois as negociações comerciais apresentava certa dificuldade e o custo do terreno estava muito elevado, dessa forma o custo do terreno e subestação estava tornando-se maior que o custo da alternativa 1 com a blindada GIS.

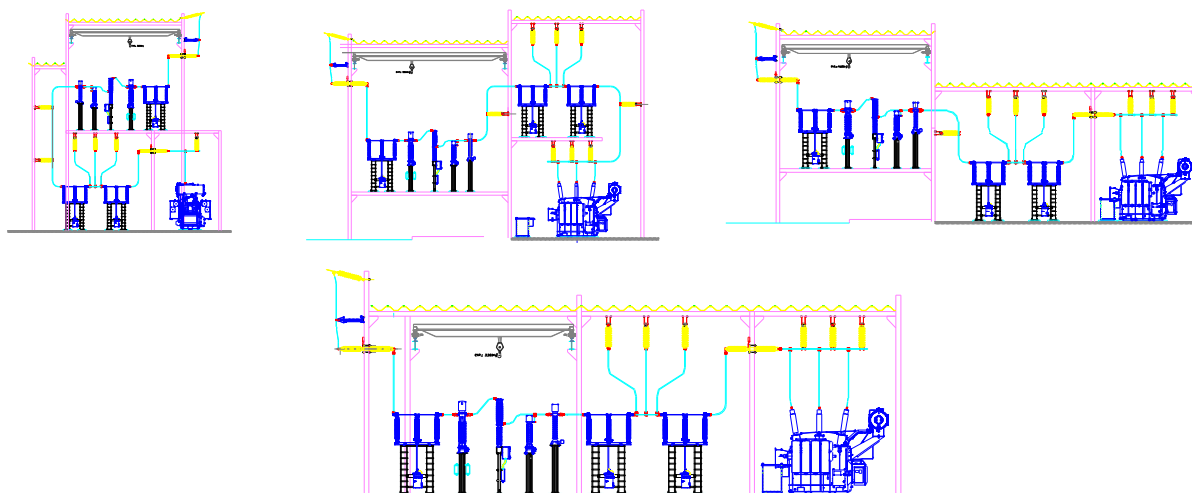


FIGURA 7 – Planta da alternativa 3, com as possibilidades de ocupação do empreendimento e terreno vizinho.

3.3.4 Alternativa 4 – Locação da subestação utilizando o subsolo

Também foi solicitada a análise do enterramento da subestação, parcial e total, em vista que a possibilidade de implantação da subestação conforme alternativa 3, tornou-se inviável as negociações de ocupação do terreno do vizinho. A grande dificuldade de implantar essa alternativa estava na questão que os cinco subsolos já estavam construídos, e foram projetados para implantação de estacionamento com excessão do 1º subsolo que possuía uma altura de 5,15 m.

A figura 8 e 9 mostra as alternativas de configuração da subestação estudadas, que deveria ser implantada uma parte do ramal de linha de transmissão subterrâneo. Essas alternativas terminaram sendo também descartadas, pois a diminuição do número de vagas de estacionamento significava a diminuição de andares da edificação, que nesse momento da construção não poderia ser alterada.

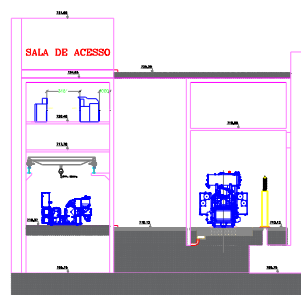


FIGURA 8 – Corte da subestação totalmente subterrânea.

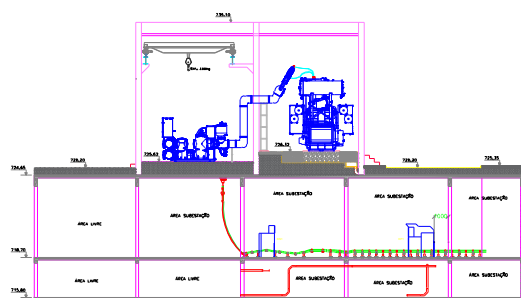


FIGURA 9 – Corte da subestação utilizando 1º e 2º subsolo.

3.3.5 Comparativo financeiro das alternativas

Além dos estudos de configuração da subestação, analisou-se financeiramente os custos de investimentos para implantação de cada alternativa. A tabela 1 resume esse comparativo financeiro, sendo que o custeio da alternativa 4 refere-se a utilização do 1º e 2º subsolo.

Tabela 1 – Comparativo financeiro das alternativas estudadas.

Descrição	Valor estimado (R\$)		
	Alternativa 1	Alternativa 3	Alternativa 4
Equipamentos e serviço especializado	8.750.000,00	4.070.000,00	8.680.000,00
Serviço de projeto executivo e estudos	450.000,00	450.000,00	450.000,00
Serviço de obras civis	3.800.000,00	2.500.000,00	3.200.000,00
Serviço de montagem eletromecânica	1.500.000,00	1.100.000,00	1.500.000,00
Serviço de comissionamento	450.000,00	450.000,00	450.000,00
Terreno		±10.000.000,00	
Valor total	14.950.000,00	18.570.000,00	14.080.000,00

Nos custos estimados acima não estão considerados os custos referente ao reforço estrutural do subsolos, arquitetura externa da edificação, demolição no caso da alternativa 4, etc.

A tabela 2 mostra uma outra análise importante para definição do projeto, não utilizada normalmente nos estudos de viabilidade técnica de subestação, refere-se a altura da edificação das possíveis alternativas, pois a visualização da externa é até hoje um ponto importantíssimo na valorização do empreendimento comercial.

Tabela 2 – Comparativo financeiro das alternativas estudadas.

Alternativa	Localização	Configuração da subestação	Altura da edificação (m)	Descrição
1	Inicial	Compacta abrigada	17,3	Sem uso do subsolo
			10,5	Com uso do 1º e 2º subsolo
			12,5	Maior ocupação da subestação e impacto na estação do trem metropolitano
2	Lado oposto		19	Edifício suspenso e comprimento de 37 m
3	Terreno	Convencional abrigada	16,72	Área de aquisição de ± 850 m²
			22,1	Área de aquisição de ± 960 m²
			17	Área de aquisição de ± 1100 m²
	12		Área de aquisição de ± 1500 m²	
	Inicial + Terreno		6	Edificação da sala de controle
			12,4	Área de aquisição de ± 950 m²

Concluída toda essa análise técnica para implantação da subestação, a Brookfield decidiu implantar a subestação definida na alternativa 1, devendo o projeto básico buscar uma alternativa se possível da diminuição da edificação e uma arquitetura externa da edificação em harmonia com o edifício comercial.

4.0 - PROJETO BÁSICO DA SUBESTAÇÃO

O projeto básico da subestação foi desenvolvido seguindo as instruções do livro de fornecimento da AES Eletropaulo (3), com implantação de particularidades específicas em função da condição de instalação, isto é, numa edificação com áreas de acesso reduzidas e de grande impacto na funcionalidade do edifício comercial em caso de falhas de equipamentos. Dessa forma, adotou-se algumas premissas complementares.

- A subestação deve ter uma configuração que permita atender a contingência N-1 em caso de falha de equipamento.
- Atender as normas do corpo de bombeiros quanto aos acessos da edificação, paredes da sala dos transformadores resistentes a 3 horas de fogo, uso de bacia coletora de óleo e caixas separadoras de água e óleo.
- Utilização de óleo vegetal nos transformadores de potência, pois possuem um ponto de fulgor de 330 °C, bem superior ao ponto de fulgor de 147 °C do óleo isolante naftênico.

- d. Utilização do sistema de alarme e combate incêndio dos transformadores e dos cabos de média tensão com CO₂.
- e. Segurança operativa dos equipamentos, buscando especificar equipamentos que atendem as normas técnicas e tenham suportabilidade aos níveis de curto circuito previsto para a subestação, além disso, um projeto de aterramento que permitir realizar a dissipação da energia proveniente de curto-circuitos e de descargas atmosférica, gerando níveis de tensão de passo e tensão de toque compatível com a suportabilidade do corpo humano.
- f. Segurança operacional especificando os dispositivos de intertramento que diminuem os erros operativos e especial atenção com as distâncias de segurança elétrica atendendo aos requisitos especificados na NR-10.

4.1 Conjunto blindado de alta tensão - GIS

O estudo para implantação do conjunto blindado de alta tensão GIS exigiu uma avaliação profunda nos conceitos de configuração da subestação desse nível de tensão, pois normalmente a configuração tipo H é a mais comum aplicada, conforme consta no livro de fornecimento da AES Eletropaulo (3) e é possível de ser realizada com esse equipamento.

Assim, nesse projeto aplicou alguns conceitos utilizados em subestações de maior importância em função da utilização desse tipo de equipamento e, principalmente em função do tempo de reparo, que pode ser por um período extremamente grande. Dessa forma temos:

- a. Utilização barra dupla: Apesar de ser disponível configurações desses conjuntos com barra simples, adotou-se a configuração barra dupla, por permitir maior flexibilidade operativa com atendimento de manobras em caso de contingências.
- b. Utilização do disjuntor paralelo e não de interligação de barra: Essa aplicação se deve pois as seccionadoras de barra dos bays não possuem capacidade de interrupção de corrente, somente isolamento, portanto o processo de abertura dessas seccionadoras deve ser realizada com o disjuntor paralelo e, a interrupção de barra será sempre realizada com o barramento em tensão, portanto podendo ser realizada através de seccionadoras e não com o disjuntor.
- c. Utilização de dutos de barramento com terminações AR/SF6: A utilização desses equipamentos foi em função de garantir a realizações das ligações ao transformador e a chegada do ramal de linha de transmissão com distancias mais compactas, garantindo o nível de isolamento, o que não aconteceria com a utilização de terminações com cabos isolados de alta tensão.
- d. Estudo detalhado de compartimentação do conjunto blindado, com a montagem do diagrama de compartimentação e a aplicação de busters que facilitam o processo de manutenção corretiva sem interferir na operação normal da subestação.

A figura 10 mostra um layout da configuração do conjunto blindado de alta tensão definido para ser aplicado nessa subestação.

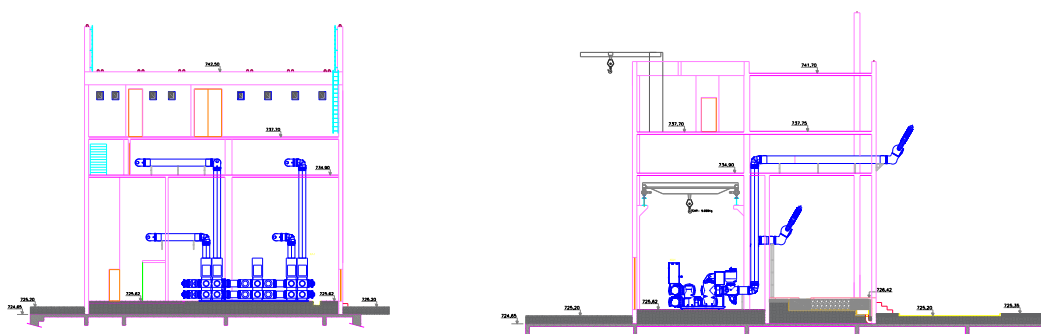


FIGURA 10 – Vista frontal e lateral do conjunto blindado de alta tensão.

4.2 Subestação

A definição da subestação a partir da solução técnica adota do conjunto blindado de alta tensão seguiu conforme determina as normas técnicas e as boas práticas, de distribuição dos equipamentos, aterramento da subestação e dimensionamento de sua capacidade de transmissão e proteção. A figura 11 mostra os cortes da subestação que foi aprovada pelo empreendedor e também pela concessionária local, AES Eletropaulo.

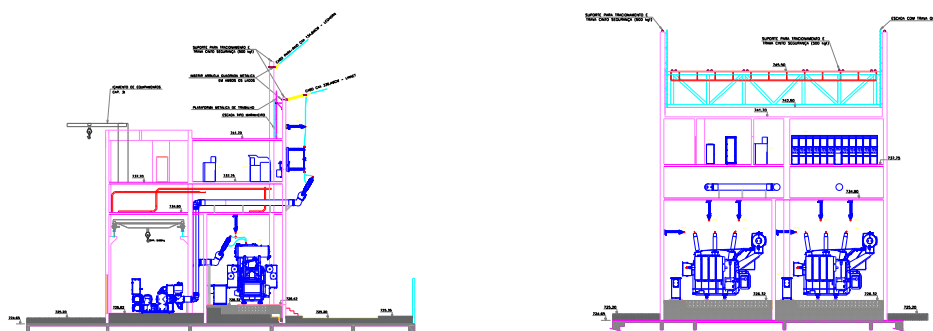


FIGURA 11 – Corte lateral e frontal da subestação.

A subestação está em fase de implantação com previsão de energização em dezembro de 2017 sendo o conjunto blindado de alta tensão GIS de fornecimento da GE.

5.0 - CONCLUSÃO

O desenvolvimento desse estudo de viabilidade técnica e o do projeto básico dessa subestação, contemplando a montagem do conjunto de especificações técnicas dos equipamentos a serem instalados e dos serviços a serem executados, contribuiu no enriquecimento dos conceitos técnicos, que confrontou com os desafios que surgiram em função dos questionamentos de arquitetura estética e não técnica, como normalmente acontece. Obrigando dessa forma a parte técnica ser adequada a parte da arquitetura da visualização do empreendimento.

O desenvolvimento do conjunto de documentos técnicos que compõe a especificação técnica do conjunto blindado de alta tensão foi um grande desafio de ser desenvolvido, pois exigiu a participação em seminários técnicos com esse tipo de aplicação, visitas técnicas aos fabricantes, concluindo com um documento técnico isento e detalhado para obter-se um bom fornecimento para o empreendedor independente do fornecedor.

6.0 - AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Brookfield Incorporações por ter contratado a EPTE, empresa a qual trabalho e realizou os estudos e o desenvolvimento do projeto básico dessa subestação, permitindo o crescimento técnico com a realização desse trabalho.

Também agradeço a contribuição das empresas Siemens, ABB e Cargill e suas equipes de trabalho, através dos seus representantes, José Eduardo P. Araya, Leandro Borges, Alexandre Machado, respectivamente, com informações técnicas e orientações para o desenvolvimento desse projeto.

7.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Resolução nº 414/2010 – Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL.
- (2) Módulo nº 3 do PRODIST – Acesso ao sistema de distribuição – Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL.
- (3) Fornecimento de Energia Elétrica – Tensão de Subtransmissão 88/138 kV Subgrupo A2 – AES Eletropaulo de 2011.

8.0 - 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 sou especializado em subestações e linhas de transmissão. Trabalhei como engenheiro especialista na AES Eletropaulo desde 1986 se desligando em 2014 e atualmente desenvolvo estudos e projetos básicos de subestações na EPTE.

Roberto Felizardo Moreno, engenheiro civil e ambiental (POLI 1978), ex-funcionário das empresas Light, Eletropaulo, EPTE e CTEEP, diretor técnico da EDF Engenheiros Associados (EPTE).

Gerson Fernandes Junior, Engenheiro civil na EDF Engenheiros Associados (EPTE).