


|   |                          |  |  |                    |                           |
|---|--------------------------|--|--|--------------------|---------------------------|
|   |                          |  |  |                    |                           |
|   |                          |  |  |                    |                           |
|   |                          |  |  |                    |                           |
|   |                          |  |  |                    |                           |
|   |                          |  |  |                    |                           |
| Nº  | Data / Date              | Natureza da Revisão/ Description of the revision |  | Elaborado<br>Done  | Aprovado<br>Approved      |
|                                |                          |  | <b>Sterlite São Francisco<br/>Energia S.A.</b> |                    |                           |
| <b>Sterlite São Francisco Transmissão de Energia S.A.</b>   |                          |  |  |                    |                           |
| <b>PROJETO BÁSICO – LOTE 7 – LEILÃO Nº02/2018 - ANEEL</b>   |                          |  |  |                    |                           |
| ELAB./ DONE<br>LAX  | VERIF. / VERIFIED<br>PMT | APROV. / APPROV.<br>LMS                          | RESP. TÉCNICO<br>CSF                           | CREA<br>2000119859 | DATA / DATE<br>24/02/2012 |
| TÍTULO / TITLE  |                          |  |  |                    |                           |
| <b>CRITÉRIOS DE PROJETO CIVIL E ELETROMECAÂNICO<br/>BASIC CRITERIA FOR THE CIVIL AND ELECTROMECHANICAL DESIGN</b> |                          |  |  |                    |                           |
| Nº DOCUMENTO / DOCUMENT NUMBER  |                          |  |  | FOLHA/<br>SHEET    | REVISÃO/REVISION          |
| <b>SF01818-SE-GN-G-RE-0003</b>  |                          |  |  | <b>1</b>           | <b>0A</b>                 |

**SUMÁRIO**

|      |  |    |
|------|--|----|
| 1    | OBJETIVO .....   | 3  |
| 2    | CONFIGURAÇÃO BÁSICA .....  | 3  |
| 2.1  | LINHAS DE TRANSMISSÃO .....  | 3  |
| 2.2  | SUBESTAÇÃO .....   | 3  |
| 3    | CRITÉRIOS BÁSICOS DO PROJETO ELETROMECAÂNICO .....   | 5  |
| 3.1  | NORMAS APLICÁVEIS.....   | 5  |
| 3.2  | ARRANJO FÍSICO DOS PÁTIOS DE MANOBRA.....  | 5  |
| 3.3  | ESTRUTURAS SUPORTE DE BARRAMENTOS E DE EQUIPAMENTOS, E PÓRTICOS DE SAÍDAS DE LINHA .....   | 5  |
| 3.4  | ESPAÇAMENTOS ELÉTRICOS .....   | 6  |
| 3.5  | CABOS, TUBOS E BARRAMENTOS .....   | 6  |
| 3.6  | COLUNAS E CADEIAS DE ISOLADORES .....  | 7  |
| 3.7  | CONECTORES.....  | 8  |
| 3.8  | MONTAGEM DE SECCIONADOR .....  | 8  |
| 3.9  | MONTAGEM DE DISJUNTOR.....   | 9  |
| 3.10 | MONTAGEM DE TRANSFORMADORES DE CORRENTE, TRANSFORMADORES DE POTENCIAL E DE PARA-RAIOS..... | 9  |
| 3.11 | MONTAGEM DE REATORES .....   | 10 |
| 3.12 | MONTAGEM DE EQUIPAMENTOS SECUNDÁRIOS .....   | 10 |
| 3.13 | BLINDAGEM CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS .....  | 10 |
| 3.14 | ATERRAMENTO.....   | 11 |
| 3.15 | CANALETAS .....  | 12 |
| 3.16 | ILUMINAÇÃO E TOMADAS .....   | 12 |
| 3.17 | PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DOS EQUIPAMENTOS.....   | 13 |
| 4    | CRITÉRIOS BÁSICOS DO PROJETO CIVIL.....  | 14 |
| 4.1  | GERAL .....  | 14 |
| 4.2  | CARGAS DE PROJETO .....  | 14 |
| 4.3  | ESTRUTURAS DE CONCRETO / EDIFICAÇÕES .....   | 15 |
| 4.4  | INVESTIGAÇÃO DO SOLO .....   | 16 |
| 4.5  | ESTRUTURAS METÁLICAS .....   | 16 |
| 4.6  | ESTRUTURAS DE DISTRIBUIÇÃO.....  | 16 |
| 4.7  | TERRAPLENAGEM E ACABAMENTO DO TERRENO .....  | 17 |
| 4.8  | DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS.....  | 18 |
| 4.9  | VIAS INTERNAS E DE ACESSO .....  | 18 |
| 4.10 | VIAS DE TRANSFERÊNCIA.....   | 19 |
| 4.11 | SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIO .....  | 19 |
| 4.12 | SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E DE ESGOTOS SANITÁRIOS.....                              | 20 |
| 4.13 | CERCAS, ALAMBRADOS E PORTÕES.....  | 20 |

## 1 OBJETIVO

A ampliação das subestações de Porto Sergipe 500kV, Olindina 500kV, Sapeaçu 500kV, Morro do Chapéu II 230kV e Irecê 230kV, são integrantes da concessão outorgada à Sterlite São Francisco Energia S.A., designada neste documento como “Sterlite São Francisco”, licitada através do edital ANEEL 002/2018 – Lote 7.

O presente documento tem por objetivo a apresentação dos critérios aplicáveis aos projetos civil e eletromecânico dessas subestações.

A concepção dos projetos civil e eletromecânico das referidas subestações levou em consideração a totalidade dos requisitos apresentados pela ANEEL no referido edital. Para tanto, foram utilizados os desenhos e relatórios anexos ao citado edital ANEEL 002/2018 – Lote 7.

## 2 CONFIGURAÇÃO BÁSICA

### 2.1 Linhas de Transmissão

A configuração das linhas de transmissão pertencentes ao Lote 7 do edital ANEEL 002/2018 está descrita na tabela 1 abaixo:

Tabela 1 – Obras de Linhas de Transmissão

| Origem             | Destino  | Circuito                 | Extensão | Tensão (kV) |
|--------------------|----------|--------------------------|----------|-------------|
| Porto Sergipe      | Olindina | Circuito Simples – C1    | 180 km   | 500kV       |
| Olindina           | Sapeaçu  | Circuito Simples – C1    | 207 km   | 500kV       |
| Morro do Chapéu II | Irecê    | Circuito Duplo – C2 e C3 | 67 km    | 230kV       |

### 2.2 Subestação

A configuração das subestações pertencentes ao Lote 7 do edital ANEEL 002/2018 está descrita na tabela 2 abaixo:

Tabela 2 – Obras de Subestação

| Nome          | Tensão (kV) | Arranjo de barras | Equipamentos principais |  |
|---------------|-------------|-------------------|-------------------------|--|
|               |             |                   | Qtde                    | Descrição  |
| Porto Sergipe | 500         | DJM               | 1                       | Módulo Entrada de Linha – DJM                              |
|               |             |                   | 1                       | Módulo de Interligação de Barras – DJM                     |
|               |             |                   | 1                       | Conexão de Reator de Barras - DJM                          |
|               |             |                   | 1                       | Módulo de Conexão de Reator de Linha – sem Disjuntor - DJM |
|               |             |                   | 4                       | Reatores de linha monofásicos 33,33 Mvar                   |
|               |             |                   | 4                       | Reatores de Barra monofásicos 50 Mvar                      |

|                    |     |     |   |  |
|--------------------|-----|-----|---|--|
| Olindina           | 500 | DJM | 2 | Módulo Entrada de Linha – DJM                              |
|                    |     |     | 2 | Módulo de Interligação de Barras – DJM                     |
|                    |     |     | 1 | Conexão de Reator de Barras - DJM                          |
|                    |     |     | 2 | Módulo de Conexão de Reator de Linha – sem Disjuntor - DJM |
|                    |     |     | 8 | Reatores de linha monofásicos 33,33 Mvar                   |
|                    |     |     | 4 | Reatores de Barra monofásicos 50 Mvar                      |
| Sapeçu             | 500 | DJM | 1 | Módulo Entrada de Linha – DJM                              |
|                    |     |     | 1 | Módulo de Conexão de Reator de Linha – sem Disjuntor - DJM |
|                    |     |     | 4 | Reatores de linha monofásicos 33,33 Mvar                   |
| Morro do Chapéu II | 230 | BD4 | 2 | Módulo Entrada de Linha – BD4                              |
| Irecê              | 230 | BD4 | 2 | Módulo Entrada de Linha – BD4                              |

### **3 CRITÉRIOS BÁSICOS DO PROJETO ELETROMECÂNICO**

#### **3.1 NORMAS APLICÁVEIS**

As normas da ABNT deverão ser empregadas no desenvolvimento dos projetos, em suas últimas revisões, salvo quando mencionado em contrário. As normas específicas aplicáveis são objeto de documento específico constante deste Projeto Básico.

#### **3.2 ARRANJO FÍSICO DOS PÁTIOS DE MANOBRA**

As obras a serem executadas nas subestações Porto Sergipe 500kV, Olindina 500kV, Sapeaçu 500kV, Morro do Chapéu II 230kV e Irecê 230kV utilizarão áreas disponíveis nestas SEs. Deste modo, a locação das estruturas e dos equipamentos do pátio de manobra preservará a concepção original.

O arranjo físico das ampliações das subestações Porto Sergipe 500kV, Olindina 500kV, Sapeaçu 500kV, Morro do Chapéu II 230kV e Irecê 230kV seguirá o padrão existente nas SEs.

No setor de 500 kV das subestações, o esquema de manobra utilizado é disjuntor e meio.

No setor de 230 kV das subestações, o esquema de manobra utilizado é barra dupla 4 chaves.

A arranjo físico dos barramentos destas subestações contemplam três níveis a saber:

- Nível superior: o barramento superior, flexível, corresponde às saídas de LTs e conexões aos barramentos principais, constituído de cabos de alumínio;
- Nível intermediário: corresponde aos barramentos principais do setor de 500kV ou 230kV, que são constituídos de tubos de alumínio ou cabos de alumínio, dependendo da subestação;
- Nível inferior: corresponde às interligações entre os equipamentos do vão, podendo ser em cabo ou tubo de alumínio.

No arranjo dos bancos reatores, considerou-se que as unidades serão deslocadas no interior da subestação através de vias de circulação, até próximo ao local de sua instalação onde serão desembarcadas, montadas e movimentadas até a suas respectivas bases. Está previsto que esse deslocamento se dará por arrastamento.

O critério de dimensionamento dos barramentos da subestação e a indicação da configuração e seção dos diversos elementos constam de estudos específicos.

Os arranjos físicos dos pátios de manobra, em planta e cortes, estão representados nos documentos específicos que fazem parte deste Projeto Básico.

#### **3.3 ESTRUTURAS SUPORTE DE BARRAMENTOS E DE EQUIPAMENTOS, E PÓRTICOS DE SAÍDAS DE LINHA**

Nas subestações Porto Sergipe 500kV, Olindina 500kV, Sapeaçu 500kV, Morro do Chapéu II 230kV e Irecê 230kV as novas estruturas, tanto para os barramentos superiores quanto para os inferiores, e os suportes dos equipamentos, atenderão ao padrão das estruturas existentes.

As estruturas dos pórticos, bem como os suportes para equipamentos serão em estruturas metálicas ou em concreto pré-moldado.

No caso de estruturas metálicas, as mesmas serão montadas sobre fundações de concreto armado fixadas através de chumbadores.

Todas as peças serão limpas antes de serem montadas. O içamento das vigas, pilares e suportes será feito por meio de cordas de nylon ou fibra vegetal e guindaste sobre pneus e/ ou caminhão MUNCK. Os pontos de pega nas peças erguidas serão escolhidos de tal forma que não submetam as mesmas a esforços superiores aos previstos pelos esquemas de carga.

Os parafusos das estruturas metálicas serão colocados de tal maneira que suas respectivas porcas estejam sempre do lado externo da estrutura.

Após a colocação das vigas na posição correta e ajustados os parafusos de fixação dos pilares, é que será efetuado o aperto dos chumbadores de fixação das estruturas às bases. Serão verificados topograficamente o prumo, alinhamento e nivelamento de todas as vigas, pilares e suportes montados, como também a posição de engate dos pontos de fixação das cadeias nas vigas.

### **3.4 ESPAÇAMENTOS ELÉTRICOS**

Nas subestações Porto Sergipe 500kV, Olindina 500kV, Sapeaçu 500kV, Morro do Chapéu II 230kV e Irecê 230kV os espaçamentos fase-fase e fase-terra existentes serão integralmente respeitados, uma vez que a Sterlite São Francisco respeitará os arranjos dos pátios de manobra das instalações existentes, bem como utilizará, sempre que possível, equipamentos semelhantes aos existentes, atendendo aos Estudos Elétricos e Especificações Técnicas.

### **3.5 CABOS, TUBOS E BARRAMENTOS**

Os barramentos dos pátios serão constituídos de condutores rígidos e flexíveis conforme indicado em projeto.

Toda nova construção, ampliação e/ou reparo deverão ser executadas com as características mínimas descritas a seguir.

Em cada vão de barramentos flexíveis serão utilizados tensores em ambas as extremidades, para facilitar o ajuste da flecha.

Será apresentada uma tabela de tensões e flechas para cada vão de barramentos flexíveis, para as temperaturas de 5 a 40 graus centígrados. Condições extremas serão verificadas.

Com o objetivo de manter os barramentos flexíveis estáveis e uma instalação coesa, são previstos espaçadores rígidos nos feixes dos condutores de uma mesma fase.

Nas ligações entre os barramentos flexíveis de níveis diferentes ou entre barramentos flexíveis e terminais fixos com cabos aéreos flexíveis, é previsto um comprimento de cabo com folga suficiente, para evitar maiores esforços e arrancamento do cabo devido ao vento.

As curvaturas das descidas dos barramentos flexíveis de interligação entre barramentos rígidos intermediários e barramentos inferiores ou equipamentos serão, sempre que possível, idênticas para as três fases do mesmo vão.

A conexão do para-raios terá flexibilidade suficiente para retirada do equipamento em um mínimo de tempo, sem afetar as conexões adjacentes.

Sempre que possível, os barramentos serão instalados antes de serem montados os equipamentos eletromecânicos que lhe fiquem por baixo. Serão evitadas, dobras, tensões ou ranhuras de qualquer espécie, os condutores não serão pisados e/ou atravessados por veículos, arrastados sobre superfície ou postos em contato com qualquer material que possa prejudicar o alumínio. Para se efetuar a prensagem das luvas/conectores, serão obedecidas rigorosamente às indicações dos fabricantes, quanto às maneiras e áreas de compressão. Após a prensagem, a Fiscalização deverá analisar rigorosamente as luvas para se verificar se estão em perfeitas condições. Ao ser colocado cabo no interior da respectiva luva e antes de prensá-la, será colocada a quantidade de massa antioxidante determinada pelo fabricante.

Os barramentos tensionados e de saídas de linha serão esticados de acordo com as tabelas de flechas e tensões, fornecidas pelo projeto.

Após serem devidamente preparados, os cabos serão suspensos e presos às respectivas cadeias, sendo que para maior facilidade, as mesmas terão seus tensores abertos a meio curso.

Após fixação dos cabos nas respectivas cadeias, os mesmos serão colocados na flecha definitiva indicada, a qual será verificada através de aparelho topográfico e devidamente comprovada pela Fiscalização. Terminada a montagem dos barramentos, serão verificados os alinhamentos e verticalidade das estruturas, bem como as flechas dos condutores.

Os tubos de alumínio ou cobre deverão ser cortados e preparados rigorosamente dentro das indicações do projeto. Após o corte, os tubos deverão ter suas bordas devidamente acertadas, evitando-se rebarbas e partes pontiagudas.

Na execução das curvas, deverão ser usadas dobradeiras hidráulicas com gabaritos adequados ao raio de curvatura e diâmetro do tubo, de forma a não as deformar transversalmente.

As luvas de aço e de alumínio deverão ser prensadas, quando assim o projeto o indicar, utilizando-se matrizes e prensas próprias.

Sempre que necessário, as descidas de interligação dos barramentos flexíveis com barramentos rígidos e/ou com barramentos de conexão entre equipamentos serão dotadas de espaçador rígido. Sua locação ideal será definida no projeto específico.

Nos barramentos rígidos é prevista a instalação de cabo de aço, cabo CA ou CAA, peso equivalente de 10% a 20% do peso do tubo, não necessariamente novo, dentro dos barramentos rígidos com mais de 8 metros, preso em uma das extremidades, para evitar o efeito de vibrações.

As ligações de equipamento através de barramentos de tubos de alumínio, cuja extremidade oposta seja fixa, serão realizadas através de conectores de expansão.

No caso de ligações entre dois equipamentos com barramentos de tubos, será previsto conector de expansão, preferencialmente junto ao equipamento de maior valor ou importância.

As terminações das barras ou de barramentos que não terminem em equipamentos terão tampa ou tampão do tipo anti-corona, adequado à classe de tensão da instalação.

As barras rígidas terão pelo menos um conector fixo por fase, e no caso de possuir mais de um, possuirão entre eles conector de expansão. De forma geral os barramentos não possuirão trechos maiores que 50 metros sem conectores fixos.

Os barramentos das subestações estão definidos nos documentos referenciados abaixo:

| Subestação            | Número do Documento      | Descrição                                    |
|-----------------------|--------------------------|--|
| SE Porto Sergipe      | SF01818-SE-PS-ES-RE-0001 | ESTUDO DE FLUXO DE BARRAMENTOS - SETOR 500kV |
| SE Olindina           | SF01818-SE-OD-ES-RE-0001 | ESTUDO DE FLUXO DE BARRAMENTOS - SETOR 500kV |
| SE Sapeaçu            | SF01818-SE-SP-ES-RE-0001 | ESTUDO DE FLUXO DE BARRAMENTOS - SETOR 500kV |
| SE Morro do Chapéu II | SF01818-SE-MO-ES-RE-0001 | ESTUDO DE FLUXO DE BARRAMENTOS - SETOR 230kV |
| SE Irecê              | SF01818-SE-IC-ES-RE-0001 | ESTUDO DE FLUXO DE BARRAMENTOS - SETOR 230kV |

### 3.6 COLUNAS E CADEIAS DE ISOLADORES

Serão utilizadas colunas de isoladores de pedestal de porcelana, do tipo multicorpo ou núcleo sólido.

Serão utilizadas cadeias de isoladores de vidro temperado para ancoragem e para suspensão nos barramentos superiores, intermediários e principais.

Para montagem dos isoladores de pedestal e das cadeias de isoladores serão observados, rigorosamente, os detalhes de projeto. As cadeias de isoladores serão montadas no chão, utilizando-se ferragens, isoladores e demais componentes e posteriormente içadas para as respectivas estruturas de suporte.

Terminada a montagem das cadeias no chão e antes de se iniciar a operação de içamento, será verificado se as cupilhas de cada isolador estão perfeitamente encaixadas e com as pontas ligeiramente abertas, para melhor fixação, evitando-se dessa forma possíveis quedas.

### **3.7 CONECTORES**

Os conectores terão basicamente as seguintes características:

- Material: alumínio
- Parafusos: aço zincado (com valores de torque indicados na cabeça);
- Soldados, sempre que possível e onde aplicável.

Após a execução dos barramentos serão colocados todos os conectores e espaçadores necessários e indicados pelo projeto, se aplicáveis. Antes de colocados, os conectores e espaçadores serão examinados minuciosamente na presença da fiscalização.

Os conectores e espaçadores terão as superfícies de contato devidamente preenchidas com pasta antioxidante. Na montagem dos barramentos será dado aperto provisório nos conectores, apenas o suficiente para possibilitar a montagem. Após a execução dos ensaios será dado o aperto nos conectores, com os torques recomendados pelo fabricante.

As conexões soldadas serão executadas por profissional competente e habilitado, tendo sido este previamente aprovado pela Fiscalização.

### **3.8 MONTAGEM DE SECCIONADOR**

O seccionador será montado em estruturas metálicas ou suportes de concreto. Cada pólo deverá ser instalado de modo que a base fique perfeitamente nivelada quando fixado às estruturas suporte. Os pólos dos seccionadores serão rigorosamente alinhados e nivelados nas estruturas. Os equipamentos serão ajustados e regulados de acordo com a instrução do Fabricante, a fim de permitir fácil operação por um único homem.

Os mecanismos de operação serão montados, ligados e localizados, conforme indicado nos desenhos de execução e de acordo com as instruções do Fabricante. Serão instalados para proporcionar uma operação positiva e suave, sem emperramento de quaisquer peças, tanto na posição totalmente aberta como na posição totalmente fechada. O mecanismo de operação será aterrado como indicado nos desenhos de execução, por meio de cordoalhas flexíveis e com conectores e acessórios.

Para montagem do seccionador serão utilizados andaimes tubulares. Estes andaimes serão, também, utilizados para ligações primárias e limpeza, não sendo permitido que se suba nas colunas de isoladores.

Para montagem, as partes serão suspensas por meio de cordas de nylon, obedecendo-se a seguinte sequência:

Colocação das bases do seccionador sobre os suportes, observando a posição em que serão montados os mecanismos de acionamento;

Montagem das colunas de isoladores após limpeza e inspeção dos parafusos;

Montagem das lâminas e contatos sobre as colunas de isoladores;



Montagem dos mecanismos de acionamento, com aperto provisório dos parafusos de fixação dos tirantes de manobra;

Concluída a montagem mecânica, serão executadas as ligações elétricas e as ligações primárias em AT;

Após a conexão dos barramentos ou “jumpers” ao seccionador, deverá ser aferido o ajuste executado e feito uma limpeza geral com pano ou estopa;

O aperto final dos parafusos será dado após a realização das regulagens e ajustes finais.

Para o primeiro comando do motor, o seccionador deverá estar com seus contatos principais a meio curso, para se verificar o sentido de rotação do motor, a fim de evitar danos nos contatos.

### **3.9 MONTAGEM DE DISJUNTOR**

O disjuntor será montado em obediência rigorosa às condições, métodos de montagem, recomendações e manuais do Fabricante. Para a montagem do disjuntor não será permitido em hipótese alguma que os montadores subam nas colunas isolantes de sustentação. O método de montagem deverá ser apresentado para aprovação da Fiscalização.

Caberá à Montadora posicionar, nivelar, argamassar e alinhar os acessórios metálicos de apoio para o disjuntor e montar os pólos individuais, conforme indicado dos desenhos de execução, instrução de fabricantes ou como determinar a Fiscalização do Cliente, e fazer todas as conexões elétricas. Este serviço será executado sob a supervisão do Fabricante.

Completada a montagem, as regulagens, os ajustes e verificações de enchimentos deverão ser executados na presença da Fiscalização e/ou do supervisor do fabricante e seus valores anotados em formulário próprio que deverá ser assinado pelo executante e pela Fiscalização.

Somente após concluídos os ajustes e regulagens referidas no item anterior, o equipamento poderá ser operado pelo mecanismo de comando. Portanto, manter desligados os circuitos de alimentação até que todas as regulagens e ajustes estejam concluídos.

Concluídos esses trabalhos, serão executadas ligações primárias em AT.

### **3.10 MONTAGEM DE TRANSFORMADORES DE CORRENTE, TRANSFORMADORES DE POTENCIAL E DE PARA-RAIOS**

Estes equipamentos serão montados obedecendo rigorosamente às recomendações do Fabricante.

Para a montagem destes equipamentos serão considerados os seguintes itens básicos: sobre os suportes cuidando para que os cabos sejam presos somente nos pontos permitidos e de maneira que os isoladores não sejam danificados.

Verificação da posição correta dos transformadores de corrente quanto à polaridade dos terminais.

Verificação das conexões internas quando os transformadores de corrente forem fabricados para mais de uma relação de transformação.

Para a montagem destes equipamentos, serão utilizadas cordas de nylon, sendo a suspensão efetuada nos pontos indicados pelo Fabricante.

O içamento para a fixação no suporte deverá ser feito após a limpeza do equipamento no chão e obedecendo a recomendações do Fabricante quanto a amarrações de “estropo” e inclinação máxima permitida ou, na falta destas, conforme orientações da Fiscalização.

Os para-raios, quando fornecidos em seções independentes, serão montados de acordo com as indicações do fabricante, quanto à sequência e numeração destas seções.

Concluída a montagem serão executadas as ligações primárias de todos os equipamentos em referência e instalação dos contadores de descarga no caso dos para-raios.

A ligação entre os para-raios e contadores de operação com as hastes de aterramento deverá ser feita conforme detalhes de projeto.

### **3.11 MONTAGEM DE REATORES**

Os reatores serão montados em obediência rigorosa as condições, métodos de montagem, recomendações e manuais do Fabricante. A montagem será acompanhada por supervisor habilitado pelo fabricante e este coordenará sua equipe de montagem e cumprirá com as recomendações necessárias para a garantia técnica/operacional do equipamento.

### **3.12 MONTAGEM DE EQUIPAMENTOS SECUNDÁRIOS**

Para a montagem dos cubículos de comando, controle, medição, proteção e automação, serão inicialmente verificados conforme o caso, o nivelamento dos pisos, a colocação e o alinhamento de canaletas e chumbadores, utilizando-se para isto os desenhos de projeto e dos fabricantes. Os locais onde serão instalados os painéis deverão estar completamente limpos, acabados e todas as bases e chumbadores preparados para receber os equipamentos.

Os painéis serão totalmente fechados de modo a se evitar a penetração de umidade no interior dos mesmos, a entrada de cabos será pela parte inferior através de prensa-cabos adequados. Serão fornecidos e montados com a fiação interna completa, podendo, no entanto, para facilidade de transporte, ser divididos em seções, e neste caso serão montados e adequadamente interligados na obra.

Os painéis serão fixados de acordo com a disposição indicada nos desenhos de projeto, obedecendo às posições dos chumbadores nas lajes e rasgos para passagem de cabos, devidamente apurados.

Todos os painéis ou seções de painel serão ligados a malha de terra da subestação. Antes de realizar os testes de funcionamento será verificada a ligação a terra e efetuada uma verificação geral como também a limpeza dos painéis e equipamentos. Após a montagem de cada seção serão verificados todos os componentes dos painéis observando a sua fixação, a existência ou não dos danos causados no transporte ou na montagem e o perfeito funcionamento das portas (que deverão abrir e fechar livremente) e dos respectivos fechos.

Após todas as inspeções mecânicas, serão concluídas, onde for o caso, as ligações elétricas entre as diferentes seções.

Após a montagem e antes de qualquer outro teste, será executado o teste de continuidade de toda a fiação com base nos esquemáticos de projeto.

### **3.13 BLINDAGEM CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS**

O sistema de blindagem contra descarga atmosféricas consiste em uma rede formada por cabos e hastes, ligadas à malha de aterramento da subestação, visando proporcionar proteção contra incidência direta de descarga atmosféricas.

Será utilizado, nas subestações Porto Sergipe 500kV, Olindina 500kV, Sapeaçu 500kV, Morro do Chapéu II 230kV e Irecê 230kV, o padrão de pórticos metálicos, suportes e barramentos das instalações existentes, também será seguido o padrão existente das mesmas em relação ao critério de proteção dos barramentos dos novos vãos contra descargas atmosféricas diretas, e deverá ser utilizando cabo de aço extra-forte, idêntico aos existentes. O mesmo deverá atender ao edital do respectivo leilão e à norma vigente.

Nas entradas de linhas, o posicionamento relativo entre a torre fim-de-linha e o pórtico de amarração na subestação, aliado ao arranjo de cabos pára-raios, protegerá adequadamente os equipamentos e os cabos condutores contra descargas diretas,

Os arranjos dos sistemas de blindagem e aterramento da subestação estão representados nos desenhos de planta do sistema de blindagem e aterramento, que fazem parte integrante deste projeto básico.

### **3.14 ATERRAMENTO**

É considerada malha de aterramento todo o sistema associado ao aterramento dos equipamentos, painéis, estruturas, pórticos, postes, cercas, portões, interligação ao cabo para-raios das linhas de transmissão, etc., existente na subestação.

As subestações de Porto Sergipe 500kV, Olindina 500kV, Sapeaçu 500kV, Morro do Chapéu II 230kV e Irecê 230kV tiveram suas malhas de terra dimensionadas por ocasião de sua implantação.

Nesta ampliação será feita uma verificação deste dimensionamento, em cada subestação, com base na configuração e condições de sistema atuais, que orientarão as ampliações e eventuais reforços nas mesmas, quando necessário. Visando a segurança das pessoas e a adequada operação dos equipamentos.

Os condutores de aterramento são constituídos de cabos de cobre nu e/ ou hastes de aterramento.

Valas – A abertura das valas para alojamento dos cabos da malha deverá ser executada de acordo com o projeto de maneira contínua e uniforme, sendo posteriormente reaterrada e devidamente compactada até que se obtenha um grau de compactado semelhante ao da plataforma da subestação.

Esta compactação deverá ser executada em camadas de no máximo 10cm de espessura. O grau de umidade do material deverá estar próximo do especificado para execução do maciço do aterro.

Conexões – Na execução da malha de aterramento, todos os cruzamentos de cabos entre si ou hastes, trilhos, etc. deverão ter conexões executadas através de soldas exotérmicas, por pessoal treinado neste processo, utilizando-se moldes, cartuchos, acendedores, etc., ou através de conectores a compressão com ferramentas adequada, conforme indicação do projeto.

Os condutores de derivação terão o comprimento necessário para atingir os conectores de aterramento dos equipamentos e de outros pontos a serem aterrados, nos locais indicados no projeto.

Caso um determinado equipamento não esteja completamente montado na ocasião de instalação do condutor de derivação, este será deixado enrolado, com um comprimento suficiente para que não haja emenda não prevista no projeto.

Após a execução de cada conexão (soldada) entre condutores ou entre estes equipamentos ou estruturas a serem aterrados, será procedida uma minuciosa revisão a fim de se garantir a sua perfeição e a continuidade do sistema.

Interferências – Todas as interferências dos cabos de cobre da malha de aterramento com qualquer instalação da subestação deverão ser levadas ao conhecimento da Fiscalização que indicará a solução a ser adotada.

Execução – Para execução das conexões exotérmicas, deverão ser observadas todas as recomendações e especificações do Fabricante do material e das indicações de projeto.

Deverão ser rigorosamente observadas as indicações quanto às bitolas dos cabos para a utilização dos moldes e números dos cartuchos de pó a serem utilizadas.

Para o lançamento do cabo, deverá ser mantida a amarração das pontas utilizadas no corte para que o encordoamento não seja desfeito.

Moldes – Após a ajustagem dos cabos nos moldes, deverá ser verificada a inexistência de folgas entre as paredes dos furos existentes e as superfícies externas dos cabos, evitando-se dessa maneira, vazamento durante o processo de soldagem.

Derivações – Durante a execução da malha de aterramento, antes de ser feito o reaterro, deverão ser executadas as conexões necessárias ao aterramento das estruturas metálicas e equipamentos, conforme indicações de projeto.

Para os casos em que as estruturas e os equipamentos não estiverem montados, deverão ser executadas conexões à malha de aterramento e enrolados os cabos para posterior fixação e conexões dos rabichos.

O aterramento de cercas, alambrados, portões, suportes e demais locais onde o projeto indicar também são considerados como atividades a serem executadas na malha de terra.

No caso dos para-raios e equipamentos de potência deverão ser executados obrigatoriamente com cabo contínuo entre o equipamento e a rede de terra.

Serão ligadas ao sistema de terra todas as partes metálicas não energizadas de todas as estruturas e equipamentos elétricos, tais como motores, transformadores, painéis, chaves desligadoras, eletrodutos, bandejas, etc., nos pontos indicados nos desenhos do projeto para segurança de pessoal.

Nas caixas de passagem, as extremidades dos eletrodutos metálicos serão aterrados através de buchas de aterramento adequados, interligadas com o cabo de cobre nu de aterramento.

Hastes – Para complementação da malha de aterramento, deverão ser cravadas hastes de aterramento, de acordo com as indicações de projeto.

Ao ser cravada a haste, deverá ser observado com máximo rigor se o capeamento de cobre não se desprende do núcleo de aço. Caso isto ocorra, a haste deverá ser substituída.

As canaletas e caixa de passagem – Nas canaletas serão instalados os cabos de aterramento e blindagem em seu sentido longitudinal, ligados a malha principal, de 20 em 20 metros. Serão segregados fisicamente os circuitos de proteção primária, proteção alternada, e força. As canaletas e caixas de passagem possuirão tampas de concreto, que juntamente com sua parte estrutural, serão ligadas à malha de terra da instalação.

### **3.15 CANALETAS**

O arranjo de canaletas para as subestações Porto Sergipe 500kV, Olindina 500kV, Sapeaçu 500kV, Morro do Chapéu II 230kV e Irecê 230kV seguirá o planejamento original da expansão prevista pelo agente proprietário das instalações existentes, utilizando os “pontos de engate” nas canaletas existentes.

No fundo das canaletas será construído, em cada lado, um degrau de alvenaria para apoio de tubos de PVC rígido, que por sua vez servirão como bandejas de apoio dos cabos, evitando o contato direto destes com o fundo da canaleta. Sempre que possível, será seguido o padrão existente.

No interior da canaleta serão lançados cabos de cobre nu para blindagem dos cabos de controle, que serão conectados à malha de aterramento a intervalos regulares.

As canaletas terão seção retangular variável, de acordo com o projeto.

### **3.16 ILUMINAÇÃO E TOMADAS**

No caso de ampliações, sempre que possível, os critérios e condições das instalações existentes serão respeitados e a iluminação será projetada conforme os equipamentos de iluminação e sua fixação às colunas de acordo com o projeto existente. Para novas instalações deverão ser executados projetos específicos.

Como uma regra geral para definição dos níveis adequados, serão observados no projeto os seguintes níveis mínimos de iluminação:

- Área de equipamentos de manobra: 15 lux;
- Áreas de reatores: 25 lux.
- Vias de acesso (eixo das vias): 10 lux.
- Casas de controle: conforme NBR 5413.
- Nível geral (necessário para câmeras de circuito interno de TV): mínimo de 10 lux

### 3.17 PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DOS EQUIPAMENTOS

As características elétricas principais dos equipamentos a serem utilizados, estão apresentadas no documento Características Técnicas dos Equipamentos Principais SF01818-SE-GN-G-RE-0002.

Os equipamentos também deverão atender ao Edital do respectivo leilão e aos Estudos de Fluxo de Barramentos apresentados nos documentos a seguir:

| Subestação            | Número do Documento      | Descrição                                    |
|-----------------------|--------------------------|--|
| SE Porto Sergipe      | SF01818-SE-PS-ES-RE-0001 | ESTUDO DE FLUXO DE BARRAMENTOS - SETOR 500kV |
| SE Olindina           | SF01818-SE-OD-ES-RE-0001 | ESTUDO DE FLUXO DE BARRAMENTOS - SETOR 500kV |
| SE Sapeaçu            | SF01818-SE-SP-ES-RE-0001 | ESTUDO DE FLUXO DE BARRAMENTOS - SETOR 500kV |
| SE Morro do Chapéu II | SF01818-SE-MO-ES-RE-0001 | ESTUDO DE FLUXO DE BARRAMENTOS - SETOR 230kV |
| SE Irecê              | SF01818-SE-IC-ES-RE-0001 | ESTUDO DE FLUXO DE BARRAMENTOS - SETOR 230kV |

## **4 CRITÉRIOS BÁSICOS DO PROJETO CIVIL**

### **4.1 GERAL**

Neste item são estabelecidos os critérios básicos a serem seguidos nos projetos civis das ampliações das subestações Porto Sergipe 500kV, Olindina 500kV, Sapeçu 500kV, Morro do Chapéu II 230kV e Irecê 230kV.

### **4.2 CARGAS DE PROJETO**

As estruturas serão projetadas para suportar as combinações mais desfavoráveis de carregamentos provenientes do peso próprio, vento, curto-circuito, tração dos cabos e equipamentos, que venham a ocorrer durante a montagem e/ou operação da subestação.

As estruturas de amarração com chegada de cabos em mais de uma direção deverão ser projetadas para suportar separadamente os esforços em cada direção.

Para as estruturas a serem projetadas, serão consideradas as seguintes cargas atuantes:

#### **4.2.1 Fundações para Suportes Metálicos de Equipamentos**

- Peso próprio do equipamento, suporte, fundação e de acessórios;
- Carga de vento no equipamento, no barramento e no suporte metálico;
- Carga dinâmica devida a curto-circuito, onde aplicável;
- Carga de operação do equipamento, onde aplicável;
- Carga devida à tração do barramento flexível.

#### **4.2.2 Fundações para Suportes Metálicos para Barramentos Flexíveis**

- Peso próprio da torre, fundação, cadeias e equipamentos;
- Cargas devidas à tração dos cabos condutores e pára-raios;
- Carga de vento na torre, cadeias e cabos;
- Carga de operação, onde aplicável.

As fundações deverão ser projetadas para resistir às solicitações máximas devidas a qualquer combinação de condições de condutores rompidos, ventos, cargas acidentais e cargas de montagem.

#### **4.2.3 Fundações dos Reatores**

- Peso próprio do equipamento e fundação;
- Cargas de levantamento e movimentação dos equipamentos.

#### **4.2.4 Cargas Devidas ao Vento e Curto-Circuito**

Todas as estruturas e suportes da subestação, que estejam localizadas em posições sujeitas à ação do vento, deverão ser projetadas considerando uma pressão de vento obtida conforme Norma ABNT NBR 6123.

Nas estruturas com alturas muito superiores a 10 m, os valores de pressão de vento serão efetivamente corrigidos, segundo recomendações da norma brasileira ABNT NBR-6123.

No caso de curto-circuito, serão feitas duas combinações para dimensionamento dos suportes de equipamentos, prevalecendo a mais desfavorável:

- Ação total do vento mais 60% da ação de curto-circuito;

- Ação total do curto-circuito mais 60% da ação total do vento.

### **4.3 ESTRUTURAS DE CONCRETO / EDIFICAÇÕES**

#### **4.3.1 Geral**

Todas as estruturas de concreto armado e edificações serão executadas com os materiais a seguir caracterizados:

- Argamassa para estacas tipo raiz:  $f_{ck} \geq 20$  MPa;
- Concreto estrutural para estruturas moldadas “in situ” e fundações:  $f_{ck} \geq 25$  MPa;
- Concreto estrutural para estruturas pré-moldadas:  $f_{ck} \geq 25$  MPa;
- Concreto para lastros, camadas de regularização e peças sem função estrutural:  $f_{ck} \geq 11$  MPa;
- Aço CA-50.

Os tipos de fundação assim como a programação para sua execução dependerão de uma campanha de investigação dos solos nas áreas da subestação.

As fundações deverão seguir as seguintes exigências básicas:

- Possuir segurança adequada contra a ruptura, tanto do elemento estrutural em concreto armado, como do solo de fundação;
- Apresentar deformações compatíveis com a superestrutura, sob ação das combinações mais desfavoráveis de carregamentos;
- Apresentar-se como a opção mais econômica dentre os tipos adequados para fundações diretas e profundas.

Para o correto dimensionamento das fundações, ao seu projetista deverão ser fornecidas as cargas discriminadas, provenientes dos diversos carregamentos da superestrutura, sem a majoração decorrente dos fatores de sobrecarga de cada solicitação. Caberá ao projetista a análise da aplicação destes fatores, e obter a situação mais severa para as fundações. Aos esforços finais nas fundações, deverá ser aplicado o fator de majoração de esforços adequado para o dimensionamento das fundações.

Todas as fundações deverão atender ao especificado na ABNT NBR 6122.

#### **4.3.2 Edificações**

Nas subestações de Porto Sergipe 500kV, Olindina 500kV, Sapeaçu 500kV, Morro do Chapéu II 230kV e Irecê 230kV está prevista a construção de uma casa de comando para abrigar os consoles de operação e sistema computacional do SPCS, quadros de auxiliares CA e CC, baterias e carregadores, painéis de controle, proteção e teleproteção e equipamentos de telecomunicações. Está prevista também a construção de abrigo para GMG e tanque para diesel.

A distribuição dos quadros nas edificações se dará no projeto executivo, após a contratação dos fornecedores desses sistemas.

Além das salas para painéis e baterias, as casas de controle terão uma pequena copa, vestiários e depósito. A arquitetura das edificações seguirá o padrão existente das donas das subestações.

A casa de controle, por conter equipamentos e dispositivos eletrônicos, será dotada de condicionamento de ar do tipo “split”. A infra-estrutura de proteção contra incêndio é abordada no item específico mais adiante.

#### **4.4 INVESTIGAÇÃO DO SOLO**

##### **4.4.1 Furos de Sondagem**

Serão feitas sondagens a percussão (SPT) a partir de pontos selecionados, tais como, bases de reatores, suportes de barramentos, pórticos de ancoragem de linhas, disjuntores e edificações. Para tanto, o posicionamento dos pontos a serem investigados constará de projeto próprio, com o desenho indicativo da locação dos furos propostos, a ser elaborado no início do projeto executivo.

As sondagens a percussão deverão ser executadas por firmas especializadas com comprovada experiência e fiscalizadas pela Sterlite São Francisco.

##### **4.4.2 Ensaios**

Também pode ser necessária a execução de ensaios de amostras de solo, determinando as características e as propriedades dos materiais encontrados (peso específico, teor de umidade, resistência à compressão, ao cisalhamento, etc) para avaliação do comportamento dos solos quando submetidos às condições impostas pelas estruturas projetadas.

#### **4.5 ESTRUTURAS METÁLICAS**

Os desenhos das estruturas metálicas apresentarão as alturas, espaçamentos, localização, direção e valor das cargas aplicadas, inclusive as de origem eletromagnética e de montagem, detalhes de montagem, configuração das estruturas e espaçamento entre chumbadores, assim como seus diâmetros.

Com vistas ao correto dimensionamento das estruturas e fundações deverão ser fornecidas ao fabricante e ao projetista estrutural, as cargas sem as majorações decorrentes de fatores de sobrecarga. Caberá aos mesmos a análise da aplicação destes fatores, de modo a obter os maiores esforços nas peças estruturais e fundações.

Os fabricantes projetarão e estabelecerão as dimensões dos componentes, detalhando as estruturas, submetendo o projeto à aprovação da Sterlite São Francisco.

De modo a permitir o correto dimensionamento das fundações, as cargas nas mesmas deverão ser fornecidas pelo fabricante das estruturas de dois modos: como bloco único e por pé isoladamente.

#### **4.6 ESTRUTURAS DE DISTRIBUIÇÃO**

As canaletas para cabos poderão ser em concreto ou ter paredes em blocos de concreto emboçadas integralmente na face interna e nos 20 cm superiores na face externa. O fundo das canaletas será uma laje de concreto armado e para apoio dos cabos serão instalados tubos de PVC de diâmetro 2" a cada 30cm, e seguirão os padrões das canaletas existentes.

Em todas as subestações, as tampas das canaletas serão em concreto armado, a menos que de outra forma seja exigido pela concessionária acessada.

As travessias das pistas para veículos deverão ser feitas por meio de envelopes de dutos com dimensões e capacidade mecânica adequadas, com caixas de passagem em suas extremidades. Deverão ter dimensões que permitam a remoção de qualquer cabo defeituoso e a instalação de um acréscimo de cabos, de acordo com a necessidade de cada projeto.

Alternativamente estas travessias poderão ser executadas em canaletas de concreto reforçadas.

As caixas de passagem de até 2m de profundidade terão paredes de alvenaria, emboçadas, com tampas e fundo em concreto armado. As caixas mais profundas serão integralmente em concreto armado.

As caixas de passagem deverão ficar afastadas, pelo menos, 2m do meio-fio (parede mais próxima), exceto as do tipo boca-de-lobo.



## **4.7 TERRAPLENAGEM E ACABAMENTO DO TERRENO**

### **4.7.1 Terraplenagem**

Sempre que necessário, conforme vier a ser definido no projeto executivo, serão realizados serviços de terraplenagem para preparação das áreas onde serão instalados os equipamentos das ampliações em questão.

Onde for necessário executar terraplenagem, devem ser seguidas as recomendações a seguir:

- **Limpeza de Terreno**  
Deverá ser prevista a retirada de uma camada de solo de pelo menos 30cm de espessura, recomendando-se a eventual substituição de solos inadequados à execução do terrapleno. Deverá ser executado o destocamento de raízes, quando necessário.
- **Área de Corte**  
Para a execução do corte, o terreno natural deverá ser escavado, de forma adequada, até a cota de terraplenagem definida em projeto, retirando-se as camadas de má qualidade, orgânicas ou expansivas. Todo o material retirado deverá ser transportado para aterros ou “bota-foras”, previamente licenciados.  
  
Quando, no nível do patamar de corte, for observada a ocorrência de rocha ou de solos de má qualidade, orgânicos, expansivos ou de baixa capacidade de suporte, será promovida a retirada dos mesmos até uma cota inferior à estabelecida no projeto, em que sejam alcançados solos de boa qualidade. Neste caso, para retornar à cota de projeto, serão executadas camadas de aterro, constituídas por materiais selecionados de acordo com as especificações.
- **Área de Aterro**  
Os aterros serão executados pela compactação de materiais provenientes das jazidas de empréstimo ou de corte, previamente licenciados.  
  
A compactação é a operação da qual resulta o aumento da massa específica aparente de um solo pela aplicação de pressão, impacto ou vibração, visando um aumento da resistência ao cisalhamento e uma redução nas deformações.  
  
As operações de aterro compreendem o espalhamento, umedecimento ou aeração, homogeneização e compactação dos materiais.  
  
A compactação do material de aterro deverá ser executada com equipamentos adequados.  
  
Os materiais deverão ser selecionados dentre os classificados como 1ª categoria e ter as seguintes características: Expansão ≤ 2%, CBR > 10%.  
  
Os solos para aterros não deverão conter materiais orgânicos, micáceos e diatomáceos. É proibida a utilização de turfas e argilas orgânicas.  
  
O material, a ser utilizado no aterro, ao chegar na faixa de lançamento, já preparada e liberada para receber o aterro, deverá ser distribuído em camadas uniformes e regulares de espessura máxima de 30 cm antes da compactação e 20 cm após a compactação.  
  
Durante o espalhamento será exigida a retirada de pedras de diâmetro maior do que 15 cm, bem como, dos materiais orgânicos porventura existentes. Para isso deverá ser mantida uma equipe de serventes nas frentes de serviços.  
  
A umidade dos materiais a serem compactados deverá se situar em ± 2% (dois por cento) da umidade ótima, determinada em ensaio de compactação previamente executado em laboratório.  
  
As camadas a serem compactadas deverão ser homogeneizadas.  
  
Todas as camadas de aterro deverão ter grau de compactação mínimo de 100% (cem por cento) em relação ao Proctor Intermediário.

Deverão ser realizados os ensaios de caracterização do solo, tais como: granulometria, controle da umidade do solo, expansibilidade, massa específica real, limites de Atterberg, compactação, etc.

No caso dos ensaios indicarem valores de densidade e/ou umidade em desacordo com o especificado, a camada será reaberta, corrigindo-se a umidade e efetuando-se nova compactação.

Deverão ser executadas valetas provisórias nas cristas e pés de taludes e providenciadas as demais medidas necessárias à drenagem do terreno, de forma a evitar empoçamentos, alagados e erosões durante a execução dos serviços de terraplenagem.

Qualquer dano causado ao terrapleno pelas chuvas durante a execução da obra deverá ser imediatamente recuperado.

#### **4.7.2 Acabamento**

A área de operação da subestação terá uma camada de brita estendendo-se, pelo menos, a 2 metros a partir do lado externo da cerca de proteção das áreas energizadas, quando estas não forem delimitadas por arruamento. A fim de se impedir o aparecimento de vegetação, os terrenos das áreas de operação deverão receber tratamento adequado, antes do lançamento da camada de brita.

A brita será distribuída em uma camada compacta, com altura mínima de 10 centímetros.

#### **4.8 DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS**

Para as áreas destinadas às novas instalações deverá ser feito um projeto novo de drenagem baseado nos valores médios anuais de precipitação do local em que o mesmo será implantado.

Para as subestações Porto Sergipe 500kV, Olindina 500kV, Sapeaçu 500kV, Morro do Chapéu II 230kV e Irecê 230kV, que já possuem um sistema de drenagem implantado e o projeto avaliará, como opção, a possibilidade de ampliação/complementação da rede existente.

Sempre que possível, deve ser adotado, para a drenagem sub-superficial do pátio um projeto composto, basicamente, de drenos contínuos executados em valas com manilhas de concreto, PVC ou cerâmica (barro vidrado), furados. Nos locais onde não houver espaço para a instalação de drenos, deverão ser projetados caimentos no terreno em direção a caixas ou valas coletoras. Em todos os casos, os caimentos serão de 0,5% no mínimo e todos os elementos deverão estar ligados à rede geral de drenagem e plenamente integrados com os projetos de fundações, dutos e canaletas.

As canaletas de cabos deverão ter seu fundo projetado com uma declividade mínima de 0,3% em direção a ralos convenientemente dispostos e conectados à rede geral.

Para preservar o grau de proteção ao meio ambiente e garantir o rápido escoamento das águas pluviais, as áreas destinadas aos novos reatores serão drenadas através de bacias coletoras, preenchidas com brita. Essas bacias serão interligadas a caixas separadoras de óleo, dimensionadas de acordo com as recomendações API PUBLICATION 421.

#### **4.9 VIAS INTERNAS E DE ACESSO**

Nas subestações Porto Sergipe 500kV, Olindina 500kV, Sapeaçu 500kV, Morro do Chapéu II 230kV e Irecê 230kV, as vias internas são existentes, mas deverão ser complementadas quando necessário. Além disso, devem ser recuperadas onde houver demolição para passagem de dutos e construção de bases.

As vias destinadas ao tráfego de veículos para transporte de equipamentos pesados deverão ter características (largura, raio de curva, declividade máxima, carga por eixo, etc.) fixadas de acordo com os requisitos dos veículos e peso dos equipamentos a serem transportados, obedecendo aos valores mínimos da pista e da faixa livre nos trechos retos de 4m e 6m respectivamente.

As faixas destinadas ao tráfego de veículos para transporte de equipamentos de menor porte, como componentes de disjuntores e seccionadores, TPC's, TC's e pára-raios, deverão ter largura mínima de 3,0m, dimensionadas para suportar cargas de até 5 tf (50 kN), por roda.

Deverão ser fixados, no projeto, afastamentos adequados em relação às partes vivas dos equipamentos, quando for permitida a passagem de veículos sem desenergização prévia.

Os trechos de vias de acesso e vias internas existentes que ficarem sujeitos ao tráfego de veículos para transportes de equipamentos maiores do que aqueles para os quais foram projetados deverão ser adaptados às novas condições de utilização.

Os serviços de melhoria compreenderão, caso necessário:

- Aumento de raios de curvatura;
- Alteração do greide com a finalidade de se reduzir a declividade das rampas;
- Correção de taludes de cortes e aterros;
- Recomposição da drenagem;
- Regularização do leito, reforço do sub-leito, execução das bases e sub-bases;
- Pavimentação.

Todas as vias projetadas ou modificadas deverão ter seção transversal abaulada, com caimento mínimo de 1% para as sarjetas e caimento mínimo longitudinal de 0,5% da linha de sarjeta no sentido dos bueiros.

#### **4.10 VIAS DE TRANSFERÊNCIA**

Não está sendo prevista a construção de vias de transferência para reatores. Esses equipamentos serão adquiridos sem rodas, com base de arraste.

#### **4.11 SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIO**

Nas subestações de Porto Sergipe 500kV, Olindina 500kV, Sapeaçu 500kV, Morro do Chapéu II 230kV e Irecê 230kV serão construídas paredes corta-fogo entre as unidades de reatores.

As paredes corta-fogo deverão ser dimensionadas de modo a evitar que o calor irradiado pela unidade eventualmente incendiada leve as unidades adjacentes a atingir limites críticos de temperatura e ser resistentes ao fogo por 2 horas.

As paredes terão comprimento que abranja todo o equipamento protegido, devendo exceder de cada lado, em relação às extremidades do mesmo, distâncias de pelo menos 0,60m e deverão possuir a altura que esteja 0,30m acima do tanque de expansão e da maior bucha. A parede deverá ficar afastada pelo menos 0,50m do equipamento. Os equipamentos que operam com óleo isolante ou combustível possuirão bacias de contenção e drenagem de água e óleo, interligadas entre si por um sistema de tubulações de drenagem específico, que conduzirá a mistura de água e óleo para uma ou mais caixas separadoras de água e óleo, conforme o caso. A água efluente da caixa será lançada na rede de drenagem de águas pluviais e o óleo será coletado por bombeamento para um caminhão-tanque.

O dimensionamento da caixa separadora de óleo será feito de acordo com a publicação 421 da "American Petroleum Institut Design and Operation of Oil – Water Separators".

A prevenção a incêndios nos equipamentos a óleo será feita por extintores de CO<sub>2</sub> instalados nas proximidades dos reatores. Para o restante dos equipamentos instalados no pátio serão também previstos extintores de CO<sub>2</sub> sobre rodas, os quais utilizarão as vias internas da subestação e as tampas das canaletas para sua movimentação.

Nas edificações serão também utilizados extintores portáteis de CO<sub>2</sub>.

#### **4.12 SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E DE ESGOTOS SANITÁRIOS**

##### **4.12.1 Sistema de Abastecimento de Água**

O abastecimento d'água para a subestação será feito por captação de água subterrânea através de poços profundos.

O armazenamento será feito em cisternas e/ou caixas d'água prediais, situadas nas próprias edificações a serem abastecidas.

##### **4.12.2 Sistema de Esgotos Sanitários**

Os esgotos sanitários serão lançados em fossas sépticas dotadas de sumidouros, projetados de forma a evitar a poluição dos mananciais e dos poços de captação de água.

#### **4.13 CERCAS, ALAMBRADOS E PORTÕES**

Nas subestações Porto Sergipe 500kV, Olindina 500kV, Sapeaçu 500kV, Morro do Chapéu II 230kV e Irecê 230kV, sempre que necessário, serão construídas cercas complementares para as novas áreas energizadas referentes à atual ampliação. Estes complementos seguirão sempre os padrões já existentes na subestação.

As cercas metálicas localizadas no interior da malha da subestação devem ser interligadas a esta em vários pontos (multiaterramento). As cercas metálicas localizadas fora do plano coberto pela malha devem ser seccionadas e essas seções multiaterradas, porém, em quadrículas distintas da malha. Essas medidas devem ser tomadas considerando-se uma condição local que garanta os níveis de potenciais de toque toleráveis, conforme previsto na norma NBR 15751:2013 item 10.3.

## SUMMARY

|      |  |    |
|------|--|----|
| 1    | OBJECTIVE.....   | 22 |
| 2    | BASIC CONFIGURATION.....   | 22 |
| 2.1  | TRANSMISSION LINES.....  | 22 |
| 2.2  | SUBSTATION .....   | 22 |
| 3    | BASIC CRITERIA FOR THE ELECTROMECHANICAL PROJECT.....                      | 24 |
| 3.1  | APPLICABLE STANDARDS.....  | 24 |
| 3.2  | GENERAL LAYOUT .....   | 24 |
| 3.3  | STRUCTURES SUPPORT OF BUSES AND EQUIPMENT, AND PORTS OF LINE OUTPUTS.....  | 24 |
| 3.4  | ELECTRICAL DISTANCES (CLEARANCES) .....                                    | 25 |
| 3.5  | CABLES, PIPES AND BUSHINGS .....   | 25 |
| 3.6  | COLUMNS AND ISOLATOR CHAINS .....  | 27 |
| 3.7  | CONNECTORS .....   | 27 |
| 3.8  | DISCONNECTOR ASSEMBLY .....  | 27 |
| 3.9  | CIRCUIT BREAKER ASSEMBLY.....  | 28 |
| 3.10 | ASSEMBLY OF CURRENT TRANSFORMERS, POTENTIAL AND PARALLEL TRANSFORMERS..... | 28 |
| 3.11 | REACTORS ASSEMBLY .....  | 29 |
| 3.12 | ASSEMBLY OF SECONDARY EQUIPMENT .....                                      | 29 |
| 3.13 | SHIELDING AGAINST ATMOSPHERIC DISCHARGES .....                             | 29 |
| 3.14 | GROUNDING.....   | 30 |
| 3.15 | TRENCHES .....   | 31 |
| 3.16 | LIGHTING AND OUTLETS.....  | 31 |
| 3.17 | MAIN EQUIPMENT CHARACTERISTICS.....  | 31 |
| 4    | BASIC CRITERIA FOR THE CIVIL PROJECT .....                                 | 33 |
| 4.1  | GENERAL.....   | 33 |
| 4.2  | DESIGN LOADS.....  | 33 |
| 4.3  | CONCRETE STRUCTURES / BUILDINGS.....                                       | 34 |
| 4.4  | SOIL INVESTIGATION .....   | 35 |
| 4.5  | METALLIC STRUCTURES .....  | 35 |
| 4.6  | DISTRIBUTION STRUCTURES.....   | 35 |
| 4.7  | EARTHWORKS AND LAND FINISHING .....  | 36 |
| 4.8  | STORM WATER DRAINAGE .....   | 37 |
| 4.9  | INTERNAL AND ACCESS ROUTES.....  | 37 |
| 4.10 | TRANSFER WAYS.....   | 38 |
| 4.11 | FIRE PROTECTION SYSTEM.....  | 38 |
| 4.12 | WATER SUPPLY AND SANITARY SEWER SUPPLY SYSTEM.....                         | 38 |
| 4.13 | FENCES, WIRING AND GATES.....  | 39 |

## 1 OBJECTIVE

The expansion of the Porto Sergipe 500kV, Olindina 500kV, Sapeaçu 500kV, Morro do Chapéu II 230kV and Irecê 230kV substations are part of the concession granted to Sterlite São Francisco Energia SA, designated in this document as "Sterlite São Francisco", tendered through ANEEL 002/2018 - Lot 7.

The purpose of this document is to present the criteria applicable to the civil and electromechanical projects of these substations.

The design of the civil and electromechanical projects of these substations took into consideration all the requirements presented by ANEEL in said notice. For that, the drawings and reports annexed to the aforementioned ANEEL 002/2018 - Lot 7 were used.

## 2 BASIC CONFIGURATION

### 2.1 TRANSMISSION LINES

The configuration of transmission lines belonging to Lot 7 of ANEEL 002/2018 notice is described in table 1 below:

Table 1 - Works of Transmission Lines

| Origin             | Destination | Circuit                  | Length | Voltage (kV) |
|--------------------|-------------|--------------------------|--------|--------------|
| Porto Sergipe      | Olindina    | Single Circuit – C1      | 180 km | 500kV        |
| Olindina           | Sapeaçu     | Single Circuit – C1      | 207 km | 500kV        |
| Morro do Chapéu II | Irecê       | Double circuit – C2 e C3 | 67 km  | 230kV        |

### 2.2 SUBSTATION

The configuration of the substations belonging to Lot 7 of the ANEEL 002/2018 notice is described in table 2 below:

Table 2 - Works of Substations

| Name          | Voltage (kV) | Layout | Main Equipment |  |
|---------------|--------------|--------|----------------|--|
|               |              |        | Qtt            | Description  |
| Porto Sergipe | 500          | DJM    | 1              | Line In Module - DJM   |
|               |              |        | 1              | Busbar Interconnection Module - DJM                            |
|               |              |        | 1              | Busbar Reactor Connection - DJM                                |
|               |              |        | 1              | Line Reactor Connection Module - Without Circuit Breaker – DJM |
|               |              |        | 4              | Single-phase line reactors 33,33 Mvar                          |
|               |              |        | 4              | Single-phase Bar Reactors 50 Mvar                              |

|                    |     |     |   |  |
|--------------------|-----|-----|---|--|
| Olindina           | 500 | DJM | 2 | Line In Module – DJM   |
|                    |     |     | 2 | Busbar Interconnection Module – DJM                            |
|                    |     |     | 1 | Busbar Reactor Connection – DJM                                |
|                    |     |     | 2 | Line Reactor Connection Module - Without Circuit Breaker – DJM |
|                    |     |     | 8 | Single-phase line reactors 33,33 Mvar                          |
|                    |     |     | 4 | Single-phase Bar Reactors 50 Mvar                              |
| Sapeaçu            | 500 | DJM | 1 | Line In Module – DJM   |
|                    |     |     | 1 | Line Reactor Connection Module - Without Circuit Breaker – DJM |
|                    |     |     | 4 | Single-phase line reactors 33,33 Mvar                          |
| Morro do Chapéu II | 230 | BD4 | 2 | Line In Module – BD4   |
| Irecê              | 230 | BD4 | 2 | Line In Module – BD4   |

### **3 BASIC CRITERIA FOR THE ELECTROMECHANICAL DESIGN**

#### **3.1 APPLICABLE STANDARDS**

ABNT standards should be used in the development of the projects, in their latest revisions, unless otherwise stated. The specific rules applicable are subject to a specific document contained in this Basic Project.

#### **3.2 GENERAL LAYOUT**

The works to be carried out at the Porto Sergipe 500kV, Olindina 500kV, Sapeaçu 500kV, Morro do Chapéu II 230kV and Irecê 230kV substations will use areas available in these substations. In this way, the location of the structures and equipment of the maneuvering yard will preserve the original design.

The general layout of the expansions of the Porto Sergipe 500kV, Olindina 500kV, Sapeaçu 500kV, Morro do Chapéu II 230kV and Irecê 230kV substations will follow the standard in the substations.

In the 500 kV sector of the substations, the maneuvering scheme used is a circuit breaker and a half.

In the 230 kV sector of the substations, the maneuvering scheme used is a circuit double busbar – 4 disconnectors.

The general layout of the buses of these substations comprises three levels namely:

- Upper level: the upper, flexible bus corresponds to the outputs of LTs and connections to the main busbars, consisting of aluminum cables;
- Intermediate level: corresponds to the main sector buses of 500kV or 230kV, which are made of aluminum tubes or aluminum cables, depending on the substation;
- Lower level: corresponds to the interconnections between the equipment of the span, and can be in cable or aluminum tube.

In the layout of the reactor banks, it was considered that the units will be moved inside the substation through circulation ways, close to the place of their installation where they will be landed, assembled and moved to their respective bases. It is foreseen that this displacement will occur by dragging.

The criterion for designing substation busbars and indicating the configuration and section of the various elements are presented in specific studies.

The electrical distances used in the new substation projects took into account the results of studies of electromagnetic fields, contained in specific documents.

The general layout of the maneuvering yards, in plan and cuts, are represented in the specific documents that are part of this Basic Project.

#### **3.3 STRUCTURES SUPPORT OF BUSES AND EQUIPMENT, AND PORTS OF LINE OUTPUTS**

At the Porto Sergipe 500kV, Olindina 500kV, Sapeaçu 500kV, Morro do Chapéu II 230kV and Irecê 230kV substations, the new structures for both the upper and lower buses and the equipment supports will meet the existing structures.

The structure of the gantries, as well as the supports for equipment will be in metallic structures or in precast concrete.

In the case of metal structures, they shall be mounted on reinforced concrete foundations fixed by means of anchors.



All parts will be cleaned before being assembled. The lifting of the beams, pillars and supports will be done by means of nylon ropes or vegetable fiber and crane on tires and / or truck MUNCK. The gripping points on the raised parts shall be chosen in such a way that they do not subject them to higher loads than those provided for in the load diagrams.

The bolts of the metal structures will be placed in such a way that their respective nuts are always on the outer side of the frame.

After placing the beams in the correct position and adjusting the fixing bolts of the abutments, it will be done the tightening of the anchor bolts of the structures to the bases. The plumbing, alignment and leveling of all beams, pillars and supports will be checked topographically, as well as the position of the coupling of the chain attachment points in the beams.

### **3.4 ELECTRICAL DISTANCES (CLEARANCES)**

In the Porto Sergipe 500kV, Olindina 500kV, Sapeaçu 500kV, Morro do Chapéu II 230kV and Irecê 230kV substations, the existing phase-phase and phase-earth spacings will be fully respected, since Sterlite São Francisco will respect the layouts of the maneuvering yards of the existing installations, as well as use, whenever possible, equipment similar to the existing ones, taking into account the Electrical Studies and Technical Specifications.

### **3.5 CABLES, PIPES AND BUSHINGS**

The busbars shall consist of rigid and flexible conductors as indicated in the design.

All new construction, expansion and / or repair must be performed with the minimum characteristics described below.

Flexible busbars shall be used at each end to facilitate adjustment of the shaft.

A table of voltages and arrows will be displayed for each span of flexible busbars, for temperatures of 5 to 40 degrees Celsius. Extreme conditions will be checked.

In order to keep the flexible rods stable and a cohesive installation, rigid spacers are provided in the conductor bundles of the same phase.

In the connections between the flexible buses of different levels or between flexible buses and fixed terminals with flexible overhead cables, a cable length is provided with sufficient clearance to avoid further stresses and cable pulling due to wind.

The bend curvatures of the flexible busbars interconnecting between intermediate rigid buses and lower busbars or equipment shall, where possible, be identical for the three phases of the same span. The arrester connection will have sufficient flexibility to withdraw the equipment in a minimum of time, without affecting the adjacent connections.

Whenever possible, the busbars will be installed before mounting the electromechanical equipment below.

Bends, strains, or grooves of any kind will be avoided, drivers will not be stepped on and / or traversed by vehicles, dragged on the surface or put in contact with any material that could damage aluminum. In order to perform the pressing of the gloves / connectors, they will strictly obey the indications of the manufacturers, regarding the ways and areas of compression. After pressing, the Inspection shall carefully examine the gloves to verify that they are in perfect condition. When cable is placed inside the respective glove and before pressing, the amount of antioxidant mass determined by the manufacturer will be placed.

The tensioned and line output busbars will be stretched according to the arrows and voltages tables provided by the project.

After being properly prepared, the cables will be suspended and attached to the respective chains, and for greater ease, they will have their tensioners open halfway.

After fixing the cables in their respective chains, they will be placed in the definite arrow indicated, which will be verified through topographic apparatus and duly proven by the Inspection. Once the busbar assembly has been completed, the alignments and verticality of the structures, as well as the arrows of the conductors, will be checked.

Aluminum or copper tubes should be cut and prepared strictly within the design indications. After cutting, the tubes should have their edges properly fixed, avoiding burrs and pointed parts. In the execution of the curves, hydraulic bending machines should be used with templates suitable for the radius of curvature and diameter of the tube, so as not to deform them transversely.

The steel and aluminum gloves should be pressed when the design indicates this, using own dies and presses.

Where necessary, the downlinks of flexible busbars with rigid busbars and / or busbars between equipment shall be provided with a rigid spacer. Your ideal location will be defined in the specific project.

In rigid buses it is foreseen to install a steel cable, AC or CAA cable, equivalent weight of 10% to 20% of the weight of the pipe, not necessarily new, inside the rigid bars more than 8 meters, attached to one end, to avoid the effect of vibrations.

Equipment connections through aluminum tube busses, whose opposite end is fixed, will be carried out through expansion connectors.

In the case of connections between two equipment with tube busses, expansion connector will be provided, preferably next to the equipment of greater value or importance.

Terminations of busbars or busbars that do not end in equipment shall have an anti-corona type cap or plug, appropriate to the voltage class of the installation.

The rigid bars will have at least one fixed connector per phase, and if they have more than one, they will have expansion connectors between them. In general, the buses will not have sections larger than 50 meters without fixed connectors.

The substation buses are defined in the documents referenced below:

| Substation                    | Document number          | Description                      |
|-------------------------------|--------------------------|----------------------------------|
| Porto Sergipe Substation      | SF01818-SE-PS-ES-RE-0001 | BUSBAR LOAD-FLOW STUDY FOR 500kV |
| Olindina Substation           | SF01818-SE-OD-ES-RE-0001 | BUSBAR LOAD-FLOW STUDY FOR 500kV |
| Sapeaçu Substation            | SF01818-SE-SP-ES-RE-0001 | BUSBAR LOAD-FLOW STUDY FOR 500kV |
| Morro do Chapéu II Substation | SF01818-SE-MO-ES-RE-0001 | BUSBAR LOAD-FLOW STUDY FOR 230kV |
| Irecê Substation              | SF01818-SE-IC-ES-RE-0001 | BUSBAR LOAD-FLOW STUDY FOR 230kV |

### **3.6 COLUMNS AND ISOLATOR CHAINS**

Columns of porcelain pedestal, multi-body or solid core insulation columns will be used.

Tempered glass insulator chains will be used for anchoring and for suspension in the upper, intermediate and main busses.

The design details will be strictly observed for mounting of the pedestal insulators and insulation chains.

The insulator chains will be mounted to the floor using hardware, insulators and other components and later hoisted to the respective supporting structures.

Once the chains have been assembled on the ground and before lifting, it will be checked whether the insulation of each insulator is perfectly seated and with the tips slightly open for better clamping, thus avoiding possible falls.

### **3.7 CONNECTORS**

The connectors will basically have the following characteristics:

- Material: aluminum
- Screws: zinc plated steel (with indicated torque values on the head);
- Soldiers, whenever possible and where applicable.

After execution of the busbars will be placed all necessary connectors and spacers and indicated by the project, if applicable. Prior to placement, the connectors and spacers will be thoroughly examined in the presence of surveillance.

The connectors and spacers will have the contact surfaces properly filled with antioxidant paste. In the assembly of the busbars will be given temporary tightening in the connectors, just enough to allow the assembly. After the tests have been performed, the connectors shall be tightened with the torques recommended by the manufacturer.

The welded connections will be executed by a competent and qualified professional, having previously been approved by the Supervision.

### **3.8 DISCONNECTOR ASSEMBLY**

The disconnecter will be mounted on metal structures or concrete supports. Each pole must be installed so that the base is perfectly level when attached to the support structures. The poles of the sectioners will be rigorously aligned and level on the structures. The equipment shall be adjusted and adjusted according to the manufacturer's instructions to allow easy operation by a single man.

The operating mechanisms shall be assembled, connected and located as indicated on the execution drawings and in accordance with the manufacturer's instructions. They will be installed to provide a smooth and smooth operation, without jamming of any parts, either in the fully open position or in the fully closed position. The operating mechanism shall be grounded as indicated in the execution drawings, by means of flexible struts and with connectors and accessories.

Tubular scaffolds shall be used for the assembling of the switchgear. These scaffolds will also be used for primary connections and cleaning, and will not be allowed to rise on the insulation columns.

For assembly, the parts will be suspended by means of nylon ropes, obeying the following sequence:

Placing the bases of the disconnecter on the supports, observing the position in which the drive mechanisms will be mounted;

Assembly of insulation columns after cleaning and inspection of the screws;

Assembly of the blades and contacts on the insulator columns;

Assembly of the drive mechanisms, with temporary tightening of the bolts for fixing the tie rods;

Once the mechanical assembly is completed, the electrical connections and the primary connections in AT will be executed;

After connecting the busbars or jumpers to the disconnect, the adjustment must be checked and a general cleaning done with a cloth or tow;

The final tightening of the screws will be given after the adjustments and final adjustments have been made.

For the first motor control, the disconnect switch must be with its main contacts at mid-stroke to check the direction of rotation of the motor in order to avoid damage to the contacts.

### **3.9 CIRCUIT BREAKER ASSEMBLY**

The circuit breaker shall be mounted in strict compliance with the manufacturer's conditions, assembly methods, recommendations and manuals. The assembling of the circuit-breaker shall not be permitted under any circumstances for the assemblers to climb on the insulation columns. The assembly method must be presented for inspection approval.

It will be up to the Assembler positioning, leveling, mortaring and aligning the metallic accessories for the breaker and assembling the individual poles, as indicated in the execution drawings, manufacturer's instructions or how to determine the Client's Inspection, and make all electrical connections. This service will be performed under the supervision of the Manufacturer.

Once the assembly has been completed, adjustments, adjustments and verifications of fillings shall be executed in the presence of the Supervision and / or the supervisor of the manufacturer and their values entered in a proper form to be signed by the performer and the Inspection.

Only after the adjustments and adjustments mentioned in the previous item have been completed can the equipment be operated by the control mechanism. Therefore, keep power circuits off until all adjustments and adjustments are completed.

After completing these works, primary links will be executed in HV.

### **3.10 ASSEMBLY OF CURRENT TRANSFORMERS, POTENTIAL AND PARALLEL TRANSFORMERS**

These equipment will be assembled in strict compliance with the manufacturer's recommendations.

For the assembly of these equipments the following basic items will be considered: on the supports taking care that the cables are only secured in the allowed points and so that the insulators are not damaged.

Check the correct position of the current transformers for the polarity of the terminals.

Verification of internal connections when current transformers are manufactured for more than one transformation ratio.

For the assembly of these equipments, nylon ropes will be used, the suspension being made at the points indicated by the Manufacturer.

The lifting for fixing to the stand must be done after cleaning the equipment on the floor and following the manufacturer's recommendations for "stanchions" and maximum permitted slopes, or, failing these, according to supervision guidelines.

The lightning arresters, when supplied in separate sections, shall be assembled in accordance with the manufacturer's instructions on the sequence and numbering of these sections.

Once the assembly has been completed, the primary connections of all the equipment will be executed and the discharge counters installed in the case of lightning arresters.

The connection between the arresters and operation counters with the ground rods should be made according to design details.

### **3.11 REACTORS ASSEMBLY**

The reactors shall be assembled in strict compliance with the manufacturer's conditions, assembly methods, recommendations and manuals. The assembly will be accompanied by a supervisor authorized by the manufacturer and he will coordinate his assembly team and comply with the necessary recommendations for the technical / operational guarantee of the equipment..

### **3.12 ASSEMBLY OF SECONDARY EQUIPMENT**

For control, control, measurement, protection and automation cubicles, the floor leveling, placement and alignment of gutters and anchors shall be checked initially as appropriate, using design drawings and manufacturers . The places where the panels will be installed should be completely clean, finished and all bases and anchors prepared to receive the equipment.

The panels will be completely closed in order to prevent the penetration of moisture inside them, the cable entry will be through the bottom through suitable cable glands. They shall be supplied and assembled with complete internal wiring, but may, for ease of transport, be divided into sections, in which case they shall be assembled and suitably interconnected at the site.

The panels shall be fixed in accordance with the layout indicated in the design drawings, obeying the positions of the anchors on the slabs and traces for passage of cables, duly arranged.

All panels or panel sections will be connected to the substation's ground loop. Before conducting the functional tests, the grounding connection will be verified and a check will be carried out as well as the cleaning of the panels and equipment. After assembly of each section, all components of the panels will be checked for their fixation, the existence or not of the damage caused during transportation or assembly, and the correct functioning of the doors (which must open and close freely) and their closures.

After all the mechanical inspections, the electrical connections between the different sections will be completed, where applicable.

After assembly and prior to any further testing, the entire wiring continuity test will be performed based on the design schematics.

### **3.13 SHIELDING AGAINST ATMOSPHERIC DISCHARGES**

The shielding system against atmospheric discharge consists of a network formed by cables and rods, connected to the substation ground loop, to provide protection against direct incidence of atmospheric discharge.

In the Porto Sergipe 500kV, Olindina 500kV, Sapeçu 500kV, Morro do Chapéu II 230kV and Irecê 230kV substations, the standard of metallic gantries, supports and busbars of existing installations will also be used, in addition to the existing standard of the same ones in relation to the criterion of protection of the bars of the new gaps against direct atmospheric discharges, and should using extra-strong steel cable, identical to existing ones. The same must comply with the announcement of the respective auction and the current standard.

At line inputs, the relative positioning between the end-of-line tower and the mooring gantry at the substation, together with the layout of lightning conductor cables, will adequately protect the equipment and the cables from direct discharges.

The layouts of the substation shielding and grounding systems are represented in the plant drawings of the shielding and grounding system, which are an integral part of this basic design.

### **3.14 GROUNDING**

The whole system associated with the grounding of the equipment, panels, structures, gantries, poles, fences, gates, interconnection to the cable of the transmission lines, etc., in the substation is considered as grounding mesh.

The substations of Porto Sergipe 500kV, Olindina 500kV, Sapeaçu 500kV, Morro do Chapéu II 230kV and Irecê 230kV had their grounding meshes scaled at the time of their implantation.

In this expansion, a verification of this design will be made, in each substation, based on the current configuration and system conditions, which will guide the amplifications and eventual reinforcements in them, when necessary. Aiming at the safety of people and the proper operation of equipment.

Grounding conductors are bare copper cables and / or grounding rods.

Gutter - The trench opening for the mesh cables shall be run in accordance with the design in a continuous and uniform manner, and then be re-compacted and properly compacted until a degree of compacting similar to that of the substation platform is obtained.

This compaction should be performed in layers of a maximum of 10cm thick. The degree of humidity of the material should be close to that specified for the execution of the massif of the landfill.

Connections - In the execution of the grounding loop, all crossings of cables between each other or rods, rails, etc. should have connections made through exothermic welds, by personnel trained in this process, using molds, cartridges, lighters, etc., or through compression connectors with appropriate tools, as indicated by the design.

Bypass leads shall be of the length necessary to reach the grounding connectors of the equipment and other points to be grounded at the locations indicated in the design.

If a certain equipment is not completely assembled at the time of installation of the branch conductor, it will be left rolled, of sufficient length that there is no splice not provided for in the design.

After the execution of each (welded) connection between conductors or between these equipments or structures to be grounded, a thorough revision will be carried out in order to guarantee its perfection and the continuity of the system.

Interference - All interferences of the copper cables of the grounding loop with any installation of the substation should be brought to the attention of the Supervision that will indicate the solution to be adopted.

Execution - For the execution of the exothermic connections, all the recommendations and specifications of the Material Manufacturer and the design indications must be observed.

The indications as to the cable gauges for the use of the molds and numbers of the dust cartridges to be used should be strictly observed.

For the launching of the cable, the lashing of the ends used in the cut must be kept so that the stranding is not undone.

Molds - After adjusting the cables in the molds, it must be verified that there are no gaps between the walls of the existing holes and the external surfaces of the cables, thus avoiding leakage during the welding process.

Derivations - During the execution of the grounding loop, before making the backfill, the necessary connections must be made to the grounding of the metal structures and equipment, according to design instructions.

For cases where structures and equipment are not assembled, connections to the ground loop must be made and the cables wrapped for later attachment and dowel connections.

The grounding of fences, fences, gates, supports and other places where the project indicates are also considered as activities to be carried out in the grounding mesh.

In the case of lightning arresters and power equipment, they must be run continuously between the equipment and the ground.

All non-energized metal parts of all electrical structures and equipment, such as motors, transformers, panels, disconnectors, conduits, etc., shall be connected to the grounding system at the points indicated in the design drawings for personnel safety.

In the bypass boxes, the ends of the metal conduits will be grounded by suitable grounding bushes, interconnected with the bare copper ground wire.

Rods - To complement the grounding mesh, ground rods must be inserted according to the design instructions.

When the rod is crimped, it should be observed with maximum accuracy if the copper cap does not detach itself from the steel core. Should this occur, the rod should be replaced.

The gutters and the gutter box - In the gutters, the ground and shield cables will be installed in the longitudinal direction, connected to the main mesh, every 20 meters. The circuits of primary protection, alternating protection, and force will be physically segregated. The gutters and gutters will have concrete lids, which along with their structural part, will be attached to the grounding mesh of the installation.

### **3.15 TRENCHES**

The trenches layout for the Porto Sergipe 500kV, Olindina 500kV, Sapeaçu 500kV, Morro do Chapéu II 230kV and Irecê 230kV substations will follow the original planning of the expansion foreseen by the owner agent of the existing installations, using the "points of engagement" in the existing trenches.

At the bottom of the trenches will be built, on each side, a step of masonry to support rigid PVC pipes, which in turn serve as cable support trays, avoiding the direct contact of these with the bottom of the trench. Whenever possible, the existing pattern will be followed.

Inside the gutter, naked copper cables will be launched to shield the control cables, which will be connected to the grounding loop at regular intervals.

The trenches will have a rectangular section variable, according to the project.

### **3.16 LIGHTING AND OUTLETS**

In case of extensions, where possible, the criteria and conditions of the existing installations will be respected and the lighting will be designed according to the lighting equipment and its fixation to the columns according to the existing project. Specific projects must be carried out for new installations.

As a general rule for setting the appropriate levels, the following minimum lighting levels will be observed in the project

- Equipment maneuver area: 15 lux;
- Areas of reactors: 25 lux.
- Access ways (path axis): 10 lux.
- Control houses: according to NBR 5413.
- General level (required for internal TV circuit cameras): mínimo de 10 lux

### **3.17 MAIN EQUIPMENT CHARACTERISTICS**

The main electrical characteristics of the equipment to be used are presented in the document SF01818-SE-GN-G-RE-0002.

The equipment must also comply with the Bidding Announcement and the Bus Flow Studies presented in the following documents::

| Substation                    | Document number          | Description                      |
|-------------------------------|--------------------------|----------------------------------|
| Porto Sergipe Substation      | SF01818-SE-PS-ES-RE-0001 | BUSBAR LOAD-FLOW STUDY FOR 500kV |
| Olindina Substation           | SF01818-SE-OD-ES-RE-0001 | BUSBAR LOAD-FLOW STUDY FOR 500kV |
| Sapeaçu Substation            | SF01818-SE-SP-ES-RE-0001 | BUSBAR LOAD-FLOW STUDY FOR 500kV |
| Morro do Chapéu II Substation | SF01818-SE-MO-ES-RE-0001 | BUSBAR LOAD-FLOW STUDY FOR 230kV |
| Irecê Substation              | SF01818-SE-IC-ES-RE-0001 | BUSBAR LOAD-FLOW STUDY FOR 230kV |



## **4 BASIC CRITERIA FOR THE CIVIL PROJECT**

### **4.1 GENERAL**

This item establishes the basic criteria to be followed in the civil projects of the Porto Sergipe 500kV, Olindina 500kV, Sapeaçu 500kV, Morro do Chapéu II 230kV and Irecê 230kV substations expansions.

### **4.2 DESIGN LOADS**

The structures shall be designed to withstand the most unfavorable combinations of loadings from their own weight, wind, short circuit, traction of cables and equipment, which may occur during assembly and / or operation of the substation.

Mooring structures with cables in more than one direction should be designed to withstand the forces in each direction separately.

For the structures to be designed, the following working loads will be considered:

#### **4.2.1 Foundations for Metal Equipment support**

- Own weight of equipment, support, foundation and accessories;
- Wind load on the equipment, on the busbar and on the metal support;
- Dynamic load due to short circuit, where applicable;
- Load of equipment operation, where applicable;
- Load due to traction of the flexible bus.

#### **4.2.2 Foundations for Metal support for Flexible Busses**

- Own weight of tower, foundation, chains and equipment;
- Loads due to traction of conductive cables and lightning rods;
- Wind load on tower, chains and cables;
- Operating load, where applicable.

The foundations shall be designed to withstand the maximum stresses due to any combination of conditions of ruptured conductors, winds, accidental loads and assembly loads.

#### **4.2.3 Foundations of Reactors**

- Own weight of the equipment and foundation;
- Lifting and handling loads of equipment..

#### **4.2.4 Wind and Short Circuit Charges**

All substation structures and supports, which are located in positions subject to the action of the wind, shall be designed considering a wind pressure obtained according to the ABNT NBR 6123 Standard.

In structures with heights much greater than 10 m, the values of wind pressure will be effectively corrected, according to the recommendations of Brazilian standard ABNT NBR-6123.

In the event of a short circuit, two combinations will be made for the sizing of the equipment supports, with the most unfavorable being the following:

- Total wind action plus 60% of short-circuit action;
- Total short-circuit action plus 60% of total wind action..

### **4.3 CONCRETE STRUCTURES / BUILDINGS**

#### **4.3.1 General**

All reinforced concrete structures and buildings will be executed with the following materials:

- Mortar for root-type cuttings:  $f_{ck} \geq 20$  MPa;
- Structural concrete for in situ moldings and foundations:  $f_{ck} \geq 25$  MPa;
- Structural concrete for precast structures:  $f_{ck} \geq 25$  MPa;
- Concrete for ballast, regularization layers and parts without structural function:  $f_{ck} \geq 11$  MPa;
- CA-50 steel.

The types of foundation as well as the programming for its execution will depend on a campaign of investigation of the soils in the areas of the substation.

Foundations should follow the following basic requirements:

- Adequate safety against rupture of both the structural element in reinforced concrete and the foundation soil;
- To present deformations compatible with the superstructure, under the action of the most unfavorable combinations of loads;
- To present itself as the most economical option among suitable types for direct and deep foundations.

For the correct dimensioning of the foundations, their designer must be supplied the discriminated loads, coming from the various loads of the superstructure, without the increase due to the overload factors of each request. It will be up to the designer to analyze the application of these factors, and to obtain the most severe situation for the foundations. To the final efforts in the foundations, the appropriate factor of effort for the dimensioning of the foundations should be applied.

All foundations must meet the requirements of ABNT NBR 6122.

#### **4.3.2 Buildings**

At the substations of Porto Sergipe 500kV, Olindina 500kV, Sapeaçu 500kV, Morro do Chapéu II 230kV and Irecê 230kV, it is planned to build a control building to house the SPCS operating and computer consoles, AC and DC auxiliary boards, batteries and chargers, control panels, protection and teleprotection and telecommunications equipment. It is also planned to build a shelter for GMG and a tank for diesel.

The distribution of the panels in the buildings will be given in the executive project, after hiring the suppliers of these systems.

In addition to the rooms for panels and batteries, the control buildings will have a small kitchen, changing rooms and storage. The architecture of these buildings will follow the substation owners pattern.

The control building, because it contains electronic equipment and devices, will be equipped with "split" type air conditioning. The fire protection infrastructure is covered in the specific item below.

#### **4.4 SOIL INVESTIGATION**

##### **4.4.1 Drilling holes**

Percussion drills (SPT) will be made from selected points, such as reactor bases, busbar supports, line anchors, breakers and buildings. Therefore, the positioning of the points to be investigated will consist of a project of its own, with the design indicative of the location of the holes proposed, to be elaborated at the beginning of the executive project.

The percussion polls shall be performed by specialized firms with proven experience and audited by Sterlite São Francisco.

##### **4.4.2 Tests**

It may also be necessary to carry out soil sample tests, determining the characteristics and properties of the materials found (specific gravity, moisture content, compressive strength, shear, etc.) to evaluate soil behavior when subjected to the conditions imposed by the structures.

#### **4.5 METALLIC STRUCTURES**

The drawings of the metallic structures will show the heights, spacing, location, direction and value of the applied loads, including those of electromagnetic origin and of assembly, details of assembly, configuration of the structures and spacing between anchors, as well as their diameters.

With a view to the correct dimensioning of the structures and foundations, the loads without the enhancements due to overload factors must be provided to the manufacturer and the structural designer. It will be up to them to analyze the application of these factors, in order to obtain the greatest efforts in the structural parts and foundations.

Manufacturers will design and establish component dimensions, detailing structures, submitting the project to New State approval.

In order to allow the correct dimensioning of the foundations, the loads in them must be supplied by the manufacturer of the structures in two ways: as a single block and per foot in isolation.

#### **4.6 DISTRIBUTION STRUCTURES**

The cable ducts may be concrete or have concrete block walls integrally plastered on the inner face and the upper 20 cm on the outer face. The bottom of the gutters will be an reinforced concrete slab and 2 "diameter PVC pipes will be installed every 30cm to support the cables and will follow the standards of the existing gutters.

In all substations, the channel covers shall be in reinforced concrete, unless otherwise required by the concessionaire accessed.

Crossings of tracks for vehicles shall be made by means of envelopes of ducts of adequate size and mechanical capacity, with passageways at their ends. They should have dimensions that allow the removal of any defective cable and the installation of an additional cable, according to the need of each project.

Alternatively these crossings may be performed on reinforced concrete gutters.

The boxes of passage of up to 2m deep will have walls of masonry, embozadas, with covers and background in reinforced concrete. The deepest boxes will be entirely in reinforced concrete.

Pass-through boxes should be at least 2m away from the curb (nearest wall), except for storm water drains.

## **4.7 EARTHWORKS AND LAND FINISHING**

### **4.7.1 Earthworks**

Whenever necessary, as defined in the executive project, earthworks services will be provided to prepare the areas where the equipment of the enlargements in question will be installed.

Where earthmoving is required, the following recommendations should be followed:

- **Land Clearing**  
The removal of a layer of soil of at least 30cm of thickness should be foreseen, recommending the possible replacement of inadequate soils to the execution of the embankment. Root blotting should be performed when necessary.
- **Cutting Area**  
For the execution of the cut, the natural terrain should be properly excavated to the terrain level defined in the project, removing the poor quality layers, organic or expansive. All the material removed should be transported to landfills or "spoil area", previously licensed.

When the occurrence of poor quality, organic, expansive or low bearing capacity rock or soil is observed at the level of the cutting stage, the removal of the rock will be promoted to a lower level than that established in the project, where achieved soils of good quality. In this case, to return to the project quota, layers of landfill, made up of materials selected according to the specifications, will be executed.

- **Landfill Area**  
Landfills will be carried out by compacting materials from previously licensed lending or cutting deposits. Compaction is the operation that results in the increase of the apparent specific mass of a soil by the application of pressure, impact or vibration, aiming at an increase in shear strength and a reduction in deformations.

Landfill operations include spreading, moistening or aeration, homogenization and compaction of materials.

The compaction of the landfill material must be carried out with suitable equipment.

The materials should be selected from among those classified as 1st category and have the following characteristics: Expansion  $\leq 2\%$ , CBR  $> 10\%$ .

Soil for landfills should not contain organic, micaceous and diatomaceous materials. The use of peat and organic clays is prohibited.

The material to be used in the landfill, when it reaches the launch strip, already prepared and released to receive the landfill, should be distributed in uniform and regular layers of a maximum thickness of 30 cm before compaction and 20 cm after compaction.

During the spreading, the removal of stones with a diameter greater than 15 cm will be required, as well as of the organic materials that may exist. For this, a team of servants should be maintained at the service fronts.

The humidity of the materials to be compacted should be  $\pm 2\%$  (two percent) of the optimum moisture, determined in a compaction test previously performed in the laboratory.

The layers to be compacted should be homogenized.

All layers of landfill shall have a minimum compaction degree of 100% (one hundred percent) in relation to the Intermediate Proctor.

Soil characterization tests, such as: particle size, soil moisture control, expansibility, actual specific mass, Atterberg boundaries, compaction, etc., should be performed.

In case the tests indicate values of density and / or humidity in disagreement with the specified, the layer will be reopened, correcting the humidity and re-compacting.

Provisional trenches shall be made at ridges and slopes, and other measures necessary for drainage of the terrain shall be made in order to avoid embankments, flooding and erosion during the execution of earthmoving services.

Any damage caused to the embankment by the rains during the execution of the work should be immediately recovered.

#### **4.7.2 Finishing**

The operating area of the substation shall have a layer of aggregate extending at least 2 meters from the outer side of the protection fence of the energized areas when they are not bounded by a roadway. In order to prevent vegetation from occurring, the land in the areas of operation must be properly treated prior to the release of the gravel layer.

The gravel will be distributed in a compact layer, with a minimum height of 10 centimeters.

#### **4.8 STORM WATER DRAINAGE**

A new drainage project based on the annual average precipitation values of the site where the site is to be deployed shall be made for areas for new facilities.

For the Porto Sergipe 500kV, Olindina 500kV, Sapeaçu 500kV, Morro do Chapéu II 230kV and Irecê 230kV substations, which already have a drainage system in place and the project will evaluate, as an option, the possibility of expanding / complementing the existing network.

Whenever possible, a subfloor drainage of the patio should be used, basically consisting of continuous drains made of concrete, PVC or ceramics (glazed earthenware). In places where there is no space for the installation of drains, seams on the ground should be designed towards collecting boxes or ditches. In all cases, the seam shall be at least 0.5% and all elements shall be connected to the general drainage network and fully integrated with the foundations, ducts and gutter projects.

The cable gutters should have their bottom projected with a minimum slope of 0.3% toward drains conveniently arranged and connected to the general grid. To preserve the degree of environmental protection and ensure the rapid flow of rainwater, areas for new reactors will be drained through gravel-filled basins. These basins shall be interconnected to oil separator boxes, sized in accordance with API PUBLICATION 421 recommendations.

#### **4.9 INTERNAL AND ACCESS ROUTES**

In the Porto Sergipe 500kV, Olindina 500kV, Sapeaçu 500kV, Morro do Chapéu II 230kV and Irecê 230kV substations, the internal roads are existing, but should be complemented when necessary. In addition, they must be recovered where there is demolition for passage of ducts and construction of bases.

Tracks intended for the traffic of vehicles for the transport of heavy equipment shall have characteristics (width, radius of curvature, maximum slope, axle load, etc.) fixed in accordance with the requirements of the vehicles and the weight of the equipment to be transported. minimum values of the track and the free track in the straight sections of 4m and 6m respectively.

The bands destined to the traffic of vehicles to transport smaller equipment, such as circuit breaker and disconnecter components, TPC's, TC's and lightning rods, should be at least 3.0m wide, sized to withstand loads of up to 5 tf (50 kN ) per wheel.

Appropriate deviations from the living parts of the equipment shall be fixed in the design, where the passage of vehicles without prior de-energization is permitted.

Existing sections of existing access roads and internal lanes which are subject to traffic of vehicles for the transport of equipment larger than those for which they were designed shall be adapted to the new conditions of use.

The improvement services shall include, where appropriate:

- Increased radius of curvature;
- Modification of the greide to reduce the slope of the ramps;
- Correction of slopes of cuts and embankments;
- Restoration of drainage;
- Regularization of the bed, reinforcement of the sub-bed, execution of the bases and sub-bases;
- Paving.

All roadways designed or modified shall have a curved cross-section, with a minimum 1% trim for the gutters and minimum longitudinal trim of 0.5% of the gutter line in the direction of the culverts.

#### **4.10 TRANSFER WAYS**

The construction of transfer lines for reactors is not being planned. These equipments will be acquired without wheels, with base of drag.

#### **4.11 FIRE PROTECTION SYSTEM**

In the Porto Sergipe 500kV, Olindina 500kV, Sapeaçu 500kV, Morro do Chapéu II 230kV and Irecê 230kV substations, fire walls will be built between the reactor units.

The fire walls shall be dimensioned in such a way as to prevent the heat radiated from the burned unit from causing adjacent units to reach critical temperature limits and be fire resistant for 2 hours.

The walls shall be of a length which covers all protected equipment and shall exceed on each side, in relation to the ends thereof, distances of at least 0,60 m and shall have a height which is 0,30 m above the expansion tank and the largest bushing . The wall should be at least 0.50m away from the equipment.

Equipment that operates with insulated oil or fuel will have containment and drainage basins of water and oil, interconnected with each other by a specific drainage piping system, which will lead the mixing of water and oil to one or more water and oil separator boxes , as the case may be. The effluent water from the box will be thrown into the rainwater drainage network and the oil will be collected by pumping into a tank truck.

The sizing of the oil separator box will be done according to publication 421 of the American Petroleum Institut Design and Operation of Oil - Water Separators.

The fire prevention in the oil equipment will be made by CO2 extinguishers installed in the vicinity of the reactors. For the rest of the equipment installed in the yard, CO2 extinguishers on wheels will also be provided, which will use the internal ways of the substation and the covers of the channels for their movement.

Portable CO2 extinguishers will also be used in buildings.

#### **4.12 WATER SUPPLY AND SANITARY SEWER SUPPLY SYSTEM**

##### **4.12.1 Water Supply System**

The water supply to the substation will be done by capturing groundwater through deep wells.

The storage will be made in cisterns and / or water boxes, located in the buildings to be supplied..

#### **4.12.2 Sewage System**

Sanitary sewers will be discharged into septic tanks with sinks designed to avoid pollution of water sources and water collection wells.

#### **4.13 FENCES, WIRING AND GATES**

At Porto Sergipe 500kV, Olindina 500kV, Sapeaçu 500kV, Morro do Chapéu II 230kV and Irecê 230kV substations, whenever necessary, additional fences will be built for the new energized areas related to the current expansion. These complements will always follow the existing substation standards.

The metal fences located inside the substation mesh must be interconnected to the substation in several points (multi-strand). The metal fences located outside the plane covered by the mesh must be sectioned and these sections multi-stranded, however, in different grid boxes. These measures must be taken considering a local condition that guarantees tolerable levels of touch potential, as provided in NBR 15751: 2013 item 10.3.