



**MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL  
SECRETARIA DE INFRA-ESTRUTURA HÍDRICA**



**INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**



*FUNCATE - Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais*



**PROJETO DE TRANSPOSIÇÃO DE  
ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO PARA  
O NORDESTE SETENTRIONAL**

***PROJETO BÁSICO***

**TRECHO III – EIXO NORTE  
R11 – SISTEMA ELÉTRICO**



**TRECHO III – EIXO NORTE  
R11 – SISTEMA ELÉTRICO**

# **PROJETO DE TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO PARA O NORDESTE SETENTRIONAL**

## ***PROJETO BÁSICO***

### **MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL**

Ministro de Estado da Integração Nacional: **Ciro Ferreira Gomes**

#### **Secretaria de Infra-Estrutura Hídrica**

Secretário de Infra-Estrutura Hídrica: **Hypérides Pereira de Macêdo**

Coordenador Geral: **João Urbano Cagnin**

### **INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**

Diretor: **Luiz Carlos Moura Miranda**

### **FUNCATE – Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais**

Gerente: **José Armando Varão Monteiro**

Coordenador Técnico: **Antônio Carlos de Almeida Vidon**

Coordenador Técnico Adjunto: **Ricardo Antônio Abrahão**

São José dos Campos, setembro de 2003

Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais - FUNCATE

Projeto de transposição de Águas do Rio São Francisco para o Nordeste Setentrional – Projeto Básico; Trecho III – Eixo Norte – R11 – Sistema Elétrico. - São José dos Campos: Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais – FUNCATE, 2003.

19 p

1. Transposição de Águas
- I. Trecho III - Eixo Norte – R11 – Sistema Elétrico.

CDU 556.18:621.3

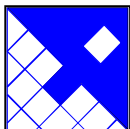
**FUNCATE:**

Av. Dr. João Guilhermino, 429, 11º Andar – Centro

São José dos Campos – SP

CEP: 12210-131

Telefone: (0XX 12) 3925 1399 Fax: (0XX 12) 3941 2829



**FUNCATE**

**Fundação de Ciência,  
Aplicações e Tecnologia  
Espaciais**

Projeto	SC	Data SET/2003
Verificação	RAA	Data SET/2003
Aprovação	ACAV	Data SET/2003
Aprovação	JAVM	Data SET/2003
Código FUNCATE	EN.B/III.RF.EL.0002	



**MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL**

Verificação		Data
Aprovação		Data

**PROJETO DE TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUAS  
DO RIO SÃO FRANCISCO PARA O  
NORDESTE SETENTRIONAL**

**PROJETO BÁSICO**

**TRECHO III - EIXO NORTE  
R11 - SISTEMA ELÉTRICO**

**Projeto de Transposição de Águas do Rio São Francisco  
para o Nordeste Setentrional**  
*Projeto Básico*

**Equipe**

*José Armando Varão Monteiro: Gerente*

*Antônio Carlos de Almeida Vidon: Coordenador Técnico*

*Ricardo Antônio Abrahão: Coordenador Técnico Adjunto*

*Geverson Luiz Machado: Chefe da Equipe de Geotecnia*  
*Clóvis Ribeiro de Moraes Leme: Engenheiro*

*Aloysio Accioly de Senna Filho: Chefe da Equipe de Geologia*

*Rafael Guedes Valença: Chefe da Equipe de Hidráulica*  
*Anibal Young Eléspuru: Engenheiro*

*José Carlos Degaspare: Chefe da Equipe de Estrutura*

*José Ricardo Junqueira do Val: Chefe da Equipe de Orçamento e Planejamento*

*Bernd Dieter Lukas: Chefe da Equipe de Engenharia Mecânica*

*Sidnei Collange: Chefe da Equipe de Engenharia Elétrica*

**Equipe de Produção**

*Antonio Carlos Cunha Aguiar – Projetista*

*Antonio Muniz Neto – Projetista*

*Leandro Eboli – Projetista*

*João Luiz Bosso – Projetista*

*Laryssa Lillian Lopes – Técnica em Geoprocessamento*

*Mônica de Lourdes Sampaio – Desenhista Projetista*

**Infra Estrutura e Apoio**

*Ana Julia Cristofani Belli – Secretária*

*Célia Regina Pandolphi Pereira – Assistente Adm. Especializada*

*Andréa Marques Moraes – Aux. Administrativo*

*Maria Aparecida de Souza – Servente*

**Consultor**

*Luiz Antonio Villaça de Garcia*



## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

---

### APRESENTAÇÃO

O presente documento se constitui no Relatório R11 – SISTEMA ELÉTRICO, parte integrante do **Projeto Básico do Trecho III – Eixo Norte**, referente ao PROJETO DE TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO PARA O NORDESTE SETENTRIONAL, elaborado pela FUNCATE através do contrato INPE/FUNCATE nº 01.06.094.0/99.

O Projeto de Transposição está sendo desenvolvido com base no Convênio nº 06/97-MPO/SEPPE – celebrado entre o MINISTÉRIO DE INTEGRAÇÃO NACIONAL-MI e o MINISTÉRIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA-MCT e seu INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS-INPE.

O **Projeto Básico do Trecho III – Eixo Norte** compõe-se dos seguintes relatórios:

- R1 Descrição do Projeto
- R2 Critérios de Projeto
- R3 Usinas Hidrelétricas
- R4 Sistema Adutor
- R5 Sistema de Drenagem
- R6 Bases Cartográficas
- R7 Geologia e Geotecnia
- R8 Estudos Hidrológicos
- R9 Sistema de Supervisão
- R10 Modelo Hidrodinâmico e Esquema Operacional
- R11 Sistema Elétrico
- R12 Canteiros e Sistema Viário
- R13 Cronograma e Orçamentos
- R14 Dossiê de Licitação
- R15 Memoriais de Cálculo
- R16 Linhas de Transmissão
- R17 Caderno de Desenhos



ÍNDICE	PG.
<b>1 . OBJETO E OBJETIVO.....</b>	<b>1</b>
<b>2 . INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>3 . SUBESTAÇÕES.....</b>	<b>1</b>
3.1 Subestações Elevadoras 6,9 - 69 kV .....	1
<b>4 . USINAS HIDRELÉTRICAS .....</b>	<b>2</b>
<b>5 . ESTRUTURAS DE CONTROLE .....</b>	<b>2</b>
<b>6 . TOMADAS D'ÁGUA DE USO DIFUSO .....</b>	<b>2</b>
<b>7 . DESCRIÇÃO DOS SISTEMAS ELÉTRICOS.....</b>	<b>3</b>
7.1 Nas Subestações Elevadoras 6,9 – 69 kV.....	3
7.2 Nas Usinas Hidrelétricas .....	3
7.3 Na Estrutura de Controle.....	4
7.4 Nas Tomadas D'água de Uso Difuso.....	4
<b>8 . DETALHAMENTO DOS SISTEMAS ELÉTRICOS .....</b>	<b>4</b>
8.1 Subestações Elevadoras 6,9 - 69 kV .....	4
8.1.1 Subestação de Salgado I.....	4
8.1.2 Subestação de Salgado II.....	5
8.1.3 Sistema de serviços auxiliares de corrente alternada .....	5
8.1.4 Sistema de serviços auxiliares de corrente contínua .....	6
8.1.5 Sistema de Iluminação e Tomadas .....	6
8.1.6 Sistema de Vias de Cabos .....	6
8.1.7 Sistema de Fiação.....	6
8.1.8 Sistema de Aterramento.....	7
8.1.9 Sistema de Proteção Atmosférica .....	8
8.2 Usinas Hidrelétricas .....	8
8.2.1 Geradores e Equipamentos Associados .....	8
8.2.2 Sistema de Média Tensão .....	9
8.2.3 Equipamentos de Proteção das Unidades Geradoras e Subestações .....	11
8.2.4 Transformadores Elevadores .....	11
8.2.5 Sistema de Serviços Auxiliares de Corrente Alternada .....	11
8.2.6 Sistema de Serviços Auxiliares de Corrente Contínua .....	12
8.2.7 Sistema de Iluminação e Tomadas .....	12
8.2.8 Sistema de Vias de Cabos .....	13
8.2.9 Sistema de Fiação.....	13
8.2.10 Sistema de Aterramento.....	14
8.2.11 Sistema de Proteção Atmosférica .....	14
8.3 Estruturas de Controle .....	15
8.3.1 Sistema de Iluminação e Tomadas .....	15
8.3.2 Sistema de Vias de Cabos .....	15



## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

---

<b>8.3.3 Sistema de Fiação.....</b>	<b>16</b>
<b>8.3.4 Sistema de Aterramento.....</b>	<b>16</b>
<b>8.3.5 Sistema de Proteção Atmosférica .....</b>	<b>16</b>
<b>8.3.6 Tomadas D'água de Uso Difuso .....</b>	<b>17</b>
<b>8.3.7 Sistema de Iluminação e Tomadas .....</b>	<b>17</b>
<b>8.3.8 Sistema de Vias de Cabos .....</b>	<b>17</b>
<b>8.3.9 Sistema de Fiação.....</b>	<b>18</b>
<b>8.3.10 Sistema de Aterramento.....</b>	<b>18</b>
<b>8.3.11 Sistema de Proteção Atmosférica .....</b>	<b>18</b>





## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

---

### 1 . OBJETO E OBJETIVO

O objeto deste relatório é o Projeto de Transposição de Águas do Rio São Francisco e seu objetivo o Projeto Básico dos sistemas, equipamentos e materiais elétricos para as usinas hidrelétricas e subestações do Trecho III - Eixo Norte.

### 2 . INTRODUÇÃO

Após a adução de água do rio São Francisco, através dos Trechos I e II da Transposição, a partir do reservatório pivô de Caiçara, um conjunto de canais artificiais, barragem, túnel, tubulações, estrutura de controle, tomadas de uso difuso e usinas hidrelétricas, conduzirá e distribuirá a água aos reservatórios selecionados no estado do Ceará. Com a finalidade de interligar todos os sistemas que consomem e produzem energia elétrica, e permitem o controle e a operação do empreendimento, foi definido um sistema elétrico constituído de:

- Duas usinas hidrelétricas: UHE Salgado I e UHE Salgado II que gerarão energia na tensão de 6,9 kV, elevada para 69 kV e, através de linhas de transmissão em 69 kV, transportarão esta energia para a subestação elevadora de 69-230 kV no local da barragem Caiçara.
- Subestação de Caiçara interligará as UHEs Ávidos I, Ávidos II e São Gonçalo, com as UHEs Salgado I e Salgado II do Trecho III. A tensão de 69 kV será elevada para 230 kV através de banco de transformadores monofásicos e a energia gerada então será transportada através de linhas de transmissão em 230 kV até a subestação de Jati - Atalho.
- Rede de transmissão composta por linha de transmissão em 69 kV que liga as usinas do Trecho III entre si e à subestação de Caiçara.
- Sistemas elétricos de acionamento, supervisão e controle e auxiliares em cada uma das estruturas componentes do sistema de adução, tais como estruturas de controle de vazão, tomadas d'água de uso difuso, etc.

A operação e supervisão das estações de bombeamento, usinas hidrelétricas, estruturas de controle e outros serão basicamente automáticas e referidas ao Centro de Controle e Operação (CCO), a ser instalado em um prédio junto à EBI - 3 instalado no Trecho I; além disso, haverá a possibilidade de comando local em cada uma dessas unidades.

As vazões aduzidas, os níveis de água junto às comportas e tomadas, reservatórios e açudes serão monitorados à distância, via cabos ou via satélite por meio de sensores instalados nos locais apropriados, cujo banco de dados estará sendo controlado na CCO.

### 3 . SUBESTAÇÕES

#### 3.1 Subestações Elevadoras 6,9 - 69 kV

As subestações, em número de duas, sendo uma para cada usina hidrelétrica serão do tipo convencional, barra simples, 69 kV.

Será a partir das subestações elevadoras das usinas hidrelétricas que a energia gerada será transmitida através de linhas de transmissão em 69 kV até subestações elevadoras de 69–230 kV e a partir daí poderá alimentar as estações de bombeamento instaladas no Trecho I.

A tensão de geração será em 6,9 kV e, através de um transformador elevador, passará esta tensão para 69 kV. As usinas hidrelétricas de Salgado I e Salgado II serão interligadas por uma linha de transmissão em 69 kV até a subestação elevadora de Caiçara.

As características principais dos equipamentos, bem como os descritivos das instalações, serão apresentados a seguir.



## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

---

### 4 . USINAS HIDRELÉTRICAS

As usinas hidrelétricas do Trecho III serão em número de duas e as tensões dos diversos equipamentos serão:

- Geração em média tensão: sistema trifásico em estrela solidamente aterrada, três fios, 6900 V, 60 Hz;
- Auxiliares: sistema trifásico em estrela, neutro solidamente aterrado destinado a suprir circuitos de potência, demarradores, iluminação, aquecimento dos cubículos e tomadas monopolares, quatro fios, 380/220 V, 60 Hz;
- Controle, sinalização e emergência: sistema de corrente contínua, isolado, 125 V, faixa de variação da tensão de + 10% a -20%;
- Telecomunicações: sistema de corrente contínua, positivo aterrado, 48 V, (tensão conseguida através de conversor retirada do 125 Vcc);
- Equipamento do sistema de controle e supervisão Digital (SCSD), nível 2, sistema monofásico, com neutro aterrado, dois fios, 220 V, faixa de variação da tensão de + 2% a -2%, 60 Hz;

Os geradores síncronos de eixo vertical ou horizontal terão instalação abrigada em casa de força e serão em número de três ou quatro por usina hidrelétrica.

Todos os equipamentos elétricos das usinas hidrelétricas serão instalados na casa de força, em galerias localizadas próximo aos pontos de utilização.

A sala de controle de cada usina hidrelétrica será climatizada, as demais áreas da instalação serão apenas ventiladas e de preferência com ventilação natural.

As características principais dos geradores e seus sistemas associados, sistemas elétricos auxiliares, bem como os descritivos das instalações serão apresentados a seguir.

### 5 . ESTRUTURAS DE CONTROLE

O projeto desenvolvido considerou que as estruturas de controle serão equipadas, cada uma, com quatro comportas do tipo segmento, com controle de nível a montante e a jusante, controle de vazão pela abertura ou fechamento de cada comporta, telecomandado, ou operacional por comando local. O acionamento das comportas foi idealizado com dois servomotores óleo-hidráulicos, um em cada lateral da comporta, com uma central de pressurização de óleo única.

A alimentação dos sistemas elétricos das Estruturas de Controle será feita através de uma linha de distribuição de concessionária local e através de grupo diesel gerador.

Nas Estruturas de Controle serão instalados transformadores abaixadores passando a tensão para 380/220 V, com potência necessária a cada tipo de instalação, cujos equipamentos e sistemas serão descritos a seguir.

### 6 . TOMADAS D'ÁGUA DE USO DIFUSO

Foram consideradas duas Tomadas D'Água de Uso Difuso nos canais, sem bombeamento, com capacidades de 0,1 m<sup>3</sup>/s, 0,2 m<sup>3</sup>/s e 0,5 m<sup>3</sup>/s e que serão equipadas com controle de vazão, telecomandadas, ou operacionais por comando local.

A alimentação dos sistemas elétricos das tomadas d'água de uso difuso será feita através de uma linha de distribuição de concessionária local e através de grupo diesel gerador.

Na Tomada de Uso Difuso será instalado um transformador abaixador que passará a tensão do sistema local para 380/220 V, com potência necessária a cada tipo de instalação.



### 7 . DESCRIÇÃO DOS SISTEMAS ELÉTRICOS

#### 7.1 Nas Subestações Elevadoras 6,9 – 69 kV

A partir das subestações elevadoras das usinas hidrelétricas que a energia gerada será transmitida através de linhas de transmissão em 69 kV até subestações elevadoras de 69–230 kV e a partir daí poderá alimentar as Estações de Bombeamento instaladas no Trecho I.

Serão em número de dois, sendo uma para cada usina hidrelétrica.

A tensão de geração será em 6,9 kV e através de um transformador elevador passará esta tensão para 69 kV. As Usinas hidrelétricas de Salgado I e Salgado II serão interligadas por uma linha de transmissão em 69 kV até a subestação elevadora de Caiçara.

Serão instalados os seguintes equipamentos e sistemas:

- Subestação elevadora 6,9 - 69 kV;
- Transformadores elevadores 6,9 - 69 kV (podem estar localizados junto à usina ou no pátio da subestação);
- Sistema de comando, controle, proteção e supervisão (apresentado no relatório R9)
- Sistema de telecomunicação (apresentado no relatório R9);
- Sistema de serviços auxiliares de corrente alternada (proveniente da usina hidrelétrica);
- Sistema de serviços auxiliares de corrente contínua (proveniente da usina hidrelétrica);
- Sistema de iluminação;
- Sistema de vias de cabos;
- Sistema de fiação;
- Sistema de aterramento (interligado ao sistema da usina hidrelétrica);
- Sistema de proteção atmosférica.

#### 7.2 Nas Usinas Hidrelétricas

A energia gerada pelas usinas hidrelétricas em 6,9 kV, terá a tensão elevada para 69 kV através das subestações elevadoras 6,9 - 69 kV e transmitida através de linhas de transmissão.

Serão instalados os seguintes equipamentos e sistemas:

- Geradores e equipamentos associados;
- Sistema de Média Tensão 7,2 kV;
- Sistema de comando, controle, proteção e supervisão (apresentado no relatório R9);
- Sistema de telecomunicação (apresentado no relatório R9);
- Sistema de serviços auxiliares de corrente alternada;
- Sistema de serviços auxiliares de corrente contínua;
- Sistema de iluminação;
- Sistema de vias de cabos;
- Sistema de fiação;
- Sistema de aterramento;
- Sistema de proteção atmosférica.



## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

---

### 7.3 Na Estrutura de Controle

As estruturas de controle serão alimentadas através de uma linha de distribuição de concessionária local e através de grupo diesel gerador. Existirá um tipo de estrutura de controle com quatro comportas de segmento de superfície.

Serão instalados os seguintes equipamentos e sistemas:

- Sistema de comando, controle e supervisão (apresentado no relatório R9);
- Sistema de telecomunicação (apresentado no relatório R9);
- Transformador de distribuição passando a tensão para 380/220 V;
- Sistema de distribuição de corrente alternada;
- Sistema de iluminação;
- Sistema de fiação e vias de cabos;
- Sistema de aterramento;
- Sistema de proteção atmosférica.

### 7.4 Nas Tomadas D'água de Uso Difuso

As tomadas d'água de uso difuso serão alimentadas através de uma linha de distribuição de concessionária local e através de grupo diesel gerador. Existirão três tipos de tomadas de uso difuso:

- Duas unidade de 0,1 m<sup>3</sup>/s, sem bombeamento;
- Duas unidade de 0,2 m<sup>3</sup>/s, sem bombeamento;
- Duas unidade de 0,5 m<sup>3</sup>/s, sem bombeamento;

Serão instalados os seguintes equipamentos e sistemas:

- Sistema de comando, controle e supervisão (apresentado no relatório R9);
- Sistema de telecomunicação (apresentado no relatório R9);
- Transformador de distribuição passando a tensão para 380/220 V;
- Sistema de distribuição de corrente alternada;
- Sistema de iluminação;
- Sistema de fiação e vias de cabos;
- Sistema de aterramento;
- Sistema de proteção atmosférica.

## 8 . DETALHAMENTO DOS SISTEMAS ELÉTRICOS

### 8.1 Subestações Elevadoras 6,9 - 69 kV

#### 8.1.1 Subestação de Salgado I

A subestação elevadora da usina hidrelétrica de Salgado I será constituída por:

- Um Vão de entrada;
- Um Vão de saída;
- Um Barramento simples.



## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

A subestação de Salgado I terá os seguintes equipamentos:

- Seis Pára-raios, monofásicos, 60 kV, 10 kA;
- Seis Transformadores de Potencial, monofásicos, 72 kV, relação 69000-115/115 V, classe de precisão para proteção 10B100, para medição 0,3P75;
- Dois Secionadores com lamina de terra, trifásico, 72 kV, 630 A, motorizada, abertura central;
- Três Transformadores de Corrente, monofásicos, 72 kV, relação 300/150-5-5 A, classe de precisão para proteção 10B100, para medição 0,3C50;
- Três Transformadores de Corrente, monofásicos, 72 kV, relação 600/300-5-5 A, classe de precisão para proteção 10B100, para medição 0,3C50;
- Três Disjuntores, trifásicos, 72 kV, 1250 A, 31,5 kA;
- Um Conjunto de estruturas de aço ou de concreto para suporte de equipamentos, de barramentos e dos cabos da linha de transmissão e cabos guardas.

### 8.1.2 Subestação de Salgado II

A subestação elevadora da usina hidrelétrica de Salgado II será constituída por:

- Um Pórtico de entrada e saída;
- Um Vão de transformador.

A subestação de Salgado II será formada pelos seguintes equipamentos:

- Três Pára-raios, monofásicos, 60 kV, 10 kA;
- Três Transformadores de Potencial, monofásicos, 72 kV, relação 69000-115/115 V, classe de precisão para proteção 10B100, para medição 0,3P75;
- Um Secionador com lamina de terra, trifásico, 72 kV, 630 A, motorizada, abertura central;
- Três Transformadores de Corrente, monofásicos, 72 kV, relação 300/150-5-5 A, classe de precisão para proteção 10B100, para medição 0,3C50;
- Um Disjuntor, trifásico, 72 kV, 1250 A, 31,5 kA;
- Um Conjunto de estruturas de aço ou de concreto para suporte de equipamentos e dos cabos da linha de transmissão e cabos guardas.

### 8.1.3 Sistema de serviços auxiliares de corrente alternada

Os serviços auxiliares em corrente alternada estão projetados de forma a garantir a segurança de pessoal e de equipamentos, bem como a integridade estrutural das subestações considerando uma operação automática e não atendida da instalação.

#### 8.1.3.1 Subestações das usinas

O sistema de corrente alternada será formado por um quadro (QDSE) alimentado através de dois circuitos provenientes do QDCA da usina hidrelétrica respectiva.

As características do quadro são:

- Tensão nominal ..... 380/220 Vca
- Formação ..... Trifásico+Neutro
- Frequência ..... 60 Hz
- Corrente Nominal ..... 100 A



## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

- Corrente de Curto Circuito ..... 15 kA

### **8.1.4 Sistema de serviços auxiliares de corrente contínua**

Os serviços auxiliares em corrente contínua estão projetados de forma a alimentar com alta segurança os dispositivos de comando, controle e proteção das subestações, considerando-se uma operação automática e não atendida da instalação.

O sistema de corrente contínua da subestação será alimentado através de dois circuitos provenientes do QDCC da usina hidrelétrica respectiva.

As características do sistema são:

- Tensão nominal ..... 125 Vcc
- Formação ..... Positivo e Negativo isolados
- Corrente Nominal ..... 30 A
- Corrente de Curto Circuito ..... 10 kA

### **8.1.5 Sistema de Iluminação e Tomadas**

O sistema de iluminação proporcionará o iluminamento adequado às diversas áreas das subestações, dimensionado de acordo com a importância do ambiente atendido ou do tipo de serviço que determinado equipamento realiza, levando-se em conta que, em certos ambientes, um nível mínimo de iluminamento deverá ser mantido sob quaisquer condições de operação, bem como o regime de operação não assistida.

Haverá iluminação de balizamento nas áreas externas e onde possa ocorrer circulação de pessoal, a iluminação será projetada para garantir um iluminamento mínimo de 5 lux. Nas áreas com equipamentos manobráveis, será previsto um iluminamento mínimo de 15 lux, bem como a possibilidade de instalação de projetores portáteis.

Serão instaladas nas áreas externas:

- Projetores de uso interno ou externo para lâmpada vapor de sódio 400W, instalado nas estruturas;
- Tomadas para distribuição de energia no pátio em circuito monofásico 220 Vca;

### **8.1.6 Sistema de Vias de Cabos**

O sistema de vias de cabos da subestação deverá ser implantado em canaletas de alvenaria no pátio de manobras e em eletrodutos de aço galvanizado a fogo para a interligação com os equipamentos de pátio.

Internamente nas canaletas, os cabos deverão ser suportados e separados em níveis de acordo com funções específicas (media tensão/baixa tensão ca/controle/telecomunicação).

Os eletrodutos para acoplamento aos equipamentos também deverão conter cabos de mesma função e serem flexíveis.

### **8.1.7 Sistema de Fiação**

O sistema de fiação compreenderá o conjunto de cabos e fios isolados necessários à interligação dos equipamentos entre a subestação e a Usina hidrelétrica. Estão considerados todos os cabos utilizados na distribuição de energia, comando, controle, proteção, telefonia e iluminação.

Serão considerados os seguintes requisitos gerais na definição dos cabos :



## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

---

- resistência térmica;
- resistência mecânica;
- resistência à umidade e aos agentes externos;
- resistência ao fogo e características de não propagação de chama;
- características de dobramento e flexibilidade.

### 8.1.7.1 Tipos de Cabos

As categorias de cabos são as seguintes:

- Cabos de Controle, com isolamento termoplástico ou termoestável, classe 600 V multipolares, blindados ou não, com condutores de cobre;
- Cabos de iluminação, com isolamento termoplástico de PVC, classe 600 V, podendo ser unipolares ou multipolares, com condutores de cobre têmpera mole, e bitola mínima de 2,5 mm<sup>2</sup>;
- Cabos de energia, em baixa tensão (0,6 a 1 kV) com três condutores de seção mínima de 4 mm<sup>2</sup> e máxima de 50 mm<sup>2</sup> e cabos de 1 condutor para seções superiores a 50 mm<sup>2</sup>;
- Cabos de energia, em média tensão (maior que 1 kV) com um condutor com seção mínima de 25 mm<sup>2</sup>;
- Cabos tipo telefônico, multipares, blindados para Sistema de Controle Digital.

Serão utilizados cabos de quatro condutores para ligação de transformadores de instrumentos, cabos de até doze condutores para os sistemas de controle de 125 Vcc e cabos de até 50 pares no Sistema Digital de Supervisão e Controle (SDSC).

Os cabos serão dimensionados de acordo com suas aplicações, respeitando-se as quedas máximas de tensões ditadas por normas ou suportadas pelas cargas, e pelas elevações máximas de temperatura em regime e em condições de curto-circuito. Porém, em qualquer condição, as quedas de tensão entre os terminais de saída dos transformadores de serviços auxiliares e as cargas serão no máximo de 6% sobre o valor nominal, para circuitos de iluminação, 8%, para outras utilizações, respeitando-se uma queda parcial de 2% nos circuitos terminais de iluminação. Os circuitos terminais para motores serão dimensionados para no mínimo 125% do valor nominal da corrente de carga.

### 8.1.8 Sistema de Aterramento

O sistema de aterramento foi dimensionado conforme norma IEEE 80/1976 levando em consideração um solo com resistividade de 1000 Ωm.

Para cálculo da resistência de aterramento da instalação, bem como de potenciais perigosos, nas subestações e usinas hidrelétricas, no projeto executivo, deverão ser realizadas medições para obtenção da resistividade do solo na região das instalações, através do método de WERNER.

As subestações deverão ser providas de um sistema de aterramento constituído por cabos de cobre nu enterrados a uma profundidade mínima de 60 cm, interconectados por soldagem decorrente de processo exotérmico.

Os condutores principais da malha de aterramento serão lançados longitudinalmente aos vãos para receber os cabos de aterramento dos equipamentos e estruturas.

Junto aos equipamentos que operam aterrados, como pára-raios, e nos locais de aterramento de neutros de transformadores, o sistema deverá ser complementado com a instalação de hastes de aterramento.





## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

---

No dimensionamento do cabo da malha foi adotado um tempo de eliminação da falta de um segundo, para cálculo dos potenciais deverá ser adotado um tempo de falta de 0,5 segundos.

O espaçamento entre condutores da malha foi estabelecido em função do controle das tensões de toque, passo e corrente de malha. A bitola dos cabos da malha será definida em função das correntes de curto circuito previstas para o local, adotando-se como bitola mínima por 95 mm<sup>2</sup> razão dos esforços mecânicos do lançamento e instalação.

O alambrado das subestações foi incluído no sistema de aterramento, seccionando-se o mesmo sob as saídas ou entradas de linhas.

Os alambrados foram conectados a malha de aterramento e foi estendido, externamente à área por eles delimitada para controle da tensão de toque nos mesmos, um cabo à distância de 1 m.

As estruturas e partes metálicas não energizadas dos equipamentos foram conectadas à malha de aterramento por meio de cabos de cobre nu de bitola mínima 70 mm<sup>2</sup>.

A malha tem características suficientes para garantir que as diferenças de potencial locais se situem dentro dos limites aceitáveis por norma inclusive no tocante à resistência de aterramento.

O sistema de aterramento de cada subestação de usina será interligado ao sistema de aterramento da usina hidrelétrica respectiva.

### **8.1.9 Sistema de Proteção Atmosférica**

Todas as subestações terão seus equipamentos e instalações protegidas contra descargas atmosféricas.

Para tanto, deverão ser empregadas hastes, pára-raios e utilizados cabos guarda em posições estudadas para que se consiga uma proteção adequada a todas as instalações.

Todos os equipamentos utilizados para a proteção atmosférica deverão ser rigidamente conectados na malha de terra da subestação.

## **8.2 Usinas Hidrelétricas**

### **8.2.1 Geradores e Equipamentos Associados**

São considerados equipamentos associados todos os sistemas auxiliares elétricos ou mecânicos diretamente ligados às unidades geradoras:

- Equipamentos de aterramento do neutro dos geradores (para cada unidade geradora);
- Equipamentos de proteção contra surtos e transformadores de potencial (para cada unidade geradora);
- Equipamentos de proteção contra surtos e transformadores de potencial (para cada unidade geradora);
- Transformadores de corrente para proteção, controle, supervisão, reguladores de tensão e velocidade (para cada unidade geradora);
- Equipamentos de proteção contra circulação de corrente pelos mancais da unidade (para cada unidade geradora);
- Sistemas de excitação completo com reguladores de tensão automático digital e transformadores de excitação (para cada unidade geradora);
- Sistemas de aquecimento dos geradores (para cada unidade geradora);





## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

- Sistemas de frenagem e levantamento acoplado ao eixo da unidade, completo com unidade pneumática e hidráulica, válvulas, detetores de pressão, tubulações, moto-bomba, reservatório de ar e óleo, dispositivos de controle do sistema (para cada unidade geradora);
- Sistemas de resfriamento do gerador e mancais, completo incluindo trocadores de calor, moto-bombas (se o sistema exigir), detetores de temperatura, vazão, pressão, válvulas, tubulações, dispositivos de controle do sistema (para cada unidade geradora);
- Conjuntos de instrumentos, sensores e dispositivos de supervisão dos equipamentos e sistemas auxiliares acima relacionados (para cada unidade geradora);
- Sistemas de monitoramento contínuo das oscilações do eixo e temperaturas da unidade (para cada unidade geradora).

Os geradores e equipamentos associados das usinas hidrelétricas são compostos por:

- Tipo .....horizontal
- Fator de Potência Indutivo ..... 0,90
- Frequência (Hz) ..... 60
- Tensão nominal de geração (kV) ..... 6,9

<b>USINA HIDRELÉTRICA SALGADO I</b>				
	<b>UNIDADE 01</b>	<b>UNIDADE 02</b>	<b>UNIDADE 03</b>	<b>UNIDADE 04</b>
ACOPLADOS A TURBINAS TIPO	FRANCIS HORIZONTAL SIMPLES	FRANCIS HORIZONTAL SIMPLES	FRANCIS HORIZONTAL SIMPLES	FRANCIS HORIZONTAL SIMPLES
POTÊNCIA NOMINAL	10 MVA	10 MVA	6,67 MVA	3,33 MVA
POTÊNCIA ATIVA	9 MW	9 MW	6 MW	3 MW
ROTAÇÃO	400 rpm	400 rpm	514,29 rpm	720 rpm

<b>USINA HIDRELÉTRICA SALGADO II</b>				
	<b>UNIDADE 01</b>	<b>UNIDADE 02</b>	<b>UNIDADE 03</b>	<b>UNIDADE 04</b>
ACOPLADOS A TURBINAS TIPO	FRANCIS HORIZONTAL SIMPLES	FRANCIS HORIZONTAL SIMPLES	FRANCIS HORIZONTAL SIMPLES	FRANCIS HORIZONTAL SIMPLES
POTÊNCIA NOMINAL	9,44 MVA	9,44 MVA	6,11 MVA	3,33 MVA
POTÊNCIA ATIVA	8,5 MW	8,5 MW	5,5 MW	3 MW
ROTAÇÃO	400 rpm	400 rpm	514,29 rpm	720 rpm

### 8.2.2 Sistema de Média Tensão

O Sistema de Média Tensão são constituídos de cubículos equipados com disjuntores, seccionadores, transformadores de corrente, etc. que, recebendo alimentação proveniente das unidades geradoras alimentará um transformador elevador, e o transformador de serviços auxiliares.

O Sistema de Média Tensão, na tensão de 7,2 kV, trifásico será constituído por:



## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

### 8.2.2.1 Usina Hidrelétrica Salgado I

Conforme diagrama unifilar nº EN.B/III.DS.EL.0006 - página 133 do caderno de desenhos.

- um cubículo de saída para transformador elevador, composto por: seccionador trifásico de abertura em carga, transformadores de corrente e sistema de intertravamento;
- quatro cubículos para receber alimentação dos geradores, cada um composto com disjuntor extraível;
- um cubículo para alimentação do transformador de serviços auxiliares, transformadores de potencial e de serviços auxiliares composto por: seccionador fusível, transformadores de potencial para sincronização e transformador de força para serviços auxiliares, seco, com isolamento em resina epóxi.

### 8.2.2.2 Usina Hidrelétrica Salgado II

Conforme diagrama unifilar nº EN.B/III.DS.EL.0014 - página 149 do caderno de desenhos.

- um cubículo de saída para transformador elevador, composto por: seccionador trifásico de abertura em carga, transformadores de corrente e sistema de intertravamento;
- quatro cubículos para receber alimentação dos geradores, cada um composto com disjuntor extraível;
- um cubículo para alimentação do transformador de serviços auxiliares, transformadores de potencial e de serviços auxiliares composto por: seccionador fusível, transformadores de potencial para sincronização e transformador de força para serviços auxiliares, seco, com isolamento em resina epóxi.

### 8.2.2.3 Corrente nominal dos circuitos

Corrente nominal dos disjuntores ou seccionador do transformador de serviços auxiliares – conforme tabela a seguir:

CORRENTE NOMINAL					
	UNIDADE 01	UNIDADE 02	UNIDADE 03	UNIDADE 04	TRAFO
UHE SALGADO I	1250 A	1250 A	630 A	630 A	200 A
UHE SALGADO II	1250 A	1250 A	630 A	630 A	200 A

### 8.2.2.4 Correntes nominais de Curta Duração e Potência de Curto Circuito

Corrente nominal suportável de curta duração, um segundo e potência de curto circuito – conforme tabela a seguir:

CORRENTE DE CURTO CIRCUITO E POTÊNCIA DE CURTO CIRCUITO		
	UHE SALGADO I	UHE SALGADO II
CORRENTE DE CURTO CIRCUITO	42 kA	40 kA
POTÊNCIA DE CURTO CIRCUITO	500 MVA	479 MVA



## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

---

### **8.2.3 Equipamentos de Proteção das Unidades Geradoras e Subestações**

Como o sistema de proteção além de assegurar a integridade das unidades individualmente será integrado a todo o empreendimento e portanto o Trecho III será interligado ao sistema definido no Trecho I, apresenta-se a seguir a formação deste sistema que está detalhado na especificação técnica de proteção.

#### **8.2.3.1 Usina Hidrelétrica de Salgado I**

Conforme diagrama unifilar nº EN.B/III.DS.EL.0006 - página 133 do caderno de desenhos.

- quatro Sistemas de Proteção das Unidades Geradoras (PPU1 a PPU4).
- um Sistema de Proteção da Linha de Transmissão de 69 kV e Transformador Elevador (PPL1).
- um Sistema de Proteção da Linha de Transmissão de 69 kV (PPL2).

#### **8.2.3.2 Usina Hidrelétrica Salgado II**

Conforme diagrama unifilar nº EN.B/III.DS.EL.0014 - página 149 do caderno de desenhos.

- três Sistemas de Proteção das Unidades Geradoras (PPU1 a PPU4).
- um Sistema de Proteção da Linha de Transmissão de 69 kV e Transformador Elevador (PPL1).

#### **8.2.3.3 Sistema de Monitoração Remoto das Proteções**

Equipamentos (*Hardware*), acessórios e programas (*Software*) necessários à monitoração remota de todos os sistemas de proteção, a partir do Centro de Controle e Operação CCO instalado na EBI - 3 do Trecho I.

### **8.2.4 Transformadores Elevadores**

A tensão de geração em 6,9 kV será elevada para 69 kV através de transformadores elevadores instalados junto a casa de força como segue:

#### **8.2.4.1 Usina Hidrelétrica de Salgado I**

Um transformador de força, trifásico, 24/30 MVA, relação 6,9-69 (+/- 2 X 2,5 %) kV, 60 HZ, ONAN/ONAF, com TCs na bucha de alta relação 300/150-5 A, classe de precisão 10B100.

#### **8.2.4.2 Usina Hidrelétrica de Salgado II**

Um transformador de força, trifásico, 23/29 MVA, relação 6,9-69 (+/- 2 X 2,5 %) kV, 60 HZ, ONAN/ONAF, com TCs na bucha de alta relação 300/150-5 A, classe de precisão 10B100.

### **8.2.5 Sistema de Serviços Auxiliares de Corrente Alternada**

O Sistema de Serviços Auxiliares de Corrente Alternada é constituído por transformadores de serviços auxiliares, quadros de distribuição das usinas hidrelétricas e grupos diesel geradores. As tensões de utilização para os serviços auxiliares de corrente alternada é de 380/220 Vca.

Em cada usina o sistema de serviços auxiliares de corrente alternada, na tensão de 380/220 V, trifásico será constituído por:

#### **8.2.5.1 Usinas Hidrelétricas de Salgado I e Salgado II**

Conforme diagrama unifilar nº EN.B/II.DS.EL.0002 - página 153 do caderno de desenhos.



## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

- um transformador trifásico, 6.900-380/220 Vca, 250 kVA, seco, AN, encapsulados em epóxi, conforme norma NBR10295, completo com todos os acessórios de norma, transformador de corrente de neutro;
- um quadro de distribuição de corrente alternada QDCA, completo com alimentadores provenientes do transformador de serviços auxiliares, alimentador proveniente do grupo diesel gerador, disjuntor de interligação, alimentadores de cargas, demarradores de motores, transformadores de corrente, sistema de proteção, sistema de medição, sistema de intertravamento;
- um grupo diesel gerador trifásico, 125 kVA, 380/220 Vca, completo com painel PCGD com alimentador para QDCA, transformadores de corrente, sistema de proteção, sistema de medição, sistema de intertravamento.

### 8.2.6 Sistema de Serviços Auxiliares de Corrente Contínua

O sistema de serviços auxiliares de corrente contínua será constituído por carregadores de baterias, baterias e quadros de distribuição.

As tensões de utilização para os serviços auxiliares de corrente contínua é de 125 Vcc para comando, controle e proteção, a tensão 48 Vcc a ser utilizada em telecomunicação será proveniente de conversores 125-48 Vcc a ser instalado nos quadros de telecomunicação.

O sistema de serviços auxiliares de corrente contínua, na tensão de 125 Vcc, positivo e negativo isolados de cada Usina Hidrelétrica será constituído por:

- dois carregadores de baterias entrada trifásica 380 Vca, saída 125 Vcc, 10 kVA, 75 A, alimentados através do QDCA, com unidade de diodos de queda;
- duas baterias com 60 elementos tensão nominal 125 V, 350 Ah/10horas, alimentada pelos carregadores;
- um quadro de distribuição de corrente contínua QDCC, completo com alimentadores provenientes dos retificadores através da unidade de diodos de queda, alimentadores de cargas, *shunt*, sistema de proteção, sistema de medição.

### 8.2.7 Sistema de Iluminação e Tomadas

O sistema de iluminação proporcionará o iluminamento adequado às diversas áreas da Usina hidrelétrica, dimensionado de acordo com a importância do ambiente atendido ou do tipo de serviço que determinado equipamento realiza, levando-se em conta que, em certos ambientes, um nível mínimo de iluminamento deverá ser mantido sob quaisquer condições de operação, bem como o regime de operação não assistida.

Na área interna da Usina hidrelétrica haverá dois níveis de iluminamento com valores definidos de acordo com a NBR-5413, um, para operação normal, e outro, para serviços de manutenção, além de iluminação suplementar localizada, quando necessário. A iluminação de emergência, nas áreas onde podem ser realizados serviços, será dimensionada para níveis de 30 lux.

Além do previsto acima haverá iluminação de balizamento nas áreas externas e onde possa ocorrer circulação de pessoal, a iluminação será projetada para garantir um iluminamento mínimo de 5 lux. Nas áreas com quadros elétricos, vestiários e sala de baterias, será previsto um iluminamento mínimo de 150 lux, além de iluminamento localizado de 350 lux para a sala de controle, bem como a possibilidade de instalação de projetores portáteis.

Serão instaladas nas áreas externas:

- Projetores de uso interno ou externo para lâmpada vapor de sódio 400W, instalado nas estruturas;



## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

---

Serão instaladas nas áreas internas da Usina hidrelétrica:

- Luminária de sobrepor/embutir (2x) 40 W, para uso interno, instalada na sala de painéis elétricos, sala de controle, vestiários e sala de quadros elétricos;
- Luminária para lâmpada incandescente (1x) 150 W para uso interno, instalada na área do grupo diesel gerador e compressor;
- Luminária para lâmpada incandescente (1x) 150 W, a prova de gases e vapores, para uso interno, instalada na sala de baterias;
- Tomadas para distribuição de energia na Usina hidrelétrica em circuito monofásico 220 Vca;
- Tomadas para distribuição de energia na Usina hidrelétrica em circuito trifásico 380 Vca.

### **8.2.8 Sistema de Vias de Cabos**

O sistema de vias de cabos das usinas hidrelétricas deverá ser implantado em bandejas de aço galvanizado, largura 500 mm, aba 150 mm e em eletrodutos flexíveis com conectores para ligação aos equipamentos e motores.

Internamente às bandejas, os cabos deverão ser suportados e separados em níveis de acordo com funções específicas (média tensão/baixa tensão ca/controle/telecomunicação).

Os eletrodutos para acoplamento aos equipamentos também deverão conter cabos de mesma função.

### **8.2.9 Sistema de Fiação**

O sistema de fiação compreenderá o conjunto de cabos e fios isolados necessários à interligação dos equipamentos, entre os equipamentos e o sistema de proteção e entre os equipamentos e o sistema de controle. Estão considerados todos os cabos utilizados na distribuição de energia, comando, controle, proteção, telefonia e iluminação.

Serão considerados na definição dos cabos os seguintes requisitos gerais:

- resistência térmica;
- resistência mecânica;
- resistência à umidade e aos agentes externos;
- resistência ao fogo e características de não propagação de chama;
- características de dobramento e flexibilidade.

#### **8.2.9.1 Tipos de Cabos**

As categorias de cabos são as seguintes:

- Cabos de Controle, serão cabos com isolamento termoplástico ou termoestável, classe 600 V, multipolares, blindados ou não, com condutores de cobre;
- Cabos de iluminação, serão cabos com isolamento termoplástico de PVC, classe 600 V, podendo ser unipolares ou multipolares, com condutores de cobre têmpera mole, e bitola mínima de 2,5 mm<sup>2</sup>;
- Cabos de energia, em baixa tensão (0,6 a 1 kV) serão cabos de três condutores com seção mínima de 4 mm<sup>2</sup> e máxima de 50 mm<sup>2</sup> e cabos de 1 condutor para seções superiores a 50 mm<sup>2</sup>;
- Cabos de energia em média tensão (maior que 1 kV), serão cabos de um condutor com seção mínima de 25 mm<sup>2</sup>;



## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

---

- Cabos tipo telefônico, multipares, blindados para Sistema de Controle Digital.

Serão utilizados cabos de quatro condutores para ligação de transformadores de instrumentos, cabos de até doze condutores para os sistemas de controle de 125 Vcc e cabos de até 50 pares no Sistema Digital de Supervisão e Controle (SDSC).

Os cabos serão dimensionados de acordo com suas aplicações, respeitando-se as quedas máximas de tensões ditadas por normas ou suportadas pelas cargas, e pelas elevações máximas de temperatura em regime e em condições de curto-circuito. Porém, em qualquer condição, as quedas de tensão entre os terminais de saída dos transformadores de serviços auxiliares e as cargas serão no máximo de 6% sobre o valor nominal, para circuitos de iluminação, 8%, para outras utilizações, respeitando-se uma queda parcial de 2% nos circuitos terminais de iluminação. Os circuitos terminais para motores serão dimensionados para no mínimo 125% do valor nominal da corrente de carga.

### **8.2.10 Sistema de Aterramento**

O sistema de aterramento foi dimensionado conforme norma IEEE 80/1976 levando em consideração um solo com resistividade de 1.000  $\Omega\text{m}$ .

Para cálculo da resistência de aterramento da instalação, bem como de potenciais perigosos, nas usinas hidrelétricas e subestações, no projeto executivo, deverão ser realizadas medições para obtenção da resistividade do solo na região das instalações, através do método de WERNER.

As usinas hidrelétricas foram providas de um sistema de aterramento constituído por cabos de cobre nu sobre o solo escavado interconectados por soldagem decorrente de processo exotérmico, interligação da malha com as ferragens estruturais também através de conexões exotérmicas.

Os condutores principais que sobem para os níveis superiores serão conectados a placas de aterramentos, possibilitando a conexão dos equipamentos e partes metálicas não energizáveis ao sistema de aterramento.

A bitola mínima dos condutores principais foi adotada em 95 mm<sup>2</sup> em função dos esforços mecânicos do lançamento e instalação.

No dimensionamento do cabo da malha foi adotado um tempo de eliminação da falta de um (01) segundo, para cálculo dos potenciais deverá ser adotado um tempo de falta de 0,5 segundos.

As estruturas e partes metálicas não energizadas dos equipamentos serão conectadas à malha de aterramento por meio de cabos de cobre nu de bitola mínima 25 mm<sup>2</sup>.

A malha terá características suficientes para garantir que as diferenças de potencial locais se situem dentro dos limites aceitáveis por norma inclusive no tocante à resistência de aterramento.

O sistema de aterramento das usinas hidrelétricas serão interligados ao sistema de aterramento das subestações.

### **8.2.11 Sistema de Proteção Atmosférica**

Todas as usinas deverão ter seus equipamentos e instalações protegidas contra descargas atmosféricas.

Para tanto deverão ser empregadas hastes, pára-raios e utilizados cabos guarda em posições estudadas para que se consiga uma proteção adequada a todas as instalações.

Todos os equipamentos utilizados para a proteção atmosférica deverão ser rigidamente conectados na malha de terra da usina hidrelétrica.



## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

### 8.3 Estruturas de Controle

O sistema de serviços auxiliares de corrente alternada de cada estrutura de controle será alimentado através de um circuito proveniente de concessionária local e um circuito proveniente de grupo diesel gerador.

As características do sistema são:

- Tensão nominal ..... 380/220 Vca
- Formação ..... Trifásico+Neutro
- Frequência ..... 60 Hz
- Corrente Nominal ..... 100 A
- Corrente de Curto Circuito ..... 10 kA

Em cada estrutura de controle o sistema de serviços auxiliares de corrente alternada, na tensão de 380/220 V, trifásico será constituído por:

- um transformador trifásico com tensão secundária 380/220 Vca, 30 kVA, seco, AN, encapsulados em epóxi, conforme norma NBR10295, completo com todos os acessórios de norma, transformador de corrente de neutro;
- um quadro de distribuição de corrente alternada QDRE, completo com alimentador proveniente do transformador de serviços auxiliares, alimentador proveniente do grupo diesel gerador, alimentadores de cargas, demarradores de motores da central oleodinâmica, transformadores de corrente, sistema de proteção, sistema de medição, sistema de intertravamento, com espaço para instalação de uma UAC de fornecimentos do sistema de comando e controle;
- um grupo diesel gerador trifásico, 32 kVA, 380/220 Vca, completo com painel PCGD com alimentador para QDRE, transformadores de corrente, sistema de proteção, sistema de medição, sistema de intertravamento.

#### 8.3.1 Sistema de Iluminação e Tomadas

O sistema de iluminação proporcionará o iluminamento adequado às diversas áreas da estrutura de controle.

Na casa com central oleodinâmica e quadro elétrico, o nível de iluminamento previsto é de 150 lux, na área externa o nível previsto é de 15 lux.

Serão instaladas nas áreas externas e internas:

- Projetores de uso externo para lâmpada vapor de sódio 250W, instalado nas estruturas;
- Luminária de sobrepor/embutir (2x) 40 W, para uso interno;
- Tomadas para distribuição de energia na Usina hidrelétrica em circuito monofásico 220 Vca;
- Tomadas para distribuição de energia na Usina hidrelétrica em circuito trifásico 380 Vca

#### 8.3.2 Sistema de Vias de Cabos

O sistema de vias de cabos das estruturas de controle deverá ser implantado em eletrodutos de aço galvanizado e em eletrodutos flexíveis com conectores para ligação aos equipamentos e motores





## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

### 8.3.3 Sistema de Fiação

O sistema de fiação compreenderá o conjunto de cabos e fios isolados necessários à interligação dos equipamentos, entre os equipamentos e o sistema de proteção, entre os equipamentos e o sistema de controle. Estão considerados todos os cabos utilizados na distribuição de energia, comando, controle, proteção, telefonia e iluminação.

Serão considerados na definição dos cabos os seguintes requisitos gerais:

- resistência térmica;
- resistência mecânica;
- resistência à umidade e aos agentes externos;
- resistência ao fogo e características de não propagação de chama;
- características de dobramento e flexibilidade.

#### 8.3.3.1 Tipos de Cabos

As categorias de cabos são as seguintes:

- Cabos de Controle, serão cabos com isolamento termoplástico ou termoestável, classe 600 V multipolares, blindados ou não, com condutores de cobre;
- Cabos de iluminação, serão cabos com isolamento termoplástico de PVC, classe 600 V, podendo ser unipolares ou multipolares, com condutores de cobre têmpera mole, e bitola mínima de 2,5 mm<sup>2</sup>;
- Cabos de energia, em baixa tensão, (0,6 a 1 kV), serão cabos de três condutores com seção mínima de 4 mm<sup>2</sup> e máxima de 50 mm<sup>2</sup> e, cabos de 1 condutor para seções superiores a 50 mm<sup>2</sup>;
- Cabos tipo telefônico, multipares, blindados para Sistema de Controle Digital.

Os cabos serão dimensionados de acordo com suas aplicações, respeitando-se as quedas máximas de tensões ditadas por normas ou suportadas pelas cargas, e pelas elevações máximas de temperatura em regime e em condições de curto-circuito. Porém, em qualquer condição, as quedas de tensão entre os terminais de saída dos transformadores de distribuição e as cargas serão no máximo de 6% sobre o valor nominal, para circuitos de iluminação, 8%, para outras utilizações, respeitando-se uma queda parcial de 2% nos circuitos terminais de iluminação. Os circuitos terminais para motores serão dimensionados para no mínimo 125% do valor nominal da corrente de carga.

### 8.3.4 Sistema de Aterramento

O sistema de aterramento considerado foi o de triangulo de terra.

O sistema de aterramento constituído por hastes de aterramento, cabos de cobre nu interconectados por soldagem decorrente de processo exotérmico.

As estruturas e partes metálicas não energizadas dos equipamentos e cercas, serão conectadas ao sistema de aterramento por meio de cabos de cobre nu de bitola mínima 25 mm<sup>2</sup>.

### 8.3.5 Sistema de Proteção Atmosférica

A estrutura de controle deverá ter seus equipamentos e instalações protegidas contra descargas atmosféricas.

Para tanto deverão ser empregados pára-raios tipo Franklin em posições estudadas para que se consiga uma proteção adequada a todas as instalações.





## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

Todos os equipamentos utilizados para a proteção atmosférica deverão ser rigidamente conectados ao sistema de aterramento da estrutura de controle.

### 8.3.6 Tomadas D'água de Uso Difuso

O sistema de serviços auxiliares de corrente alternada de cada tomada d'água de uso difuso será alimentado através de 01 (um) circuito proveniente de concessionária local e 01 (um) circuito proveniente de grupo diesel gerador.

As características do sistema são:

- Tensão nominal ..... 380/220 Vca
- Formação ..... Trifásico+Neutro
- Freqüência ..... 60 Hz
- Corrente de Curto Circuito ..... 10 kA

Em cada tomada d'água de uso difuso o sistema de serviços auxiliares de corrente alternada, na tensão de 380/220 V, trifásico será constituído por:

- um transformador trifásico com tensão secundária 380/220 Vca, potência de acordo com o tipo de tomada d'água de uso difuso, seco, AN, encapsulados em epóxi, conforme norma NBR10295, completo com todos os acessórios de norma, transformador de corrente de neutro;
- um quadro de distribuição de corrente alternada QDUD, completo com alimentador proveniente do transformador de serviços auxiliares, alimentador proveniente do grupo diesel gerador, alimentadores de cargas, demarradores de motores das bombas, transformadores de corrente, sistema de proteção, sistema de medição, sistema de intertravamento, com espaço para instalação de uma UAC de fornecimentos do sistema de comando e controle;
- um grupo diesel gerador trifásico, 32 kVA, 380/220 Vca, completo com painel PCGD com alimentador para QDUD, transformadores de corrente, sistema de proteção, sistema de medição, sistema de intertravamento.

### 8.3.7 Sistema de Iluminação e Tomadas

O sistema de iluminação proporcionará o iluminamento adequado às diversas áreas da tomada d'água de uso difuso.

Na tomada d'água de uso difuso, o nível de iluminamento previsto é de 150 lux para área interna e na área externa o nível previsto é de 15 lux.

Serão instaladas nas áreas externas e internas:

- Projetores de uso externo para lâmpada vapor de sódio 250 W, instalado nas estruturas;
- Luminária de sobrepor/embutir (2x) 40 W, para uso interno;
- Tomadas para distribuição de energia na Usina hidrelétrica em circuito monofásico 220 Vca;
- Tomadas para distribuição de energia na Usina hidrelétrica em circuito trifásico 380 Vca

### 8.3.8 Sistema de Vias de Cabos

O sistema de vias de cabos das tomadas d'água de uso difuso deverá ser implantado em eletrodutos de aço galvanizado e em eletrodutos flexíveis com conectores para ligação aos equipamentos e motores



## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

### 8.3.9 Sistema de Fiação

O sistema de fiação compreenderá o conjunto de cabos e fios isolados necessários à interligação dos equipamentos, entre os equipamentos e o sistema de proteção e entre os equipamentos e o sistema de controle. Estão considerados todos os cabos utilizados na distribuição de energia, comando, controle, proteção, telefonia e iluminação.

Serão considerados na definição dos cabos os seguintes requisitos gerais:

- resistência térmica;
- resistência mecânica;
- resistência à umidade e aos agentes externos;
- resistência ao fogo e características de não propagação de chama;
- características de dobramento e flexibilidade.

#### 8.3.9.1 Tipos de Cabos

As categorias de cabos são as seguintes:

- Cabos de Controle, serão cabos com isolamento termoplástico ou termoestável, classe 600 V multipolares, blindados ou não, com condutores de cobre;
- Cabos de iluminação, serão cabos com isolamento termoplástico de PVC, classe 600 V, podendo ser unipolares ou multipolares, com condutores de cobre têmpera mole, e bitola mínima de 2,5 mm<sup>2</sup>;
- Cabos de energia, em baixa tensão, (0,6 a 1 kV), serão cabos de três condutores com seção mínima de 4 mm<sup>2</sup> e máxima de 50 mm<sup>2</sup> e cabos de um condutor para seções superiores a 50 mm<sup>2</sup>;
- Cabos tipo telefônico, multipares, blindados para Sistema de Controle Digital.

Os cabos serão dimensionados de acordo com suas aplicações, respeitando-se as quedas máximas de tensões ditadas por normas ou suportadas pelas cargas, e pelas elevações máximas de temperatura em regime e em condições de curto-circuito. Porém, em qualquer condição, as quedas de tensão entre os terminais de saída dos transformadores de distribuição e as cargas serão no máximo de 6% sobre o valor nominal, para circuitos de iluminação, 8%, para outras utilizações, respeitando-se uma queda parcial de 2% nos circuitos terminais de iluminação. Os circuitos terminais para motores serão dimensionados para no mínimo 125% do valor nominal da corrente de carga.

### 8.3.10 Sistema de Aterramento

O sistema de aterramento considerado foi o de triângulo de terra.

O sistema de aterramento constituído por hastes de aterramento, cabos de cobre nu interconectados por soldagem decorrente de processo exotérmico.

As estruturas e partes metálicas não energizadas dos equipamentos e cercas serão conectadas ao sistema de aterramento por meio de cabos de cobre nu de bitola mínima 25 mm<sup>2</sup>.

### 8.3.11 Sistema de Proteção Atmosférica

As tomadas d'água de uso difuso deverão ter seus equipamentos e instalações protegidas contra descargas atmosféricas.

Para tanto deverão ser empregados pára-raios tipo Franklin em posição estudada para que se consiga uma proteção adequada a toda instalação.



## Transposição de Águas do Rio São Francisco - Projeto Básico

---

Todos os equipamentos utilizados para a proteção atmosférica deverão ser rigidamente conectados ao sistema de aterramento da tomada d'água de uso difuso.