



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

Versão 1.0  
23 a 26 de Outubro de 2011  
Florianópolis - SC

**GRUPO - GTL**

**GRUPO DE ESTUDO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO E TELECOMUNICAÇÃO PARA SISTEMAS ELÉTRICOS- GTL**

**REDE HIDROMETEOROLÓGICA DA ELETROBRAS FURNAS – DESAFIOS ENFRENTADOS NO PROJETO E IMPLEMENTAÇÃO DA INFRAESTRUTURA**

**A. R. Nóbrega(\*)**  
**ELETROBRAS FURNAS S/A**

**N. C. Silva**  
**ELETROBRAS FURNAS S/A**

**O. F. Araújo**  
**ELETROBRAS FURNAS S/A**

**RESUMO**

Os dados coletados pelos sensores da Rede Hidrometeorológica da ELETROBRAS FURNAS, conforme Resolução 396/1998 da ANEEL, são usados para previsão e acompanhamento de cheias e escassez, suporte à programação da geração hidráulica e avaliações climáticas para atendimento a Licenças Ambientais. O Informe Técnico mostra os desafios encontrados e as soluções adotadas na Área de infraestrutura — aterramento elétrico, blindagem de cabos e proteção contra sobretensões transitórias —, e os critérios empregados no sistema de alimentação em corrente contínua. Já foram instaladas 21 estações hidrológicas e a Estação Central. No momento, há 42 estações sendo instaladas e previsão futura de 135 estações.

**PALAVRAS-CHAVE**

Aterramento elétrico, Rede hidrometeorológica, Paineis fotovoltaicos, Acumulador estático, Sobretensão transitória

**1.0 - INTRODUÇÃO**

A Rede Hidrometeorológica da ELETROBRAS-FURNAS atende à Resolução da ANEEL número 396 de 04.12.1998. É composta por estações remotas, denominadas *Plataforma de Coleta de Dados* (PCD), cuja função é coletar dados hidrometeorológicos através de sensores específicos, os quais são transmitidos automaticamente, via satélite, a uma Estação Central no Rio de Janeiro. Os dados serão utilizados na previsão e acompanhamento de cheias e escassez, suporte à programação da geração hidráulica e para avaliações climáticas para atendimento a Licenças Ambientais. A Rede é composta por estações Meteorológicas (com sensores de chuva, direção e velocidade de vento, radiação solar, pressão atmosférica e temperatura ambiente) e Hidrológicas. Estas últimas são compostas por: Pluviométricas (com sensores de chuva), Fluviométricas (com sensor de nível de cursos d'água) e Plu-Fluviométricas. A rede incluirá a Região Sudeste e os estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Paraná. Já foram instaladas 21 estações hidrológicas e a Estação Central. No momento há 42 estações meteorológicas em processo de instalação pela empresa e previsão de instalação futura de mais 135 estações hidrológicas complementares.

O objetivo deste artigo é mostrar os desafios encontrados e as soluções adotadas na Área de infraestrutura - aterramento, blindagem e proteção contra sobretensões transitórias - e discutir o projeto e a implementação do sistema de alimentação em corrente contínua das estações.

As estações da Rede Hidrometeorológica são distribuídas por grandes extensões territoriais e distantes da estação Central. No projeto e implementação da infraestrutura da Rede foram considerados os seguintes fatores adversos: temperaturas elevadas, descargas atmosféricas e proximidade com pátio de subestação em alta tensão, os quais representam um desafio para a equipe da empresa.

(\*) Rua Real Grandeza, 219 – Bloco B – sala 308 – Botafogo – CEP 22.283-900 – Rio de Janeiro, RJ – Brasil  
Tel: (+55 21) 2528-4919 – Fax: (+55 21) 2528-2186 – Email: anobrega@furnas.com.br

As estações meteorológicas e hidrológicas são constituídas, basicamente, pelo conjunto: PCD, sensores, painel fotovoltaico e estruturas metálicas para fixação do conjunto. As primeiras utilizam uma torre estaiada e são construídas em terreno de dimensão 10x10m, enquanto as últimas empregam posteamento metálico e são alocadas em terrenos de 3x4m. A Figura abaixo mostra uma estação meteorológica típica.



FIGURA 1 – Estação meteorológica típica.

No gabinete da PCD são instalados os equipamentos responsáveis pela transmissão dos dados coletados pelos sensores (o conjunto: *data logger*-transmissor e modem GSM), o acumulador estático, o regulador de tensão, o sensor de umidade interno e os dispositivos de proteção contra sobretensões transitórias (supressores de transientes).

## 2.0 - SISTEMA DE ATERRAMENTO DAS ESTAÇÕES

No projeto do sistema de aterramento das estações meteorológicas e hidrológicas optou-se por dois tipos de malha de terra: uma configuração para instalação em terreno rochoso (formada por cabos radiais e anéis de equipotencialidade, cujo solo deve ser tratado com material higroscópico), e uma configuração para terrenos não rochosos (formada por cabos radiais, anéis de equipotencialidade e hastes de terra). As configurações da malha de terra para estações meteorológicas e hidrológicas, instaladas em terrenos não rochosos, são mostradas nas Figuras 2 – (a) e (b) ao final do texto deste Informe Técnico (IT). Foram usados cabos e hastes de cobre nu, conectados por solda de oxi-acetileno: cabo, seção reta (#) 70mm<sup>2</sup>, enterrado a 0,5m de profundidade, e haste de terra de 19mm de diâmetro e 3,0m de comprimento.

Devido ao número de estações e à localização das mesmas em regiões distantes dos centros de manutenção, não foi possível a determinação da resistividade do solo. Optou-se pela verificação *in loco* da existência ou não de camadas de solo rochosas abaixo da superfície. Este procedimento indicou os locais onde seria possível a instalação de hastes de terra.

Para sistemas de aterramento contra descargas atmosféricas, a norma NBR5419 recomenda uma resistência de aterramento de 10ohm (1). Este valor somente é alcançado em terrenos muito úmidos e de baixa resistividade, ou utilizando-se configurações específicas de malha de terra, nas quais emprega-se uma grande quantidade de hastes e cabos de cobre enterrados. É difícil estabelecer-se um valor absoluto para a resistência de aterramento, pois o mesmo depende da aplicação do aterramento e de fatores técnicos e econômicos (2). Procedimentos mais abrangentes foram usados para garantir a eficiência do sistema de aterramento como anéis de equipotencialidade, dispositivos supressores de transientes e o uso de chapas de cobre para o aterramento dos supressores de transientes. Devido ao grande número de estações, sua localização em regiões distantes dos centros de manutenção, existência de terrenos pouco úmidos e de alta resistividade, e devido à área disponível para construção das malhas de terra (terrenos de 3x4m e 10x10m), não foi possível alcançar valores de resistência de malha da ordem de 10ohm.

O objetivo básico de um sistema de aterramento contra descargas atmosféricas é garantir que o potencial das partes metálicas — situadas acima do solo e conectadas à malha de terra — suba o mínimo possível. Em outras palavras, deseja-se evitar o surgimento de *side flashes* na ocorrência de descargas, os quais se originam deste sistema de aterramento e são direcionados para partes metálicas, aterradas ou não, situadas a poucos metros do condutor de descida (3). Por esta razão, deve-se aterrar as estruturas metálicas próximo aos condutores de descida do captor. Face à dificuldade de se reduzir a resistência de aterramento da malha de terra, conforme citado no parágrafo anterior, adotou-se anéis de equipotencialidade e cabos radiais, os quais diminuíram as diferenças de potencial na malha de terra da instalação. Adicionalmente, foram instaladas cercas aterradas ao redor do terreno da estação, evitando-se a circulação de pessoas e animais junto ao condutor de descida do captor.

Na ocorrência de uma descarga atmosférica na estação, reduz-se a resistência de aterramento inicial da malha de terra devido ao efeito da ionização do solo. Nesta condição, o valor da resistência de aterramento impulsiva atinge cerca de 5% do valor medido inicialmente para solos com resistividade de 3.000ohm.m, considerando-se uma corrente de descarga de 45kA (4). Pelo exposto acima, uma resistência de aterramento de 200ohm, medida inicialmente de forma convencional, seria reduzida para 10ohm no processo de ionização do solo, e voltaria ao valor inicial após a ocorrência da descarga. Para que a ionização do solo ocorra, é necessário que o gradiente de ionização na superfície do eletrodo enterrado seja alcançada — valor de 100 a 500kV/m. Este gradiente pode ser muito reduzido quando se aumenta o conteúdo de água no solo. Daí a importância do tratamento do solo da malha de terra usando-se material higroscópico, o qual retém a umidade do solo junto à superfície do eletrodo enterrado. Em outras palavras, aumentando-se o conteúdo de água no solo, reduz-se o gradiente de ionização do mesmo e a resistividade correspondente. Porém, não há uma correlação direta entre o gradiente de ionização e a resistividade, pois esta última também depende da quantidade de sal no solo (4).

No projeto de aterramento da estação, os equipamentos eletrônicos sensíveis foram alocados no interior do gabinete metálico da PCD. O "terra eletrônico" destes equipamentos foi conectado à malha de terra da estação por apenas um ponto, evitando-se a circulação de correntes elevadas no interior do gabinete da PCD, a qual poderia danificar os circuitos eletrônicos.

As estruturas metálicas da estação, compostas pelo gabinete da PCD, estruturas metálicas de sustentação e suportes de sensores, foram firmemente interconectadas, evitando-se o surgimento de centelhamentos na ocorrência de descargas na estação. Adicionalmente, estas estruturas metálicas foram ligadas à malha de terra através de um único ponto (ponto de aterramento geral).

No interior do gabinete da PCD, o terminal de aterramento dos dispositivos supressores de transientes, os quais são caracterizados no próximo item do Informe Técnico, foi conectado à carcaça do gabinete da PCD através de chapa metálica.; Esta deve apresentar baixa impedância na faixa de frequências dos transientes causados por descargas atmosféricas (até 1MHz). Este ponto de aterramento dos supressores de transientes, internos à PCD, é o mesmo ponto usado para o aterramento externo do gabinete metálico.

Nas estações meteorológicas instaladas em campo aberto, cujos sensores estão distantes mais de 30 metros do gabinete da PCD, os cabos de aquisição de dados foram blindados em toda sua extensão, através de uma malha externa de fios de cobre estanhados. A extremidade da blindagem, junto à PCD, foi conectada à malha de terra da estação no ponto de aterramento geral da estação. A outra extremidade, junto ao sensor, foi isolada. Preferencialmente, este sensor não deve ser fixado no solo por intermédio de hastes metálicas ou outro conector equivalente, que possa representar um ponto de aterramento local. Para terrenos arenosos, foram instaladas, ainda, hastes de terra ao longo do percurso do cabo de sinal entre a PCD e o sensor, as quais foram interconectadas por cabo de cobre enterrado, e espaçadas de 5 em 5 metros.

### 3.0 - PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

As estações da rede hidrometeorológica foram instaladas em campo aberto, onde estão sujeitas à incidência direta de descargas atmosféricas. Foram instalados, ainda, próximo a barramentos em alta tensão de uma subestação da empresa, as quais ficam suscetíveis a campos eletromagnéticos elevados e a distúrbios causados por manobras de operação na subestação. Melhorias nesta Área já foram implementadas pelos autores anteriormente (Referências de 5 a 10).

O sistema de proteção contra descargas atmosféricas das estações é composto pelo subsistema de aterramento, pelo captor e condutores de descida correspondentes e, ainda, pelos supressores de transientes instalados no interior do gabinete da PCD. As características principais deste sistema de proteção são listadas abaixo:

- Devido às dimensões das estações meteorológicas, empregou-se apenas um captor tipo Franklin, o qual foi instalado no topo da estrutura metálica de fixação da PCD. Para a drenagem da corrente de descargas utilizou-se apenas um condutor de descida, devido à restrição imposta pela posição dos sensores fixados à estrutura. Neste caso, a própria estrutura metálica de fixação (torre ou posteamento) atuaria como condutor de descida adicional.
- Todos os conectores de entrada e saída da PCD — para atendimento aos sensores meteorológicos, transmissão de sinais em rádio frequência (RF) e sistema de alimentação externa em corrente contínua (painel fotovoltaico), com exceção do conector ao micro de manutenção —, foram protegidos contra distúrbios eletromagnéticos transitórios, sobretudo transientes induzidos por descargas atmosféricas.
- Os supressores de transientes apresentam tempo de resposta da ordem de nanosegundo, para forma de onda 8x20µs com corrente de pico máxima de 10kA. Apresentam, ainda, tensão de grampeamento compatível com a máxima tensão de linha suportável pelos equipamentos eletrônicos instalados na PCD.

- Os supressores para atendimento aos sensores meteorológicos foram instalados dentro de um compartimento metálico exclusivo no gabinete da PCD, evitando-se o efeito de uma eventual ruptura do isolamento do supressor decorrente da atuação do mesmo.

- Os supressores de transientes do cabo coaxial da antena de RF e do painel fotovoltaico, cujo tempo de resposta é menor que 3,5ns, foram instalados separadamente na parte inferior do gabinete da PCD, e suas bases foram conectadas à chapa metálica da carcaça do mesmo.

- No interior do gabinete da PCD, o cabo de entrada dos supressores (proveniente dos sensores externos) não foi instalado em paralelo com o cabo de saída destes supressores. Em outras palavras, possíveis sobretensões induzidas no cabo de entrada dos sensores poderiam induzir sobretensões no cabo de saída dos supressores, as quais poderiam danificar os equipamentos eletrônicos instalados na PCD.

#### 4.0 - BLINDAGEM DE CABOS DE Sensores EM SUBESTAÇÃO DE ALTA TENSÃO

Em julho de 2010, durante os testes de operação da rede hidrometeorológica, foram verificadas falhas no registro de sensores de chuva, instalados em estações situadas em área energizada. Estas falhas foram registradas pelas estações meteorológica e hidrológica de Itaberá-SP, situadas no interior do pátio da subestação homônima, a qual opera em 750kV (corrente alternada). Um dos sensores instalados no interior da área energizada da subestação é mostrado na Figura 4 ao final do texto deste IT.

Na subestação de Itaberá-SP, as duas estações citadas acima e os quatro sensores de chuva correspondentes (PLU1, PLU2, PLU3 e PLU4) estão dispostos conforme Figura 3 ao final deste IT, na qual os sensores PLU2 e PLU4 situam-se dentro do pátio de barramentos em alta tensão. Inicialmente, estes sensores foram conectados às duas estações através de dois cabos de sinal independentes de cerca de 120m e 150m, respectivamente, cujas blindagens não estavam conectadas à malha de terra da subestação. O cabo de sinal dos sensores foi guiado através de duto enterrado no solo, e através de canaletas existentes no pátio da subestação.

O cabo de sinal usado para a comunicação entre o gabinete da PCD e o sensor de chuva é composto por dois pares de fios trançados, # 1mm<sup>2</sup>: cada par envolto numa blindagem distinta (blindagem interna), e estas duas blindagens internas envoltas numa única blindagem externa.

A Figura 5 ao final do texto deste IT mostra os procedimentos adotados, em setembro de 2010, para o aterramento das blindagens do cabo de sinal citado acima. Para este aterramento usou-se cabo de cobre isolado, #10mm<sup>2</sup>.

A blindagem interna, que envolve o par de condutores de sinal, foi aterrada apenas junto à carcaça do gabinete da PCD; a blindagem do outro par de fios (não utilizado para a condução de sinais) também foi aterrada junto à PCD. Ou seja, as duas blindagens internas foram conectadas em conjunto ao ponto de aterramento de carcaça do gabinete da PCD. Na extremidade oposta destas duas blindagens, não houve conexão ao sistema de aterramento.

Por outro lado, a blindagem externa do cabo de sinal foi aterrada nas duas extremidades do cabo: junto à carcaça da PCD (no ponto de aterramento de carcaça) e junto à carcaça do sensor de chuva.

De acordo com a Referência 11, o par trançado blindado provê a melhor blindagem para circuitos de sinais em baixa frequência, nos quais uma possível indução magnética esteja presente. Além disto, apresenta uma melhor atenuação contra campos magnéticos em baixa frequência quando comparado com o cabo coaxial, pois ao contrário deste a blindagem do cabo de par trançado não faz parte do circuito de sinal.

Em outras palavras, o aterramento do circuito de sinal do par trançado junto à PCD e o aterramento da blindagem interna deste cabo em apenas uma das extremidades (também junto à PCD), evitam a circulação de correntes de ruído pelo circuito de sinal do par trançado. Estas correntes poderiam ser induzidas na blindagem interna, por intermédio de campos magnéticos em baixa frequência provenientes dos barramentos da subestação em 750kV.

Finalmente, o aterramento da blindagem externa nas duas extremidades apresenta uma proteção adicional contra as correntes de ruído mencionadas no parágrafo anterior, pois as mesmas são drenadas para o sistema de aterramento. Desta forma, o aterramento de blindagem minimizou a influência de campos eletromagnéticos, presentes no pátio da subestação de Itaberá-SP, os quais causavam falhas no registro de sensores de chuva. Conforme verificado internamente, estas falhas não foram causadas por manobras ou outra ocorrência relevante na subestação.

#### 5.0 - SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO EM CORRENTE CONTÍNUA

Para alimentação da PCD optou-se por um sistema com painel fotovoltaico. A experiência adquirida após a instalação anterior da Rede Telemétrica de Serra da Mesa, mostrou que o emprego da alimentação CA era muito vulnerável a problemas causados por descargas atmosféricas, devido à localização das estações em final de linha de distribuição rural, muitas vezes sem a proteção adequada. Isto provocava, com frequência, indisponibilidade destas estações devido a oscilações e interrupções da alimentação, as quais comprometiam a confiabilidade da

Rede. Além disto, a implantação de linhas de distribuição para atendimento exclusivo à Rede Telemétrica, implicava em custos elevados de instalação e manutenção. Finalmente, optou-se pelo sistema de alimentação com painel fotovoltaico, o qual era menos dispendioso e de manutenção mais fácil.

A utilização de um sistema de alimentação independente, atendido por painel fotovoltaico, apresenta vantagens e desvantagens: há uma maior confiabilidade de energia, pois este sistema independe de linhas de distribuição rurais convencionais, as quais podem apresentar oscilações e interrupções no fornecimento de energia. Por outro lado, uma das desvantagens é a necessidade de manutenção periódica das estações para garantir uma operação ininterrupta do sistema de coleta de dados. Isto implica deslocamentos de pessoal para áreas distantes da estação Central.

O sistema de alimentação em corrente contínua é formado por um painel fotovoltaico, um acumulador estático e um regulador de tensão. Os últimos alocados no interior do gabinete da PCD. O regulador de tensão é constituído por uma unidade de supervisão, responsável pela monitoração e controle da tensão de alimentação dos equipamentos eletrônicos da estação: se a tensão de entrada do regulador, proveniente do painel fotovoltaico, cai abaixo de 12V, o regulador comuta automaticamente para o acumulador estático, garantindo a alimentação ininterrupta dos equipamentos.

A Tabela abaixo mostra os valores estimados para o consumo mínimo diário das PCDs, os quais foram usados como referência para o dimensionamento do sistema de alimentação em corrente contínua:

Tabela 1 – Consumo mínimo diário da PCD

Estado	Consumo (A)
Transmissão via satélite (*)	4
Coleta de dados e operação em stand-by(**)	0,02

(\*) Consumo de 4A por um período de 10 segundos por hora de operação (consumo diário de 4 A para um período de 4 minutos).

(\*\*) Consumo de 0,02A no período restante do dia.

Abaixo seguem as características principais do sistema de alimentação:

a. O painel fotovoltaico é capaz de suprir um mínimo de duas vezes o consumo da PCD; possui eficiência de conversão mínima de  $28\text{W}/100\text{mW}/\text{cm}^2$ ; tensão de circuito durante insolação de 21V e capacidade de geração de 40Wh/dia.

b. Características principais do acumulador estático:

- Acumulador chumbo-ácido, estacionário, regulado por válvula (VRLA) com separador microporoso para absorção total do eletrólito (tipo AGM), com Certificado de Homologação da ANATEL;
- Atende à NBR14298 e NBR14204 e possui vida útil de mais de 10 anos a  $25^\circ\text{C}$  – grupo alta integridade (12 e13);
- Tem capacidade de alimentar a PCD durante oito dias, no mínimo (sem recarga e em operação normal);
- É do tipo monobloco com tensão nominal de 12V, e possui capacidade de 40Ah em regime de descarga de 10h;
- Apresenta 600 ciclos de carga e descarga para uma profundidade de descarga do acumulador de 50%, a  $25^\circ\text{C}$ ;
- Possui válvula de segurança e opera dentro do princípio da recombinação dos gases (baixa emissão);
- Possui recipiente (vaso e tampa) construído em ABS retardante à propagação de chamas, de elevada resistência mecânica e química, e possui temperatura de operação de  $-15^\circ\text{C}$  a  $40^\circ\text{C}$ ;
- Apresenta recombinação interna de gases com eficiência de até 99% a  $25^\circ\text{C}$ , para a qual é possível a concentração máxima de hidrogênio de 3,8% em volume no interior do gabinete da PCD.

c. Características principais do regulador de tensão:

- O carregador do acumulador estático, parte integrante do regulador, atende à máxima taxa de carga de segurança permitida pelo acumulador ( $0,2C_{10}$  a  $25^\circ\text{C}$ ) para um determinado nível de tensão, evitando-se qualquer dano ou risco de explosão ou sobrecarga;
- Possui medidor de tensão integrado, na faixa de 11,0 a 14,1V, com resolução de 0,1V, fornecendo dados para monitoração da carga do acumulador;
- Possui sensor de corrente que indica se a bateria está sendo carregada ou não (1 ou 0), fornecendo dados para monitoração do painel.

### 5.1 Influência da temperatura na operação do acumulador estático

O gabinete da PCD está sujeito a clima semi-tropical, predominando altas temperaturas e alta umidade. Na prática só existem duas estações: um inverno relativamente seco, de maio a setembro, e um verão chuvoso e úmido, de outubro a abril. São usadas as seguintes faixas de variação para as condições climáticas de operação das PCD's:

- Temperatura do ar: -10°C a +50°C com variação máxima de 10°C/h;
- Umidade do ar: 0 a 100% em temperatura de até +50°C, variação máxima de 20%/h;
- Pluviometria: entre 700 e 3.700mm por ano;
- Exposição: ar livre, exposto a sol e chuva.

No gabinete da PCD da Rede hidrometeorológica instalou-se uma proteção externa contra a incidência direta de raios solares: na parte superior e nas chapas laterais do gabinete (*shield* de proteção), conforme mostrado na Figura 6 ao final do texto deste IT. O objetivo desta proteção é reduzir a temperatura de operação no interior da PCD.

Um levantamento sobre a variação da temperatura interna do gabinete da estação meteorológica APM Manso, a qual não faz parte da Rede mencionada acima, foi realizado pelos autores: para o período de setembro/2006 a novembro/2007, a média diária da temperatura interna máxima horária do gabinete desta estação, atingiu o valor máximo de 31,3°C. Entretanto, este gabinete não possuía protetor externo para redução da incidência direta de raios solares (*shield* de proteção), ao contrário dos gabinetes empregados na rede hidrometeorológica atual. Por esta razão, acredita-se que as temperaturas de operação no interior da PCD's da Rede fiquem abaixo deste valor para as mesmas condições de temperatura ambiente.

A elevação da temperatura de operação do acumulador instalado na PCD causa o aumento da evolução do hidrogênio e a corrosão da placa positiva, os quais provocam a perda de água do acumulador (14). Como a perda de água em acumuladores VRLA não pode ser compensada, há uma diminuição da vida útil dos mesmos: para cada 10 graus de elevação da temperatura de operação do acumulador, há uma redução de 50% de sua vida útil (15). Até o momento não foram constatados danos ao sistema de alimentação, devido à elevação da temperatura no interior das PCD's, as quais foram instaladas no período de 2008 a 2010.

Conforme Referência 13, é possível a instalação de acumuladores VRLA em ambientes que não permitam o controle da temperatura, porém deve ser objeto de acordo entre o fornecedor e o comprador. Na etapa de especificação do sistema de alimentação, optou-se por um acumulador estático VRLA com vida útil superior a 10 anos, para operação a 25°C, e Certificado de homologação da ANATEL. Devido as suas características construtivas, ele suportaria temperaturas elevadas. Porém, teria sua vida útil reduzida face a elevação da temperatura no interior do gabinete da PCD.

## 6.0 - CONCLUSÃO

Os critérios e as soluções adotadas na Área de Infraestrutura têm contribuído de forma satisfatória para a implementação da Rede Hidrometeorológica da ELETROBRAS FURNAS.

A indução de correntes de ruído nos cabos de sinal, decorrentes de campos magnéticos em baixa frequência, causaram as falhas no registro dos sensores de chuva, instalados na subestação de Itaberá-SP. Após o aterramento das blindagens do cabo, houve uma redução significativa destas falhas, contribuindo para a melhoria da confiabilidade do sistema de aquisição de dados meteorológicos.

O uso de uma proteção externa contra a incidência direta de raios solares reduziu a temperatura no interior do gabinete da PCD, o que resultou na diminuição da evolução do hidrogênio e no aumento da segurança da estação.

As soluções adotadas no sistema de proteção e aterramento contra descargas atmosféricas foram satisfatórias: não foram verificados danos ou distúrbios na operação dos equipamentos pertencentes ao primeiro lote da Rede (21 estações hidrológicas e a Estação central), o qual foi instalado em 2008 e 2009. Adicionalmente, não foram verificados acidentes devido a *side flashes*, ou devido a gradientes de potencial no solo ao redor das estações.

## 7.0 - AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos funcionários da Divisão de Hidrologia da Eletrobras Furnas, em especial aos Srs. Joelson Rangel de Oliveira e Emerson Cabral Ribeiro, pelo detalhamento da instalação das blindagens na subestação Itaberá-SP, e à gerência do Departamento de Engenharia de Telecomunicações pelo incentivo à elaboração deste Informe Técnico.



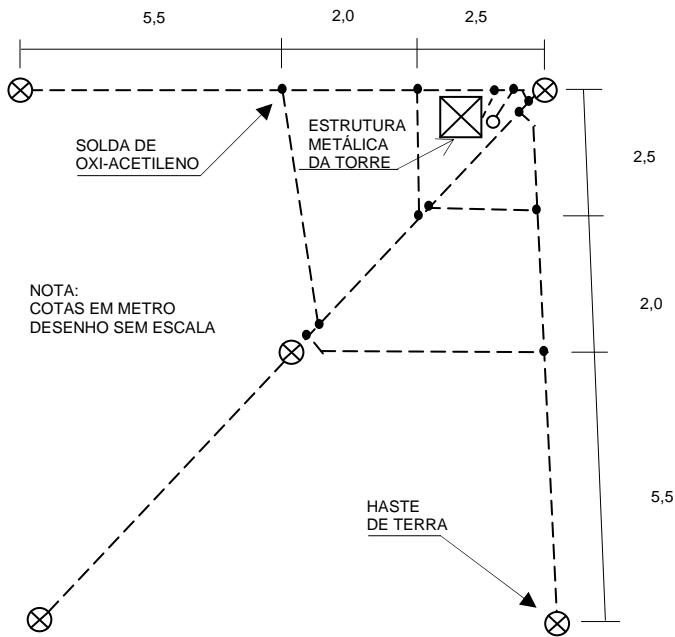


FIGURA 2 – (a) Malha de terra de uma estação meteorológica.

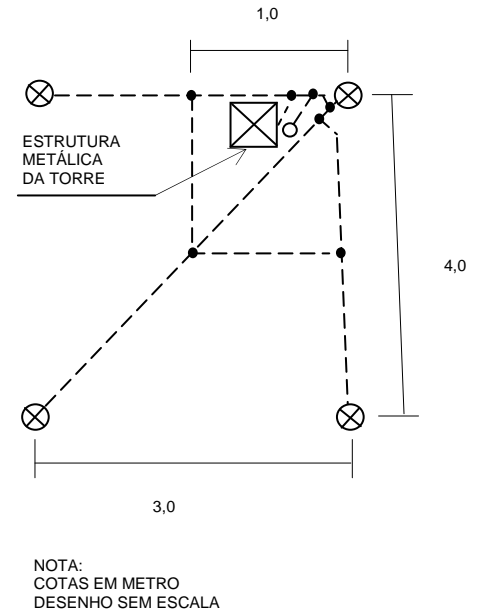


FIGURA 2 – (b) Malha de terra de uma estação hidrológica.

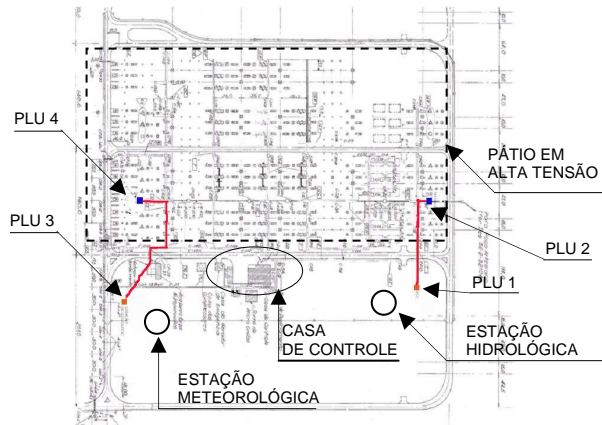


FIGURA 3 – Disposição dos sensores na área energizada e percurso dos cabos de sinal.



FIGURA 4 – Sensor de chuva instalado no interior da área energizada da subestação de Itaberá-SP.

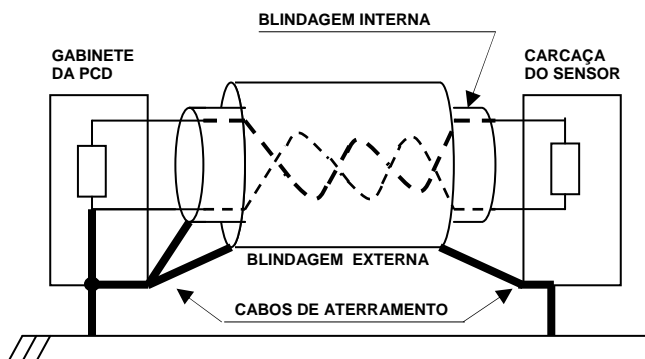


FIGURA 5 – Configuração de aterramento das blindagens do cabo de sinal do sensor de chuva.



FIGURA 6 – Gabinete típico de uma PCD.

## 8.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas – NBR 5419:2005. Brasil.
- (2) Visacro, S.F., Aterramentos Elétricos; Editora Artliber, São Paulo, 2002, pp. 50-51, p. 140-141.
- (3) Rakov, V.A., Uman, M.A., Lightning Physics and Effects; Cambridge University Press, 2005, p. 599-602.
- (4) Mousa, A.M., The soil ionization gradient associated with discharge of high currents into concentrated electrodes, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 9, No. 3, July 1994, p. 1669-1677.
- (5) Nobrega, A.R., Silva, N.C., Lightning protection improvements on security camera systems installed in electric power substations, 28<sup>th</sup> ICLP - International Conference on Lightning Protection, Kanazawa, Japan, 2006.
- (6) Nobrega, A.R., Soares, A.P., Visacro, S., Data correlation of a lightning detection network of the telecom supervision system of a power company and evaluation of improvements on the LPS of a radio station, 19<sup>th</sup> ILCD - International Lightning Detection Conference, Tucson, USA, 2006.
- (7) Nobrega, A.R., Soares, A.P., Girardi, A.S., Visacro, S., Avaliações e melhorias no sistema de proteção e aterramento da estação de telecomunicações de Pedra da Macela para melhoria de desempenho frente a descargas atmosféricas, XVIII SNPTTE - Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica, Curitiba, Paraná, 2005, v. GTL-34, p. 1-8.
- (8) Visacro, S., Soares Jr., A., Souza, M.P., Almeida, F.S., Nobrega, A.R., Soares, A.P., Grounding system behavior for lightning current: investigation for telecommunication stations, VIII SIPDA International Symposium on Lightning Protection, São Paulo, 2005, p. 547-550.
- (9) Nobrega, A.R., Protection of telecommunication equipment in an electric power company, EMD'2003 International Conference on Electromagnetic Disturbances, Bialystok, Polônia, 2003.
- (10) Nóbrega, A.R., Soares, A.P., Lightning protection of FURNAS'telecommunication system, ICLP2000 International Conference on Lightning Protection, Rhodes, Grécia, 2000.
- (11) Ott, H.W., Noise reduction techniques in electronic systems, 2<sup>nd</sup> Edition, John Wiley & Sons, 1988, p. 56-59.
- (12) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Sistemas fotovoltaicos – Banco de baterias – Dimensionamento – NBR 14298:1999. Brasil.
- (13) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Acumulador chumbo-ácido estacionário regulado por válvula - Especificação – NBR 14204:2002. Brasil.
- (14) Berndt, D., Baterias chumbo-ácidas reguladas por válvula, Workshop VRLA Batteries, CININTEL 2000, Florianópolis, Novembro 20-24, 2000, pp. 15-16 (tradução de Rosolem, M.F.N.C – Fundação CPqD).
- (15) Rosolem, M.F.N.C., Princípios de funcionamento e procedimentos de operação e manutenção de acumuladores chumbo-ácidos, Curso de treinamento, Fundação CPqD, Edição 1.0, 2005, p. 30.



## 9.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Alexandre Regis Nóbrega, nascido em Barra do Piraí - RJ, em 07 de abril de 1966, graduado em Engenharia eletrônica na Universidade do Estado do Rio de Janeiro (1989) e mestre em Engenharia elétrica na Área de Eletromagnetismo aplicado na Pontifícia Universidade Católica-RJ (dissertação em 1992). Trabalha desde 1993 na Eletrobras Furnas S/A no Departamento de engenharia de telecomunicações na Área de proteção e aterramento contra sobretensões transitórias, projeto de infraestrutura e sistemas auxiliares de energia. Desde 2003, gerencia projetos de PD&I aprovados pela ANEEL em parceria com o LRC/UFMG na Área de proteção contra descargas atmosféricas (projeto concluído) e Desenvolvimento de sensores especiais para detecção de descargas atmosféricas (em curso). No momento participa de uma Coleta pública de propostas para realização de um projeto de PD&I na Área de Célula a combustível de hidrogênio. O autor já publicou artigos em congressos nacionais e internacionais e cursou os seguintes idiomas: inglês, alemão (exame ZDaF), espanhol e italiano.



Ortiz Fialho Araujo, nascido em Belém - PA, em 16 de agosto de 1954, graduado em Engenharia elétrica na Universidade Veiga de Almeida no Estado do Rio de Janeiro (1979) e com especialidades em Interpretação de Imagens e Análise Meteorológica, A UNIVAP - Universidade do Vale do Paraíba e Hidrologia Aplicada à Operação de Sistemas de Recursos Hídricos pela Universidade de São Paulo, MBA em Gestão Empresarial. Trabalha desde 1980 em Furnas Centrais Elétricas S/A no Departamento de Comercialização de Energia e Planejamento da Operação, gerenciando a área de Hidrologia Operacional desde 2003 e participa de projetos de P&D na área de Tempestades Severas e Modelagem Numérica Atmosférica.