

ASSUNTO/MOTIVO

Estação Sismográfica de Angra dos Reis – ESAR
Descrição, Construção e Equipamentos

PÁGINA

1 / 31

LOCAL/DATA

Ver abaixo

REDATOR

Flávia

U.O./TEL.

DAN.T / 7669

REFERÊNCIA

APE Vilas - ESAR

CÓDIGO ARQUIVO

ESA06150875

SUMÁRIO

Nº DE PÁGINAS

31

ANEXOS

8(117págs)

(NOS RELATÓRIOS DE REUNIÃO INDICAR, INICIALMENTE, NO SUMÁRIO:
LOCAL, DATA, COORDENADOR, PARTICIPANTES E DURAÇÃO)

Em atendimento às exigências do IBAMA, relativas ao EIA/Rima de Angra 2, a Eletronuclear construiu a Estação Sismográfica de Angra dos Reis – ESAR.

O objetivo da ESAR é auscultar a atividade sísmica local e regional, para fins de apoio aos estudos de riscosísmico das usinas da CNAEA.

A ETN contratou o IAG/USP, contrato este que posteriormente passou a ser firmado com as empresas *Berrocal Vasconcelos Soluções Geofísicas e Tectônicas* e *Berrocal Inovações Geofísicas*, para a escolha do local de instalação da ESAR, sua concepção construtiva, escolha dos equipamentos a serem utilizados, implantação do sistema e análise dos dados obtidos.

Este relatório tem por objetivo descrever não só as razões pelas quais a Eletronuclear construiu a ESAR, mas também apresentar os critérios utilizados para escolha do seu local de construção, suas características construtivas específicas e a escolha dos equipamentos e acessórios necessários ao seu funcionamento.

ASSINATURAS

Flávia

Rodolfo / Rodolfo

AUTOR

VERIFICADO / APROVADO

REV.

1

DATA

PÁG.

VERIFICADO/
APROVADO

Ver detalhes na pág. 2

DISTRIBUIÇÃO (QUANDO FOR ENCAMINHADO SOMENTE O SUMÁRIO PARA CONHECIMENTO COLOCAR "PC")

SO.T (pc)

SE.T (pc)

O destinatário do presente documento está obrigado a tratá-lo de forma estritamente confidencial. A reprodução e/ou transmissão do mesmo a terceiros, assim como a utilização ou revelação de seu conteúdo, parcial ou integralmente, são proibidas, a não ser que seja dada uma autorização expressa por escrito para tal. Todos os direitos estão reservados.

DESCRIÇÃO DAS REVISÕES

| Revisão | Data | Pág(s) | Descrição |
|---------|------------|---------|---------------------------|
| 0 | 09/03/2017 | - | Emissão Inicial |
| 1 | - | 29 e 30 | Correções nas referências |

ÍNDICE

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | INTRODUÇÃO..... | 4 |
| 1.1 | Contratos firmados | 6 |
| 2 | ESCOLHA DO LOCAL PARA INSTALAÇÃO DO SENSOR DA ESAR | 7 |
| 2.1 | Equipamentos utilizados | 7 |
| 2.2 | Análise dos resultados e conclusões..... | 8 |
| 2.3 | Recomendações | 8 |
| 3 | SELEÇÃO DO TIPO DE INSTALAÇÃO PARA O ABRIGO DO SENSOR DA ESAR..... | 9 |
| 3.1 | Principais características do abrigo do sensor da ESAR..... | 11 |
| 3.2 | Detalhes executivos da construção do abrigo da ESAR..... | 13 |
| 4 | PROJETO EXECUTADO DO ABRIGO DA ESAR | 19 |
| 5 | SELEÇÃO DO EQUIPAMENTO SISMOGRÁFICO E ACESSÓRIOS PARA A ESAR | 21 |
| 5.1 | Características dos equipamentos adquiridos para a ESAR..... | 22 |
| 5.1.1 | Estação remota..... | 22 |
| 5.1.2 | Estação de registro..... | 23 |
| 5.1.3 | Equipamentos e instrumentos para instalação e manutenção..... | 23 |
| 5.2 | Equipamentos adquiridos pela ETN em 2002 | 24 |
| 5.3 | Novo digitalizador para a ESAR adquirido em 2015..... | 25 |
| 6 | ALTERAÇÕES DO SISTEMA DE COMUNICAÇÃO ENTRE ESAR E USINAS | 28 |
| 6.1 | Transmissão de dados via internet por satélite | 29 |
| 6.2 | Tentativa de transmissão de dados via internet banda larga 3G..... | 30 |
| 7 | OBSERVAÇÕES FINAIS | 31 |
| 8 | REFERÊNCIAS | 31 |
| 9 | LISTA DE ANEXOS | 32 |

1 INTRODUÇÃO

Em 1999, após a apresentação ao IBAMA do EIA/Rima e do protocolo de solicitação da Licença de Operação para Angra 2, a ETN recebeu dois ofícios, ambos tratando do processo de Licenciamento Ambiental de Angra 2:

- (i) Ofício nº 184/99-IBAMA/DIRPED de 20/05/1999;
- (ii) Ofício nº 1.217/00 de 19/04/2000.

No ofício (i), foi informado que, após análise do EIA/Rima de Angra 2, o IBAMA concluiu haver a necessidade de apresentação de estudos complementares pela ETN, e dentre os itens solicitados, o Programa Básico Ambiental – PBA de Angra 2.

No ofício (ii), foram analisadas as respostas dadas pela ETN ao ofício (i), juntamente com uma análise do PBA de Angra 2.

O IBAMA verificou que os programas ambientais identificados no EIA/Rima de Angra 2, que não foram detalhados no PBA e que não tinham sido atendidos, teriam que ser efetivados antes que a usina entrasse em operação comercial, incluindo entre outros, o Programa de Monitoramento Sísmico Regional – Estação Sismográfica – que tratava da implantação dessa estação, os procedimentos para operá-la e os resultados esperados.

Atualmente a obrigatoriedade do Programa de Monitoramento Sísmico Regional permanece, pois, o IBAMA, através do Parecer IBAMA nº 5340/2013, que subsidiou a Licença de Operação nº 1217/14 da CNAAA (licença vigente), no seu item 3.2.6 – “Programa de Monitoramento Sismológico”, determinou que a ETN devia dar continuidade a ele. Da mesma forma, consta também da Condicionante da Licença de Instalação nº 449/2007, relativa ao Prédio de Monitoração do Centro de Gerenciamento de Rejeitos da CNAAA, o item 2.4- “Programa de Monitoramento Sismológico Regional”.

Então, em atendimento às exigências do IBAMA acima descritas, a ETN construiu uma estação sismográfica, denominada ESAR - Estação Sismográfica de Angra dos Reis, cujo objetivo é auscultar a atividade sísmica local e regional, para fins de apoio aos estudos de risco sísmico das usinas da CNAAA.

A primeira etapa de seu projeto, correspondente à “Escolha do Local para Instalação do Sensor da ESAR”, a segunda, correspondente à “Seleção do Tipo de Instalação para o Abrigo do Sensor da ESAR”, e a terceira, correspondente à “Seleção do Equipamento Sismográfico e Acessórios para a ESAR”, todas

definidas pelo Grupo de Sismologia do *IAG/USP*, foram realizadas mediante contrato firmado entre a Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo (FUSP) e a ETN.

A primeira etapa, descrita na Ref. [1] que é apresentada no Anexo 1 deste relatório, foi constituída por atividades de campo, através de ensaios de ruído sísmico, para escolha do local de instalação do sensor da ESAR.

Pela segunda etapa, descrita na Ref. [2] que é apresentada no Anexo 2 deste relatório, recomendou-se o tipo de instalação a ser construída para servir de abrigo ao sensor da ESAR, localizado no ponto escolhido para esse fim, com base no tipo de afloramento rochoso existente nesse ponto, e nas características de logística e de segurança do local. A Ref. [3] apresenta o desenho de projeto da instalação.

Na terceira etapa, descrita na Ref. [4] que é apresentada no Anexo 3 deste relatório, foi definido o equipamento sismográfico e acessórios, mediante os requisitos a serem cumpridos pela ESAR.

Em 2013, o equipamento sismográfico apresentou problemas, tendo sido substituído temporariamente por um equipamento emprestado da empresa Berrocal e definitivamente por um novo que foi instalado em dezembro de 2005 e que entrou em operação contínua em janeiro de 2016.

Desde que entrou em operação em 2002, a ESAR tem fornecido dados sismológicos da região. Esses dados foram processados e analisados inicialmente pelo *IAG/USP* e, depois pelas empresas *Berrocal Vasconcelos Soluções Geofísicas e Tectônicas* e *Berrocal Inovações Geofísicas*, tendo sido mantido o profissional responsável, Prof. Jesus Berrocal em todos os contratos.

Desde janeiro de 2002 até o presente, foram emitidos boletins sísmicos (Boletim Sísmico Nº 1 ao Boletim Sísmico Nº 57) e relatórios (Relatório Técnico Nº 1 ao Relatório Técnico Nº 16). A ETN encaminha um resumo anual para a sua Área de Licenciamento que, por sua vez, os encaminha para o IBAMA através do Relatório dos Programas Ambientais da CNAAAA.

Foram elaborados e emitidos pelo DAN.T, relatórios que englobam as análises realizadas desde janeiro de 2002 até o presente. Esses relatórios foram divididos em função dos contratos firmados entre a ETN e a prestadora de serviços, *IAG/USP* (Ref. [7]), *Berrocal Vasconcelos Soluções Geofísicas e Tectônicas* (Ref. [8]) e *Berrocal Investigações Geofísicas* (Refs. [9] e [10]), cujas vigências são apresentadas no item 1.1 deste relatório.

Os documentos emitidos, referentes a este relatório(Refs. [1] a [5]), se encontram no Anexo 1, Anexo 2, Anexo 3 e Anexo 4, respectivamente, sendo que a Ref. [3] é o desenho de projeto da instalação e se encontra no SINCRONIA, acervo CIVIL de Angra 1 – código de arquivo número 11024047.

1.1 Contratos firmados

Os contratos que envolvem a ESAR, desde os estudos de locais para sua implantação, definição do tipo construção, seleção dos equipamentos a serem utilizados, boletins sísmicos e relatórios técnicos, são os seguintes:

IAG/USP:

- (i) Autorização de Serviço GCS.C/AS/PV-099/2000 –outubro/2000 a janeiro/2001;
- (ii) Termo de Compromisso – TC/GCC.T-143/01 – abril/2002;
- (iii) Ordem de Execução – 001/01 – agosto/2002 a dezembro/2003;
- (iv) Ordem de Execução – 001/04 – janeiro/2004 a setembro/2005;
- (v) Termo de Cooperação ETN/FUSP – outubro/2005 a setembro/2008;

Berrocal Vasconcelos Soluções Geofísicas e Tectônicas:

- (vi) ContratoGCC.A/CT-555/08 - 06/11/2008 a 05/11/2011;

Berrocal Inovações Geofísicas:

- (vii) Contrato GCS.A/CT-4500144326 - 01/12/2011 a 30/11/2014;
- (viii) Contrato GCS.A/CT-4500175499 - 09/12/2014 a 08/12/2017.

Foram emitidos quatro relatórios pela ETN para englobar a documentação da ESAR, sendo um por cada empresa contratada e, no caso da *Berrocal Inovações Geofísicas*, um por contrato, gerando, então, um relatório para o *IAG/USP*(Ref. [7]), um para *Berrocal Vasconcelos Soluções Geofísicas e Tectônicas*(Ref. [8]) e dois para *Berrocal Investigações Geofísicas*, um referente ao contrato GCS.A/CT-4500144326 (01/12/2011 a 30/11/2014) (Ref. [9]) e outro referente ao contrato GCS.A/CT-4500175499 (09/12/2014 a 08/12/2017)(Ref.[10]).

2 ESCOLHA DO LOCAL PARA INSTALAÇÃO DO SENSOR DA ESAR

Para a escolha do local para instalação do sensor da ESAR, foram realizados três levantamentos de campo, cada um em diferentes pontos do sítio da CNAAA (Ref. [1], Anexo 1 deste relatório):

- (i) intervalo de 24 a 26 de agosto de 2000
 - Ponto 1- ponto localizado na área de Angra 3, próximo à BR-101, inicialmente escolhido para registrar um nível de referência;
 - Ponto 2- ponto localizado no morro onde estão instaladas as torres de rádio e a Estação Meteorológica;
 - Ponto 3- ponto localizado em um afloramento de rocha na Praia da Marina (Piraquara de Dentro);
- (ii) intervalo de 31 de agosto a 02 de setembro de 2000
 - Ponto 4- ponto localizado em um extenso afloramento vertical nas proximidades da Praia da Marina (Piraquara de Dentro);
 - Ponto 5- ponto localizado em outro afloramento, localizado ao norte da Praia da Marina, onde há um mareógrafo instalado, a aproximadamente 500m ao sul da saída do túnel de descarga na Praia de Guariba (Piraquara de Fora);
 - Ponto 6- ponto localizado em um afloramento de rocha firme na Ponta do Morrinho, na Praia de Mambucaba;
- (iii) intervalo de 10 a 11 de outubro de 2000
 - novos ensaios no Ponto 6.

Maiores detalhes desses levantamentos podem ser obtidos na Ref. [1].

2.1 Equipamentos utilizados

Foram utilizados dois tipos de sismógrafos de período curto para a realização dos ensaios acima citados:

- 1) sismógrafo com sismômetro de período curto ($T_0=1.0s$), modelo S-13, operando na componente vertical, e registrador modelo Portacorder com registro em papel e tinta no formato analógico. Esse conjunto operava na faixa de frequências entre 0.2 e 50Hz;

- 2) sismógrafo com um conjunto de sismômetros de período curto ($T_0 = 0.5s$), modelo L-4C, operando nas componentes vertical e horizontais Norte-Sul e Leste-Oeste, e registrador digital modelo SSR1, com capacidade para registro simultâneo de seis canais. Esse sismógrafo operava na faixa de frequências entre 0.2 e 50Hz;
- 3) GPS Garmim para a localização acurada dos pontos.

O conjunto (1) foi utilizado para ensaios preliminares de ruído existente em cada ponto de teste. Já o (2) foi utilizado para os ensaios de ruídos finais nos pontos selecionados a partir dos ensaios preliminares.

Uma vez que a principal finalidade da ESAR é o registro de sismos que venham a ocorrer durante a vida útil das usinas da CNAAA nas suas proximidades, os ensaios efetuados com sismógrafos de período curto são válidos, pois o conteúdo espectral desses eventos é claramente registrado nesse intervalo de frequências. Além disso, os ruídos locais, que são os de maior incidência no ruído sísmico de fundo, têm suas frequências no intervalo em que melhor operam os equipamentos utilizados, incluindo as ondas marinhas, cujas frequências variam entre 0.2 e 1.0Hz.

2.2 Análise dos resultados e conclusões

A descrição e a análise dos resultados obtidos dos ensaios realizados encontram-se detalhadas na Ref. [1].

Concluiu-se que o melhor lugar para a instalação dos sensores da ESAR, do ponto de vista do nível de ruído sísmico, é o Ponto 3, localizado na Praia da Marina (Piraquara de Dentro), também denominada Praia 1.

O Ponto 3 também satisfaz os requisitos de acesso ao local, acesso à energia elétrica e acesso ao sistema telefônico da CNAAA¹.

2.3 Recomendações

- 1) Como o Ponto 3 se localiza muito próximo à Praia da Marina, recomendou-se seu afastamento para uma extensão desse afloramento onde foram realizados novos ensaios. A construção da ESAR no local original diminuiria a área de lazer dos frequentadores dessa praia (Praia 1) e exporia a estação à curiosidade, provocando ruídos indesejáveis nas leituras.

¹O sistema telefônico para transmissão de dados foi substituído posteriormente por fibra óptica.

2) Para escolha do ponto exato de construção do abrigo da ESAR, recomendou-se, também, o estudo das seguintes possibilidades:

- (i) encontrar um afloramento nas proximidades do ponto ensaiado, até aproximadamente 50m morro acima, efetuando as escavações necessárias;
- (ii) analisar a possibilidade de se construir o abrigo da ESAR no afloramento vertical, localizado a 400m a leste do ponto ensaiado;
- (iii) asfaltar ou pavimentar com pedras o último trecho da estrada que dá acesso ao cais da Marina, a fim de evitar o aumento do ruído existente no local.

3 SELEÇÃO DO TIPO DE INSTALAÇÃO PARA O ABRIGO DO SENSOR DA ESAR

Conforme mencionado anteriormente, a seleção do local de construção do abrigo do sensor da ESAR (Ref. [2], Anexo 2 deste relatório), que corresponde à segunda etapa do contrato firmado entre a ETN e a IAG/USP (FUSP), foi realizada através da execução de ensaios de ruído sísmico, donde se concluiu que o Ponto 3 (Praia 1) era o local tecnicamente mais conveniente. Entretanto, a construção do abrigo nesse local não foi recomendada, uma vez que diminuiria a área de lazer dos frequentadores dessa praia e exporia a estação à curiosidade, provocando ruídos indesejáveis nas leituras.

Recomendou-se, então, que o local selecionado fosse deslocado para o morro situado atrás da praia da Marina de Piraquara, a uma distância de até 50m morro acima, a partir do afloramento originalmente ensaiado (afloramento original).

A qualidade dos afloramentos, assim como os ensaios de ruído sísmico, foi determinada por ensaios realizados por um sismógrafo vertical de período curto com registro analógico (sismômetro S-13 e registrador Portacorder).

Foram ensaiados três afloramentos:

- (i) afloramento 1 - a aproximadamente 5m do afloramento original morro acima, com escavação de 50cm;
- (ii) afloramento 2 - a aproximadamente 20m do afloramento original morro acima;

(iii) afloramento 3 - a aproximadamente 30m do afloramento original morro acima.

Os ensaios realizados no afloramento 1 mostraram que esse afloramento não estava firmemente acoplado ao maciço principal, pois o ruído de pessoas caminhando nas proximidades do sismômetro eram claramente registrados no ganho de 78dB (Ref. [2]). O afloramento 2 se localiza em um trecho bastante abrupto do morro e os ensaios nele realizados mostraram que esse afloramento é mais firme que o afloramento 1 e muito parecido com os registros analógicos apresentados na Ref. [1] para o Ponto 3 (Praia 1). O afloramento 3 se localiza em um trecho não tão abrupto do morro quanto o afloramento 2 e os ensaios nele realizados mostraram um ruído de alta frequência no ganho de 84dB.

De acordo com esses ensaios, optou-se pela construção do abrigo no afloramento 2 (Figura 3.1, Ref. [2]).



Figura 3.1 - Vista parcial do local escolhido para construção do abrigo do sensor da ESAR, mostrando o afloramento de base do sismômetro

3.1 Principais características do abrigo do sensor da ESAR

Dadas as características peculiares dos equipamentos a serem instalados na ESAR e procurando evitar ao máximo qualquer interferência, foram adotadas medidas profiláticas em sua construção. Dentre elas, podem-se citar:

- 1) O abrigo do sensor da ESAR foi construído de tal forma que se garantisse a estabilidade de temperatura e proteção contra vibrações provocadas pelo vento na sua parte externa.
- 2) O abrigo foi construído em cima do afloramento selecionado, estando a fundação, onde se situa o sensor, firmemente acoplada ao maciço principal (Figura 3.2, Ref. [2]).

Fundação em concreto

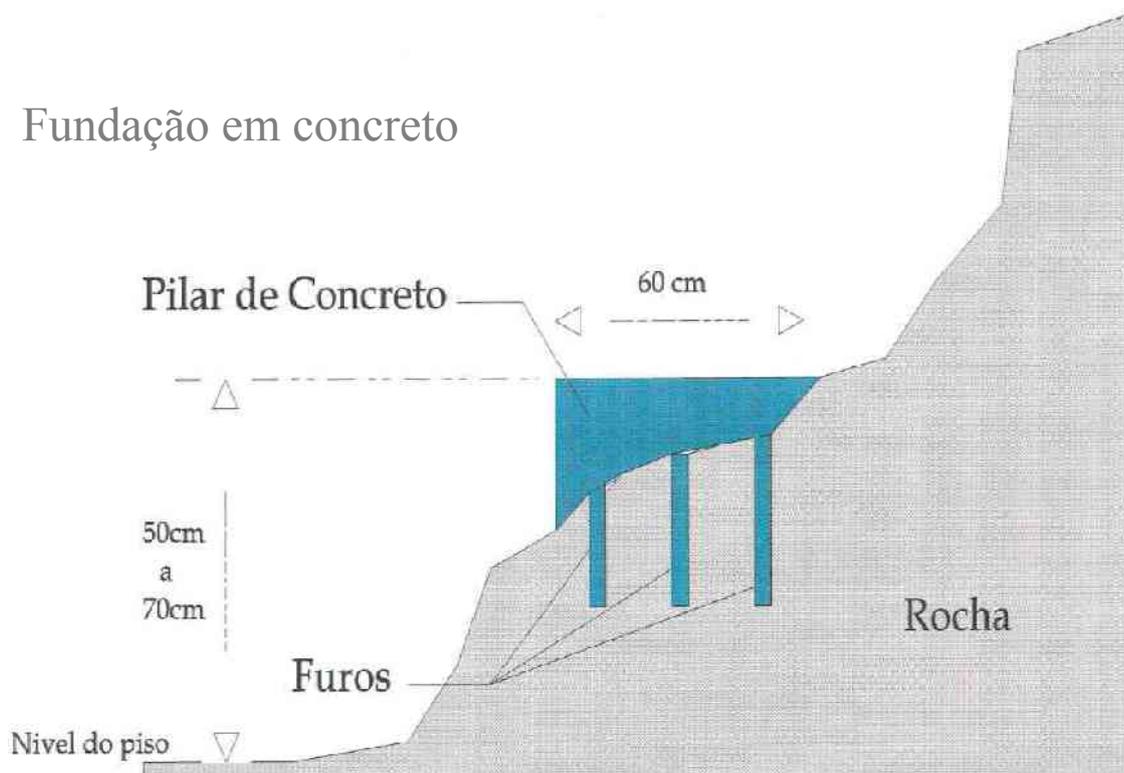


Figura 3.2 – Corte da fundação do sensor

- 3) Foi proibido o uso de explosivos para a realização da limpeza e do nivelamento do local de assentamento do sensor no afloramento.
- 4) Antes da construção da base, a qualidade do afloramento foi testada através de uma medida instrumental de ruído.
- 5) As instalações do abrigo da ESAR, devido à proximidade do mar, foram construídas de modo a evitar os efeitos da maresia e, principalmente, da umidade que poderia resultar em percolação de água através de suas paredes e piso.

- 6) O abrigo recebe fornecimento de energia elétrica para iluminação, manutenção preventiva da estação e alimentação dos equipamentos sismográficos.
- 7) O abrigo inicialmente dispunha de linha telefônica para transmissão de dados (sinais sísmicos) até a Estação de Registro na CNAAA, fato que atualmente é realizado através de fibra óptica.
- 8) Em função das condições geotécnicas do seu local de instalação, o abrigo é protegido contra impacto de tálus que possam rolar morro abaixo.
- 9) Devido à sua localização, o abrigo é protegido contra ruídos que possam ser provocados por pessoas ou animais que dele se aproximem.

3.2 Detalhes executivos da construção do abrigo da ESAR

Este item apresenta um detalhamento das necessidades construtivas que foram adotadas na construção do abrigo do sensor, dadas as características fornecidas no item 3.1 deste relatório.

- 1) O abrigo do sensor da ESAR é dividido em três compartimentos, conforme Figura 3.3² (Ref. [2]):
 - sala do sensor;
 - sala de controle; e
 - hall de entrada.
- 2) As paredes externas da sala do sensor e da sala de controle são duplas, de blocos de concreto, com 14cm de espessura e um espaçamento entre elas de 5cm, onde se encontra instalado um isolante térmico, no caso, lã de vidro de densidade de 40kg/m³.
- 3) O teto do abrigo é coberto por duas camadas de telhas metálicas brancas, com lã de vidro, de 5cm de espessura e 16kg/m³ de densidade, entre elas. A fim de garantir o isolamento térmico, as telhas estão sobre uma laje de concreto forrada com uma manta de lã de vidro, semelhante à existente entre as telhas, com uma separação de 80cm na parte superior da inclinação das telhas deixando uma abertura na parte inferior para ventilação,

² Esta figura foi obtida da Ref. [2] e não corresponde ao "as built" do abrigo da ESAR, pois o hall de entrada teve sua posição alterada.

protegida por tela metálica fina para evitar a entrada de insetos e outros animais.

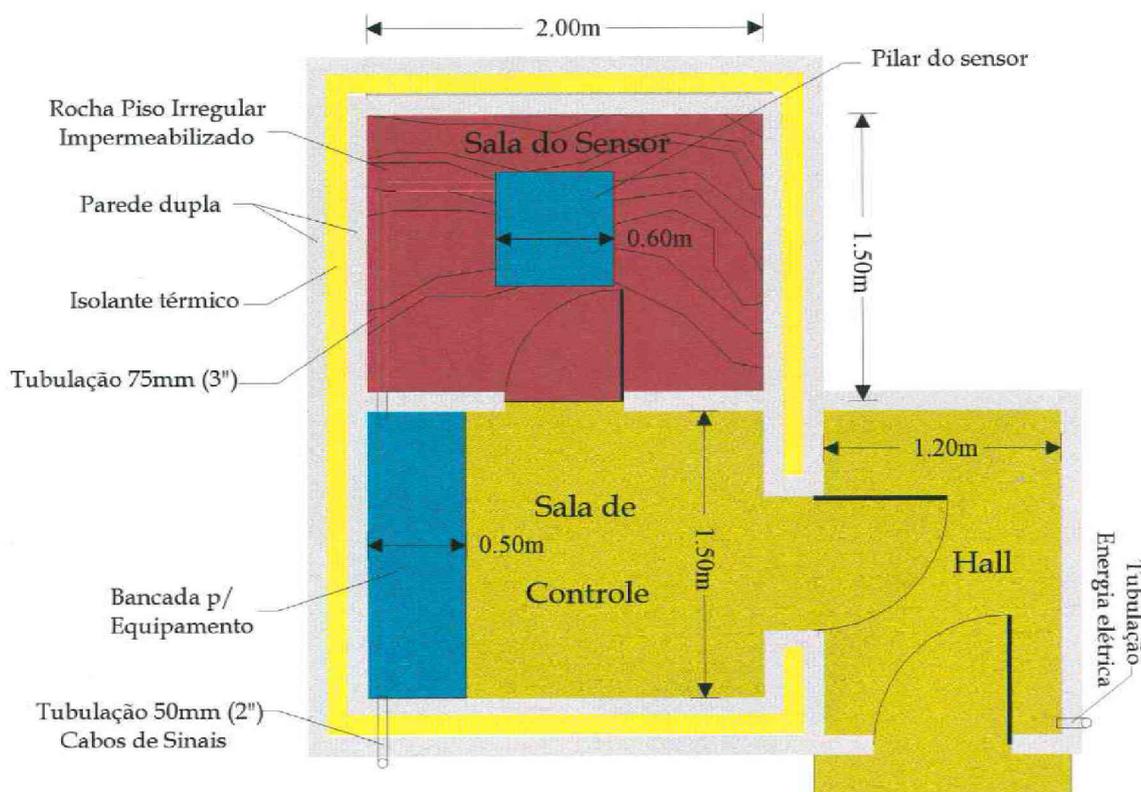


Figura 3.3 – Planta baixa do abrigo da ESAR

- 4) No teto do abrigo foi instalada uma calha ligada a um duto de escoamento para direcionamento e eliminação do fluxo de água em direção ao sopé do morro.
- 5) A posição do hall de entrada, que era opcional, ficou conforme o desenho da Ref. [3] para evitar acúmulo de água na sua parede posterior.

- 6) As portas que dão acesso às salas de controle e do sensor são herméticas, feitas de chapa dupla de alumínio com lã de vidro entre elas e borrachas nos batentes e soleiras. A porta para a sala do sensor apresenta um visor retangular de vidro grosso duplo, de dimensões 20x30cm, situado a 1.50m do piso, que permite a inspeção visual do sensor sem necessidade de abri-la. Todas as portas possuem um sistema de segurança a fim de evitar que alguém se tranque acidentalmente.
- 7) Os pisos da sala de controle e do hall são nivelados. O piso da sala do sensor, que não precisa de nivelamento, apresenta superfície externa escavada até o afloramento e é protegido com concreto e impermeabilizante.
- 8) Na sala de controle foi construída uma bancada de concreto, de dimensões 1.50x0.50x0.25m, a uma altura de 0.80m do piso.
- 9) Existe uma boa iluminação nos três compartimentos, composta por lâmpadas frias.
- 10) Foram instaladas tomadas elétricas e de telefone suficientes e em posições adequadas para atender à demanda dos equipamentos.
- 11) A Figura 3.4e a Figura 3.5³ mostram aproximadamente a cerca de proteção construída no entorno do abrigo. Essa cerca possui uns 2.0m de altura e está uns 4.0m afastada do abrigo.
- 12) Para a instalação do sensor, construiu-se uma fundação em concreto, conforme Figura 3.2. A fim de garantir uma boa aderência entre a fundação e o afloramento rochoso, foram retirados da superfície do afloramento todo material erodido. Além disso, furos de 1" de diâmetro e profundidades a partir de 20cm foram executados. A superfície da fundação, onde está assentado o sensor, é nivelada.
- 13) Para evitar umidade dentro do abrigo, principalmente na sala do sensor, as paredes e piso foram impermeabilizados. É vetado o uso de equipamentos que provoquem vibração para retirada de eventual umidade.
- 14) Foram instalados um termômetro de precisão e um sensor na sala do sensor.

³ As figuras "Figura 3.4" e "Figura 3.5" foram obtidas da Ref. [2] e não corresponde ao "as built" do abrigo da ESAR, pois o hall de entrada teve sua posição alterada.

A Ref. [13] (Anexo 6 deste relatório) apresenta mais detalhes construtivos implementados na ESAR com o layout executado e a Ref. [14] (Anexo 7 deste relatório) corresponde a uma planta elétrica da ESAR com detalhe da tubulação referente ao GPS.

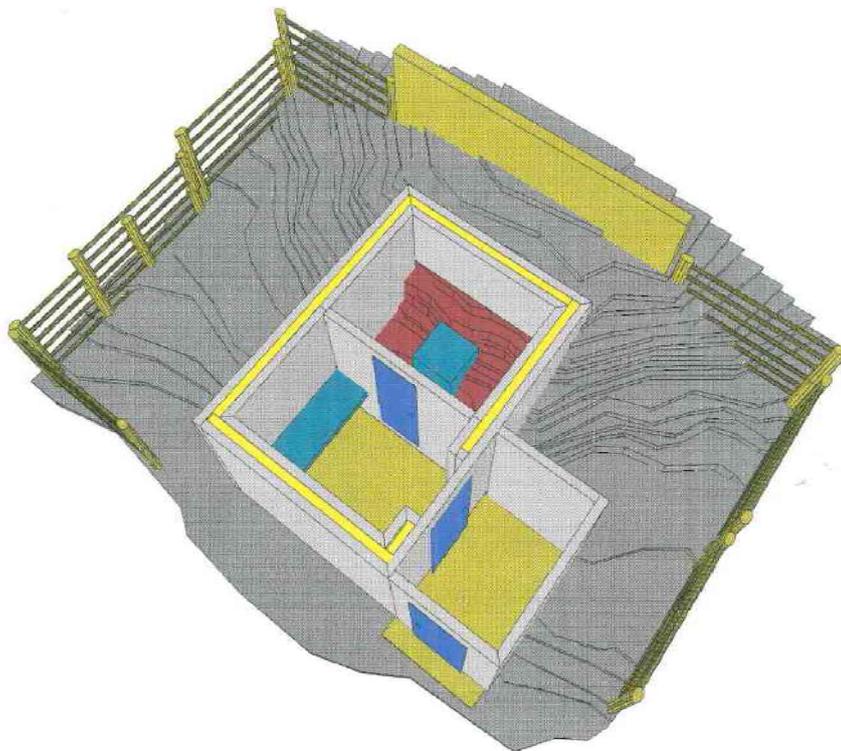


Figura 3.4 - Perspectiva interna do abrigo da ESAR

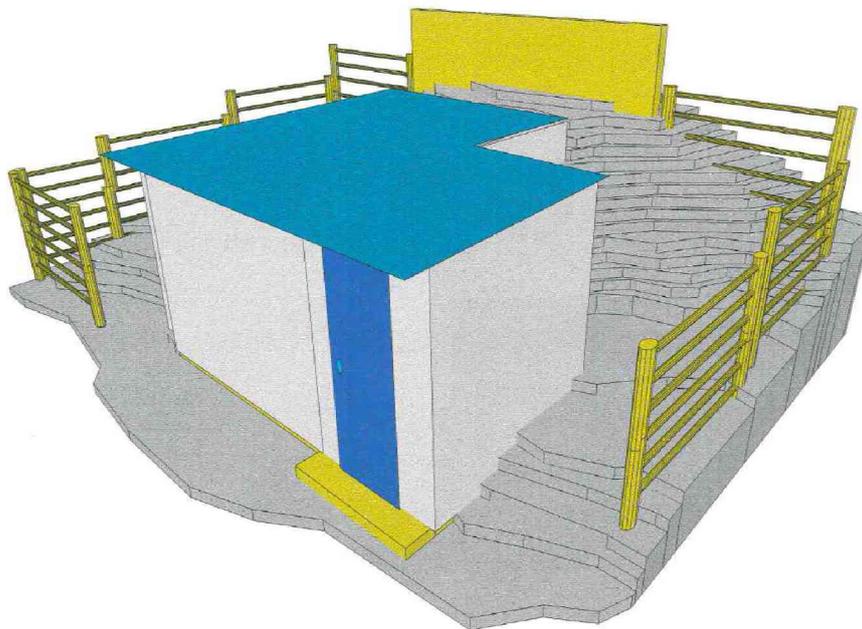


Figura 3.5 - Perspectiva externa do abrigo da ESAR

4 PROJETO EXECUTADO DO ABRIGO DA ESAR

O projeto executado é um pouco diferente do apresentado na planta baixa da Figura 3.3 e, conseqüentemente, da Figura 3.4 e da Figura 3.5. O hall de entrada passou para a frente da sala de controle, resultando em uma alteração dos locais das portas. O projeto executivo do abrigo da ESAR se encontra no desenho DIV-11024047, "ESTAÇÃO SISMOGRÁFICA DAS CENTRAIS NUCLEARES DE ANGRA DOS REIS – ABRIGO PARA O SENSOR" (Ref. [3]).

As figuras abaixo mostram o exterior da obra executada.



Figura 4.1 – Entrada do abrigo da ESAR



Figura 4.2 – Detalhe do telhado do abrigo da ESAR



Figura 4.3 – Detalhe do muro que cerca o abrigo da ESAR

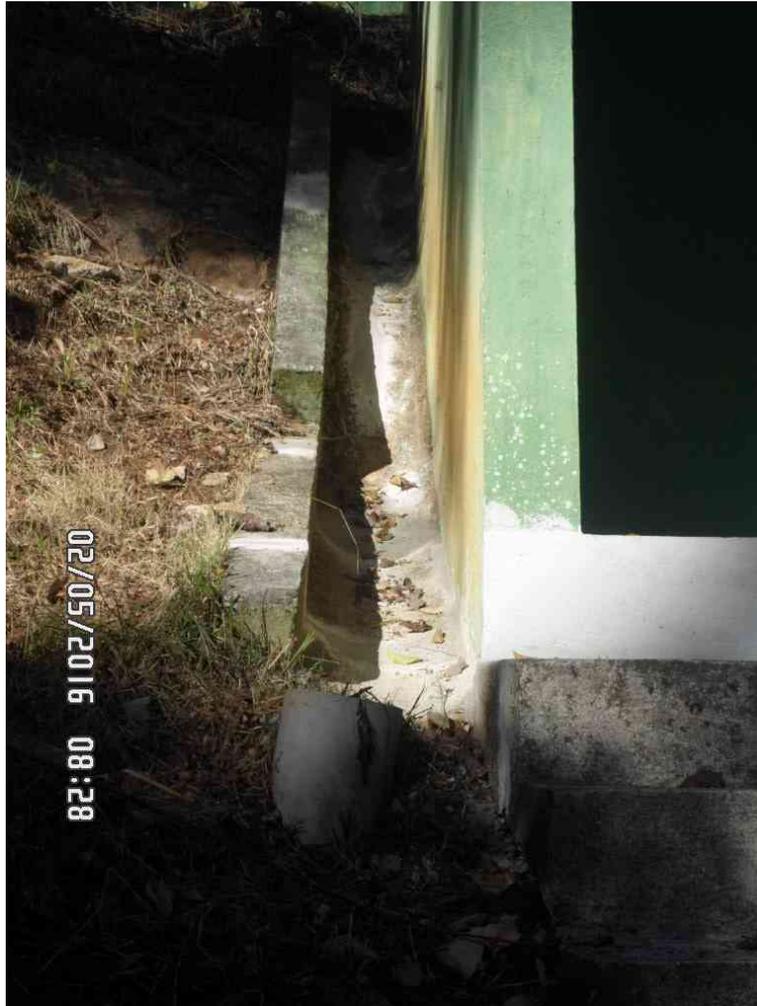


Figura 4.4 – Detalhe da canaleta de drenagem de água superficial no entorno do abrigo da ESAR

5 SELEÇÃO DO EQUIPAMENTO SISMOGRÁFICO E ACESSÓRIOS PARA A ESAR

A terceira etapa do contrato firmado entre a ETN e a IAG/USP (FUSP) foi a seleção preliminar do equipamento sismográfico e acessórios para a ESAR (Ref. [4], Anexo 3 deste relatório). Esses acessórios incluem:

- (i) equipamentos de aquisição de dados sismológicos e para processamento de dados, equipamentos para comunicação, microcomputadores, moduladores, demoduladores e outros;
- (ii) “software” específico;
- (iii) instrumentos para instalação e manutenção dos equipamentos da ESAR.

5.1 Características dos equipamentos adquiridos para a ESAR

São apresentados abaixo os equipamentos necessários para a ESAR, segundo seleção do *IAG/USP*.

5.1.1 Estação remota

A estação remota é composta por:

- (i) Um sismômetro triaxial de banda larga, operando no intervalo de frequências entre 0.01 e 50Hz.
- (ii) Um digitalizador de 24 bits, instalado próximo ao sensor triaxial na sala de controle.
- (iii) Um receptor GPS (“Global Positioning System”) com antena e cabo para controle da hora do sismógrafo, instalado o mais próximo possível da sala do sensor.
- (iv) Um modem para comunicação telefônica compatível com o equipamento utilizado.
- (v) Carregador ligado à rede elétrica local e duas baterias de 100A/h.
- (vi) Instrumentos de medição de temperatura e umidade.

Os equipamentos presentes na estação remota possuem dispositivos de proteção contra descargas atmosféricas em todas as suas conexões de cabos de entrada e saída do abrigo.

5.1.1.1 Funções dos equipamentos sísmicos

- 1) Digitalizador, ou sismógrafo, é um equipamento que digitaliza e armazena “input” analógico proveniente de sensores externos, incluindo sismômetros, acelerômetros e outros sensores geofísicos.
- 2) Sismômetro triaxial é um instrumento de medição de movimento do solo que fornece um “output” de três sinais que representam mutuamente os movimentos em três direções ortogonais (X, Y e Z). Alguns deles são projetados com três sensores internos independentes sensíveis a movimentos nas três direções XYZ e que, portanto, medem os graus de liberdade de movimento na direção vertical e em duas direções horizontais. Alguns também são triaxiais simétricos e, nesse caso, possuem uma configuração na qual os sensores também são

mutualmente ortogonais, porém, ao invés de um dos eixos corresponder à direção vertical, os três são inclinados para cima a partir da horizontal com ângulos precisamente iguais.

5.1.2 Estação de registro

A estação de registro era originalmente composta por:

- (i) Um microcomputador tipo PC para aquisição permanente dos dados digitais da estação, denominado PCA, originalmente instalado no ULD da usina Angra 2.
- (ii) Um microcomputador tipo PC para interface entre o PCA e o sistema de informática do *IAG/USP*, instalado dentro do Centro de Operações das usinas.
- (iii) Um modem compatível para comunicação telefônica e de acordo com as características da linha telefônica.
- (iv) “Softwares” para o sistema operacional, aquisição, transferência e análise preliminar de dados.
- (v) Um “nobreak” de 1.2kVA.

O PC descrito no item (ii), além de servir de interface entre o PCA e o sistema de informática do *IAG/USP*, funciona também como uma redundância do PCA no caso de alguma falha de operação.

Ambos os microcomputadores estão conectados com as redes de internet das usinas Angra 1 e Angra 2.

5.1.3 Equipamentos e instrumentos para instalação e manutenção

Os equipamentos e instrumentos utilizados para instalação e manutenção são:

- (i) Um “notebook” com porta serial.
- (ii) Um osciloscópio digital de 100MHz com dois canais.
- (iii) Um multímetro digital com “display” em forma de onda.
- (iv) Uma fonte AC/DC simétrica ajustável.
- (v) Um conversor de tensão DC/AC de 200W.

5.2 Equipamentos adquiridos pela ETN em 2002

O IAG/USP recomendou a ETN, em 2002, a aquisição de equipamentos (Ref. [4], Anexo 3 deste relatório), tendo sido comprados os seguintes (Ref. [5], Anexo 4 deste relatório):

da REF TEK:

- (i) Digitalizador modelo DAS 130-01/3 (sismógrafo);
- (ii) Receptor GPS 130-GPS;
- (iii) Moduladores, cabos e conectores;
- (iv) "Software" de aquisição RTP/RNC, REF TEK Protocol Server Application, DAS control;
- (v) Microcomputadores – dois MDESKTOP-CUST Computer, Desktop, Pentium, Customer Specific.

da KINEMATRICS:

- (vi) Broadband Sensor, STS-2 (sismômetro).

Quanto aos acessórios e equipamentos para instalação e manutenção da ESAR, segundo recomendações do IAG/USP, foram adquiridos:

para a ESAR:

- (i) um "nobreak" de 1kVA, marca SMS, modelo Manager II;
- (ii) um carregador de baterias com uma bateria de 100A/h;
- (iii) materiais e componentes eletro-eletrônicos, e outros para instalação da ESAR.

para o Laboratório de Sismologia do IAG/USP:

- (i) um "notebook", Pentium III, 500MHz, 128MB RAM, HD 10GB, CD 24X, Fax Modem 56kB, marca COMPAQ;
- (ii) um osciloscópio de 100MHz com dois canais, marca Goldstar, modelo OS-8100A;
- (iii) um multímetro tipo Scope Meter, marca Minipa, modelo MS83;

- (iv) uma fonte AC/DC simétrica ajustável, marca Minipa, modelo MPC-303D;
- (v) um gerador de funções/frequência, modelo MFG-4210, marca Minipa;
- (vi) um termômetro-higrômetro MT-241.

5.3 Novo digitalizador para a ESAR adquirido em 2015

Em abril de 2013, o digitalizador DAS-130, que operava na ESAR desde 2002, sofreu danos por descarga elétrica, sendo, então, recomendada a aquisição de um novo equipamento (Refs. [6] e [12]).

Em dezembro de 2015, a *Berrocal Inovações Geofísicas*⁴ instalou na ESAR o novo registrador adquirido pela ETN, modelo DAS-130S (Figura 5.1), da marca REF TEK, ou seja, um modelo mais atualizado do digitalizador anterior (Ref. [6]).

A Tabela 5.1 apresenta uma descrição do novo digitalizador e seus acessórios (Ref. [6]).

Esse novo registrador, DAS-130S, possui mais recursos que o anterior. Dentre eles, podem-se citar:

- menor consumo de energia;
- maior abrangência dinâmica;
- ampla tensão de entrada e ampla escala completa;
- nova placa A/D (conversor analógico/digital);
- mais completo, mais leve e mais fácil de operar;
- requer menos manutenção;
- facilidades de configuração e controle:
 - no local da instalação através da conexão registrador/iPod, utilizando o “software” Controlador de Campo, iFSC;
 - remotamente, em tempo real, através da conexão via satélite com a ESAR, a partir do PC/estação de trabalho, usando o “software” Controle de Comando da REF TEK (RTCC), que é uma interface gráfica sem terminal conectado.

⁴Nesta data, o contrato da ETN já era com a Berrocal Inovações Geofísicas.

Então, é possível monitorar e configurar o digitalizador diretamente do Laboratório de Sismologia da *Berrocal Inovações Geofísicas* através de conexão via satélite.



Figura 5.1 – Digitalizador modelo DAS-130S

Tabela 5.1 – Descrição do registrador e seus acessórios

| Quant | Referência | Descrição |
|-------|--------------|---|
| 1 | 130S-01/3 | Recorder, 3rd Generation, 3 Channel, 40VPP, 24V |
| 1 | 130-8039A | Assembly, Power Supply, AC, for 130 DAS, w/Ext. Bat.A&B |
| 1 | 130-8015-33 | Assembly, Cable, GPS to 130 DAS, Ext. 33 (10m) |
| 1 | 130-GPS | GPS Receiver/Clock |
| 2 | 130-FLASH/8G | Disk, Flash Memory, 8GB, CF Type I, -20C to 60C |
| 1 | IFSC-KIT | Kit, iFSC, controller, cable and CD REF TEK iFSC User Guide |
| 1 | OPSDOCSET/C | Manual, Operations, Reference, REF TEK 130, CD |

O iFSC é o “software” que permite a configuração do registrador via conexão com iPod. O “software” OPSDOCSET permite a instalação e operação do digitalizador e do GPS⁵. Outro software necessário, além do iFSC, como comentado acima, é o RTCC, que permite o controle e monitoramento do registrador remotamente. Este software é adquirido via internet seguindo as instruções do manual contido no CD

⁵ Esse “software” também permite a aquisição de outros “softwares” via internet através de registro comprador / Trimble-REF TEK.

OPSDOCSET. Esses “softwares” estão descritos na Ref. [6] e os CDs correspondentes encontram-se no acervo do DAN.T.

A Figura 5.2 mostra o esquema de funcionamento do digitalizador DAS-130S:

1. possui 3 canais de “input” que podem ser conectados a qualquer tipo de sensor;
2. comando/controle de rede e dados de telemetria por “Ethernet 10BaseT” ou “serial PPP”;
3. compartimento de disco contendo dois “CF-II slots”, bateria de “backup” e “status LEDs” para uma fácil manutenção;
4. visor LCD que mostra o status (“state-of-health”) do digitalizador, indicando a necessidade ou não de manutenção;
5. dispositivo que permite ao usuário realizar “set-up”, controlar, verificar o status e monitorar os dados tanto pelo uso do “iFSC Controller” ou através do “software” RTI, que pode ser rodado em PC ou “workstation”;
6. TCXO⁶ de alta precisão, disciplinado por um “GPS receiver/clock”, que mantém uma acurácia de tempo inferior a 10µs.

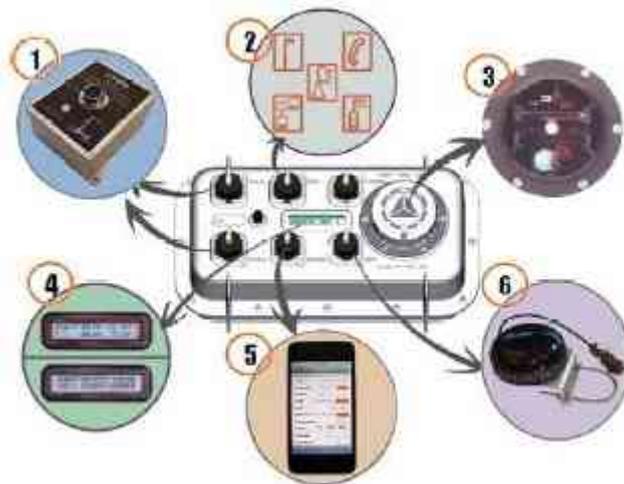


Figura 5.2 – Esquema de funcionamento do digitalizador DAS-130S

⁶TCXO é um oscilador de cristal com boas características de temperatura da unidade de cristal e com circuito de compensação de temperatura através do uso de uma ampla faixa de temperatura.

6 ALTERAÇÕES DO SISTEMA DE COMUNICAÇÃO ENTRE ESAR E USINAS

Inicialmente, a transmissão de dados da ESAR era via modem e linha telefônica, passando, em seguida, para fibra óptica.

Atualmente a transmissão de dados da ESAR à *Berrocal Inovações Geofísicas* é feita via internet, sendo os dados enviados a cada hora ao servidor localizado em São Paulo.

A Figura 6.1(Ref. [11], Anexo 5 deste relatório)mostra esquematicamente a configuração da rede de transmissão de dados da ESAR. Nela observa-se que o server-PC está localizado numa área protegida do reator Angra 2, especificamente na sala de computadores do prédio da ULD.

Os computadores da sala ULD foram remanejados a outro local e, por esse motivo, o sistema de transmissão de dados da ESAR teve que ser modificado. Para tal, a contratada propôs duas soluções de transmissão de dados por internet: uma por satélite e outra por banda larga 3G, tendo sido adotada a por satélite pelas razões apresentadas abaixo, no subitem 6.1.

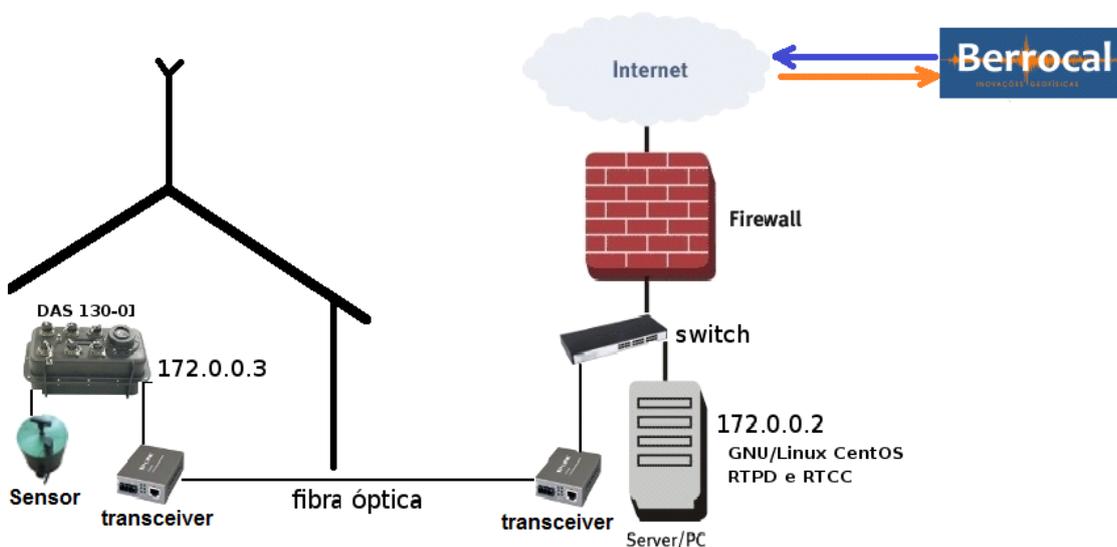


Figura 6.1 - Esquema da configuração da rede de transmissão de dados da ESAR

6.1 Transmissão de dados via internet por satélite

Acontratadatinha experiência na transmissão de dados sismológicos por satélite, possuindo uma estação sismográfica na região do estado de Rondônia, onde os dados são enviados em tempo real ao servidor da empresa localizado em São Paulo. Uma vez que a qualidade de transmissão é muito boa com “delay” máximo de dois segundos e equipamentos funcionando normalmente a altas temperaturas e umidade, optou-se por esse tipo de transmissão.

Para a implantação deste sistema na ESAR, foram necessários os seguintes equipamentos e características técnicas (ver esquema na Figura 6.2):

- Modem
- Antena
- Um IP válido para o modem

Embora esse sistema pudesse usar bateria, na ESAR já havia fornecimento de energia elétrica. O sistema operava sem problemas em um ambiente com temperatura e umidade relativa de -40°C a +60°C e 0% a 90%, respectivamente. A antena operava normalmente em regiões de matas, mas o local deveria ter o campo de visão aberto para o satélite.

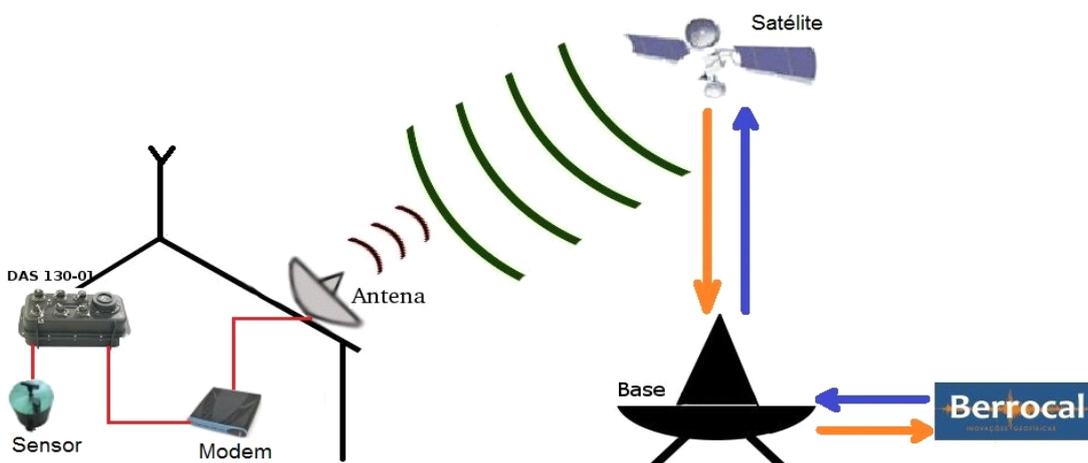


Figura 6.2 - Esquema da configuração de transmissão de dados por satélite

Foi adquirido um IP fixo válido para o modem e, dessa forma, criou-se uma intranet para o registrador DAS-130-01.

6.2 Tentativa de transmissão de dados via internet banda larga 3G

A contratada realizou teste da qualidade do sinal da internet banda larga 3G na ESAR, tendo sido o teste feito para a operadora Claro. O teste mostrou um sinal muito bom, na ordem de 52%, donde se concluiu que não seria necessário instalar uma antena amplificadora para o modem 3G. Na Figura 6.3, apresenta-se esquematicamente a rede de transmissão de dados via internet banda larga 3G.

Nos testes de transmissão de dados via 3G, feitos no local onde funciona a contratada, observou-se que a comunicação via modem 3G permaneceu por um máximo de quatro dias, e, após esse tempo e em alguns casos até em menos dias, a comunicação era perdida, sendo necessário reiniciar o roteador manualmente para restabelecer a comunicação, fato esse que seria sempre necessário, segundo informação de vendedores de roteadores 3G tradicionais.

Concluiu-se, então, que essa tecnologia ainda não estava satisfatoriamente consolidada para transmissão de dados em tempo real, para períodos longos de tempo, por exemplo, anos, já que acontecem quedas na transmissão por vários motivos, sendo um dos principais a falta de banda em momentos de pico de transmissão.

Dadas as dificuldades e incertezas associadas à banda larga 3G, optou-se pela transmissão de dados por internet via satélite (item 6.1).

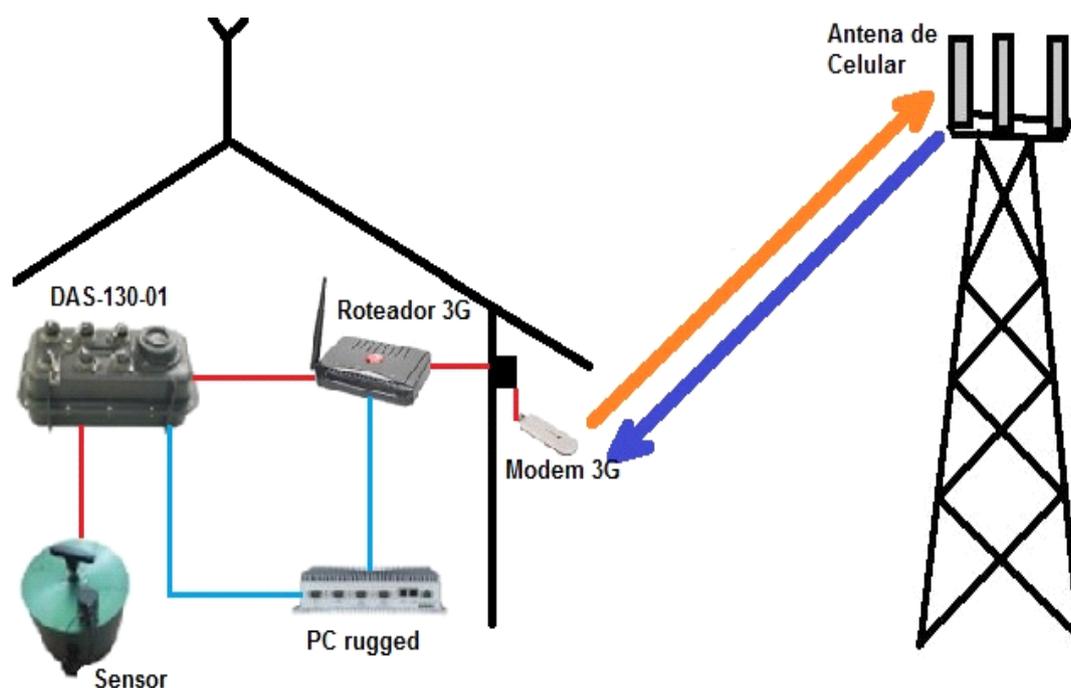


Figura 6.3 - Esquema da configuração de transmissão de dados por 3G

7 OBSERVAÇÕES FINAIS

Foram emitidos pelo DAN.T, até o momento, mais quatro relatórios sobre a ESAR. Cada um desses relatórios se refere à empresa com a qual o contrato foi firmado e, no caso da empresa *Berrocal Investigações Geofísicas*, por contrato. São eles:

- (i) Contrato Firmado entre ETN e *IAG/USP* - Relatório Técnico ETN - BP/G/6980/160029 (Ref. [7]).
- (ii) Contrato entre a ETN e a *Berrocal Vasconcelos Soluções Geofísicas e Tectônicas* - Relatório Técnico ETN BP/G/6980/160030 (Ref. [8]).
- (iii) Contrato GCS.A/CT - N4500144326, entre a ETN e a *Berrocal Inovações Geofísicas* - Relatório Técnico ETN BP/G/6980/160031 (Ref. [9]).
- (iv) Contrato GCS.A/CT - N4500175499, entre a ETN e a *Berrocal Inovações Geofísicas* - Relatório Técnico ETN BP/G/6980/160040 (Ref. [10]).

Neles constam todos os boletins sísmicos e relatórios técnicos emitidos desde o início de operação da ESAR.

8 REFERÊNCIAS

- [1] Relatório Técnico - "DEFINIÇÃO DO LOCAL E DO EQUIPAMENTO PARA INSTALAÇÃO DE UMA ESTAÇÃO SISMOGRÁFICA NAS PROXIMIDADES DA CNAAA - ESCOLHA DO LOCAL PARA INSTALAÇÃO DA ESAR", Serviço de Consultoria executado pelo Grupo de Sismologia do IAG/USP para a ELETRONUCLEAR, Outubro de 2000.
- [2] Relatório Técnico - "DEFINIÇÃO DO LOCAL E DO EQUIPAMENTO PARA INSTALAÇÃO DE UMA ESTAÇÃO SISMOGRÁFICA NAS PROXIMIDADES DA CNAAA - SELEÇÃO DO TIPO DE INSTALAÇÃO PARA O ABRIGO DO SENSOR DA ESAR", Serviço de Consultoria executado pelo Grupo de Sismologia do IAG/USP para a ELETRONUCLEAR, Novembro de 2000.
- [3] Desenho DIV-11-22428, "ESTAÇÃO SISMOGRÁFICA DAS CENTRAIS NUCLEARES DE ANGRA DOS REIS - ABRIGO PARA O SENSOR" (SINCRONIA - acervo de Angra 1 - código de arquivo DIV22024047).
- [4] Relatório Técnico - "DEFINIÇÃO DO LOCAL E DO EQUIPAMENTO PARA INSTALAÇÃO DE UMA ESTAÇÃO SISMOGRÁFICA NAS PROXIMIDADES DA CNAAA - SELEÇÃO DO EQUIPAMENTO SISMOGRÁFICO E ACESSÓRIOS PARA A ESAR", Serviço de Consultoria executado pelo Grupo de Sismologia do IAG/USP para a ELETRONUCLEAR, Janeiro de 2001.
- [5] Relatório Técnico 01 - "INSTALAÇÃO, OPERAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS DA ESTAÇÃO SISMOGRÁFICA DE ANGRA DOS REIS (ESAR)". IAG/USP, Abril de 2002.
- [6] Relatório Técnico de Manutenção Nº 3 - "INSTALAÇÃO E OPERAÇÃO DO REGISTRADOR DAS-130S". Berrocal Inovações Geofísicas, Janeiro de 2016.

Anexo 9 do Relatório ETN - BP/G/6980/160040

- [7] Relatório Técnico ETN – “BP/G/6980/160029 - Estação Sismográfica de Angra dos Reis – ESAR - Boletins Sísmicos e Relatórios Técnicos Emitidos Mediante Contrato Firmado entre ETN e IAG/USP”. (ESA06150876).
- [8] Relatório Técnico ETN – “BP/G/6980/160030 - Estação Sismográfica de Angra dos Reis – ESAR - Boletins Sísmicos e Relatórios Técnicos Emitidos Mediante Contrato Firmado entre ETN e Berrocal Vasconcelos Soluções Geofísicas e Tectônicas”. (ESA06150877).
- [9] Relatório Técnico ETN – “BP/G/6980/160031 - Estação Sismográfica de Angra dos Reis – ESAR - Boletins Sísmicos e Relatórios Técnicos Emitidos Mediante Contrato GCS.A/CT – 4500144326 – 01/12/2011 a 30/11/2014, Firmado entre ETN e Berrocal Inovações Geofísicas”. (ESA06150878).
- [10] Relatório Técnico ETN – “BP/G/6980/160040 - Estação Sismográfica de Angra dos Reis – ESAR - Boletins Sísmicos e Relatórios Técnicos Emitidos Mediante Contrato GCS.A/CT – 4500175499 – 09/12/2014a08/12/2017,Firmado entre ETN e Berrocal Inovações Geofísicas”. (ESA06150879).
- [11] Relatório Técnico “Proposta para Transmissão de Dados da ESAR”. Berrocal Inovações Geofísicas, Setembro de 2012.
- [12] Relatório Técnico de Manutenção Nº 2 – “Importação, Nacionalização e Repasse para a Eletronuclear de um Registrador Sismográfico, modelo 130S-01 fabricado pela REF TEK”. Berrocal Inovações Geofísicas”,Julho de 2014.
- Anexo8 do Relatório ETN – BP/G/6980/160040.**
- [13] Relatório Técnico IAG/USP “Complementações das Instalações do Abrigo do Sensor” – 27/11/2001.
- [14] Desenho IAG/USP “Complementações do Abrigo do Sensor” – 27/12/2001.

9 LISTA DE ANEXOS

Anexo 1:

Relatório Técnico – “DEFINIÇÃO DO LOCAL E DO EQUIPAMENTO PARA INSTALAÇÃO DE UMA ESTAÇÃO SISMOGRÁFICA NAS PROXIMIDADES DA CNAAA – ESCOLHA DO LOCAL PARA INSTALAÇÃO DA ESAR”, Serviço de Consultoria executado pelo Grupo de Sismologia do IAG/USP para a ELETRONUCLEAR, Outubro de 2000.

Anexo 2:

Relatório Técnico – “DEFINIÇÃO DO LOCAL E DO EQUIPAMENTO PARA INSTALAÇÃO DE UMA ESTAÇÃO SISMOGRÁFICA NAS PROXIMIDADES DA CNAAA – SELEÇÃO DO TIPO DE INSTALAÇÃO PARA O ABRIGO DO SENSOR DA ESAR”, Serviço de Consultoria executado pelo Grupo de Sismologia do IAG/USP para a ELETRONUCLEAR, Novembro de 2000.

Anexo 3:

Relatório Técnico – “DEFINIÇÃO DO LOCAL E DO EQUIPAMENTO PARA INSTALAÇÃO DE UMA ESTAÇÃO SISMOGRÁFICA NAS PROXIMIDADES DA CNAAA – SELEÇÃO DO EQUIPAMENTO SISMOGRÁFICO E ACESSÓRIOS PARA A ESAR”, Serviço de Consultoria executado pelo Grupo de Sismologia do IAG/USP para a ELETRONUCLEAR, Janeiro de 2001.

Anexo 4:

Relatório Técnico 01 – “INSTALAÇÃO, OPERAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS DA ESTAÇÃO SISMOGRÁFICA DE ANGRA DOS REIS (ESAR)”. IAG/USP, Abril de 2002.

Anexo 5:

Relatório Técnico - “Proposta para Transmissão de Dados da ESAR”. Berrocal Inovações Geofísicas, Setembro de 2012.

Anexo 6:

Relatório Técnico IAG/USP - “Complementações das Instalações do Abrigo do Sensor” – 27/11/2001.

Anexo 7:

Desenho IAG/USP - “Complementações do Abrigo do Sensor” – 27/12/2001.