

10. PLANO DE ACOMPANHAMENTO GEOLÓGICO/GEOTÉCNICO E DE RECURSOS MINERAIS

Este Plano congrega os Programas voltados para o monitoramento e a mitigação dos impactos ambientais associados aos aspectos geológicos e à potencialidade mineral da região da UHE Belo Monte, considerando as intervenções antrópicas ocasionadas pela implantação do empreendimento.

O Plano de Acompanhamento Geológico-Geotécnico e de Recursos Minerais (**FIGURA 10-1**) é composto por quatro Programas, sendo eles:

- Programa de Monitoramento da Sismicidade;
- Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais e Processos Erosivos;
- Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios;
- Programa de Acompanhamento das Atividades Minerárias.

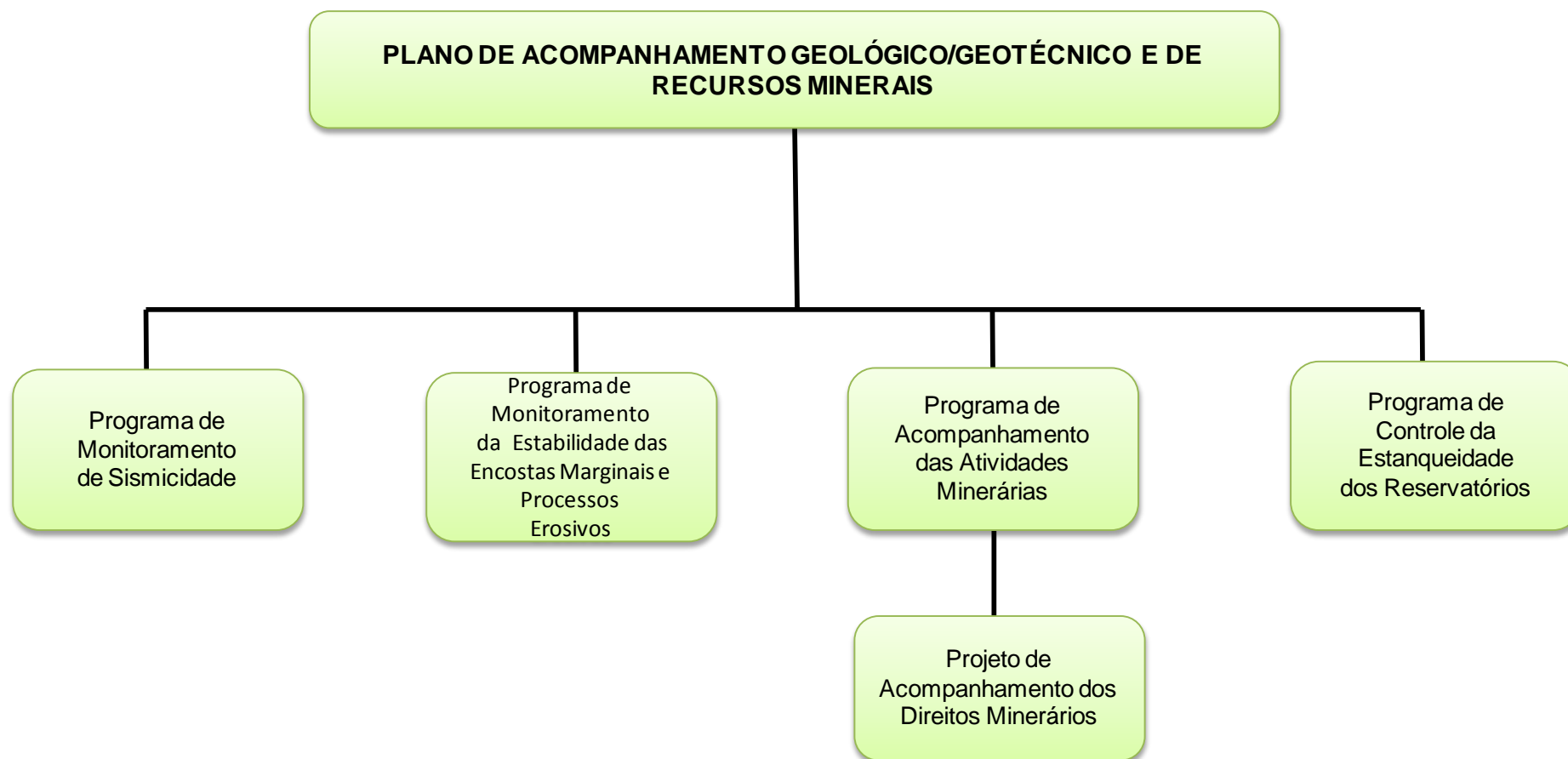


FIGURA 10-1- Organograma do Plano de Acompanhamento Geológico/Geotécnico e de Recursos Minerais

10.1 Programa de Monitoramento da Sismicidade

10.1.1 Introdução

Nos estudos de caracterização do meio físico do EIA/RIMA da UHE Belo Monte, no que tange o tema sismicidade natural e induzida, foi apresentado em detalhes o arcabouço sismotectônico da Amazônia Legal e da região no entorno do empreendimento. A análise dos dados apresentados, assim como as próprias conclusões do diagnóstico, demonstra que a região apresenta índices de sismicidade natural baixos.

De fato os dados localmente obtidos durante o período de operação da estação sismográfica de Altamira indicaram a ocorrência de apenas 5 microtemores com magnitudes entre 2,0 e 2,8 mR, todos ocorridos durante o ano de 1982. O único evento histórico, aparentemente de maior magnitude, sentido na área consistiu no evento ocorrido por volta das 17 horas (hora local) do dia 27/08/1883, sendo este o maior de uma seqüência de abalos sísmicos com duração de 30 minutos, sentidos pela população local de Monte Alegre e que causaram grande susto nas pessoas (BERROCAL et. al, 1984).

Em termos regionais, conforme os estudos de inventário do Médio Tocantins (THEMAG/ELETRONORTE, 1987), a UHE Belo Monte se insere na Zona Sismogênica de Itacaiunas, que consiste de uma área de instabilidade associada a estruturas tectônicas transcorrentes e à Sutura Central do Pará (MIOTO, 1993). Considerando-se um raio de 350 km a partir do local de implantação do futuro reservatório da UHE Belo Monte são contabilizados 258 (duzentos e cinquenta e oito) eventos naturais e induzidos. O mapa da **FIGURA 10.1.1-1** apresenta a distribuição dessa sismicidade, bem como feições e estruturas geológicas maiores, como o lineamento Xambioá-Pirangaquara ou lineamento Bacajá, sistemas de falhas NW e NE da Volta Grande do Xingu, falha do baixo rio Xingu com direção NNW-SSE, que controla o afogamento da foz do rio Xingu.

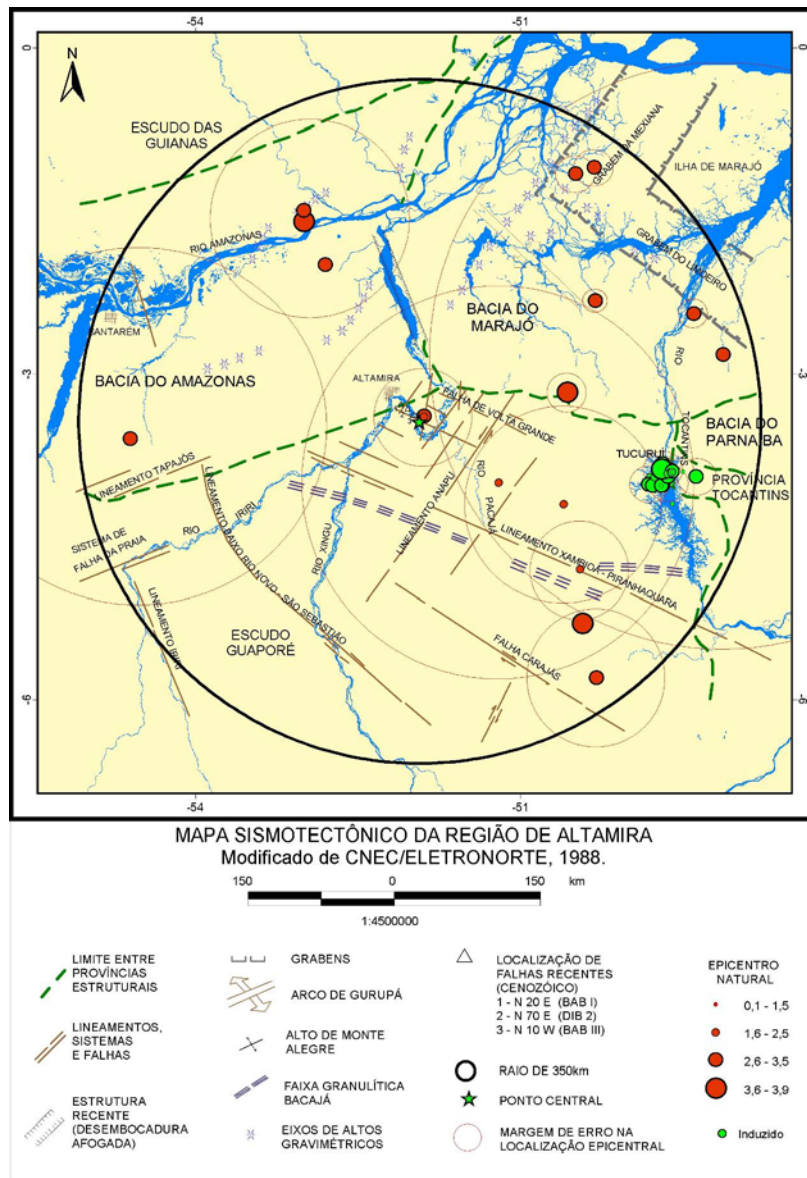


FIGURA 10.1.1-1 Mapa sismotectônico da região de Altamira, modificado de CNEC/ELETRONORTE (1988).

No que diz respeito a SIR (Sismicidade Induzida por Reservatórios), os eventos mais significativos se encontram associados com o reservatório de Tucuruí, os quais podem ser separados em duas fases, sendo uma inicial associada ainda ao enchimento do reservatório e uma tardia ocorrida cerca de 10 anos após o término do enchimento. Os sismos induzidos de maior magnitude associados a estas duas fases atingiram respectivamente 3,4 mD e 3,6 mR. Cabe ressaltar que durante o período de monitoramento da estação local TUC1, iniciado aproximadamente 5 anos antes do enchimento, em 08/11/1979, não foi registrado nenhum evento que possa ser atribuído a sismos naturais na área.

O conceito de sismicidade induzida por reservatórios é bem aceito e estudado mundialmente pelos sismólogos. A partir de observações empíricas e análises estatísticas pode-se afirmar que as magnitudes associadas a estes tipos de sismos são relativamente

baixas e raramente moderadas, e tendem a apresentar intensidades inferiores aos sismos naturais.

Os registros de sismicidade natural e induzida, os alinhamentos dos epicentros na direção norte-sul e evidências de atividade de falhas através da ocorrência de sismos são fatores que recomendam a implantação do programa de monitoramento sismológico para a UHE Belo Monte. Destaca-se que o monitoramento sismográfico de reservatórios é inclusive recomendado por órgãos internacionais, tais como International Commission on Large Dams da UNESCO, tendo sido historicamente adotado por todos os grandes empreendimentos mundiais e nacionais, se intensificando no Brasil a partir da segunda metade da década de 70.

O controle estrutural identificado na área pode ser desempenhado pelas zonas de falhas transcorrentes interligadas a falhas normais e inversas, de forma que, este monitoramento é recomendado também pela necessidade de se caracterizar os esforços atuantes, a sismicidade induzida e o risco sísmico, com base em dados instrumentais, obtidos no local e nas áreas de influência do empreendimento. A área de abrangência adotada consiste no raio de 350 km, que conforme apresentado acima, abrange maior parte dos eventos regionais naturais e induzidos, assim como grande parte das feições de interesse do arcabouço geotectônico.

O monitoramento será iniciado na Etapa de Construção, se estendendo pelas Etapas de Enchimento e de Operação da usina, sendo realizado com a instalação no local de uma rede de monitoramento composta por três estações triaxiais. Deverão ser utilizados também os dados de outras estações regionais já existentes, obtidos junto a cadastros de instituições, universidades e empresas.

Também faz parte dos objetivos do programa obter a correlação entre sismos e feições geológicas e estruturais da área, determinar epicentros, intensidades, magnitudes, acelerações sísmicas e área de influência dos eventos.

10.1.2 Justificativa

A caracterização da sismicidade apresentada no Capítulo Sismicidade Natural e Induzida da Área de Influência Indireta mostrou, em uma área circular com raio de 350 km a partir do local da futura UHE Belo Monte, um total de 258 eventos sísmicos, sendo 134 induzidos pelo reservatório da UHE Tucuruí e 124 eventos naturais. Apenas 18 eventos naturais foram detectados em outras regiões diferentes daquela de Tucuruí. O único evento histórico ocorrido na região foi aquele de Monte Alegre/PA. Os maiores eventos observados no período com observação instrumental alcançaram a magnitude 3,9 mR e aconteceram em Almeirim e em Serra dos Carajás/PA, a distâncias de 236 e 265 km, respectivamente do ponto central. A 200 km do futuro empreendimento constam nove eventos, enquanto a aproximadamente 7 km do ponto de busca, foram registrados cinco eventos com magnitudes entre 2,0 e 2,8 mR.

Até dezembro de 1999, a sinopse de sismos induzidos por reservatórios brasileiros apresentada por Marza et al. (1999) totalizava 23 casos, sendo 17 casos de sismos confirmados e 6 casos de sismos sem confirmação. As magnitudes apresentaram-se variáveis entre 1,6 e 4,2 mR e as intensidades entre III e VII. Os maiores ocorreram nos reservatórios de Porto Colômbia-Volta Grande (MG/SP) e Nova Ponte (MG). São destacados entre outros também aqueles de Carmo do Cajuru (MG), Capivari-Cachoeira (PR), Capivara (PR/SP) e Paraibuna-Paraitinga (SP), Tucuruí (PA), Balbina (AM), Miranda (MG) e Açú (RN).

Os reservatórios com sismos induzidos apresentam volumes variáveis entre aproximadamente $0,04 \times 10^9$ e $54 \times 10^9 \text{m}^3$ e suas barragens mostram alturas variáveis entre 23 e 158m. A maioria dos eventos se manifestou em até 3 anos após o enchimento do lago, com ciclos repetitivos ao longo do tempo. A exceção é Carmo do Cajuru e Açú, onde os maiores eventos foram registrados apenas após 18 e 9 anos do enchimento, respectivamente. Os sismos induzidos não provocaram danos materiais consideráveis, mas apresentaram efeitos macrossísmicos, sendo sentidos pela população. Considerando os reservatórios do Xingu e Intermediário, a UHE de Belo Monte apresenta $3,77 \times 10^9 \text{m}^3$ e altura máxima de 36 e 87 m.

Os sismos induzidos pelos reservatórios de Balbina e de Tucuruí representam 10% de todos os casos de sismos induzidos comprovados no país, e a região Norte (onde esses reservatórios estão localizados), com apenas cinco reservatórios, apresenta um número muito alto de casos de sismicidade induzida em relação às regiões sul e sudeste. Os sismos induzidos pelos reservatórios de Tucuruí e Balbina mostraram magnitudes máximas de 3,6 e de 3,7, próximas das magnitudes máximas registradas no país, com intensidades na faixa de IV-V na escala Mercalli Modificada.

A região de interesse ao projeto de implantação da UHE Belo Monte faz parte de uma região com atividade sísmica de baixa magnitude, destacando-se os cinco eventos locais com magnitudes entre 2,0 e 2,8 mR e aqueles mais afastados, com magnitudes de 3,9 mR. Para os sismos locais foi associado grau III da escala Mercalli Modificada. Sismos com essa intensidade são sentidos por várias pessoas, objetos suspensos oscilam e a vibração é semelhante à passagem de caminhões leves. Para os sismos ocorridos a maiores distâncias do empreendimento e que apresentaram magnitudes maiores não estão associadas intensidades da escala Mercalli Modificada, que podem ser da ordem de grau IV ou V e, conseqüentemente, os efeitos podem ser de intensidade ligeiramente maior. Sismo com intensidade V é sentido por pessoas fora de casa, objetos suspensos oscilam, pessoas acordam, líquidos em recipientes sofrem perturbações, pequenos objetos deslocam-se, portas abrem e fecham e quadros em paredes movem-se.

O forte controle estrutural identificado na área, desempenhado, a princípio, pelas zonas de falhas transcorrentes interligadas a falhas normais e inversas, os registros regionais de sismicidade natural e induzida, os alinhamentos dos epicentros na direção norte-sul e evidências de atividade de falhas através da ocorrência de sismos, tal como apresentado nos temas Geologia e Sismicidade do Diagnóstico Ambiental do EIA/RIMA da UHE Belo Monte, configuram um contexto geológico, estrutural e sismológico que merece ser melhor investigado e monitorado.

Desta forma, embora a área apresente, localmente e regionalmente, atividades sísmicas baixas a médias que possam incorrer em impactos de média magnitude e relevância, assim como riscos associados de pouca relevância, o programa de monitoramento sismológico para a UHE Belo Monte é altamente recomendável.

Esse monitoramento é recomendado também pela necessidade de caracterizar os esforços atuantes, a sismicidade induzida e o risco sísmico, com base em dados instrumentais, obtidos no local e nas áreas de influência do empreendimento. Destaca-se que prognosticar a ocorrência da sismicidade induzida e a sua magnitude depende de monitoramento contínuo da sismicidade local, com estações locais. Como os sismos induzidos por reservatórios no Brasil, de maneira geral, não ultrapassam os valores da sismicidade natural, o monitoramento continuado na área do empreendimento e abrangendo um longo período antes do enchimento dos reservatórios poderá esclarecer aspectos importantes da sismicidade induzida da área.

Para isso, a rede de monitoramento prevista será instalada na AID e/ou na All nas proximidades da AID. Serão utilizados também dados de outras estações regionais já instaladas na Amazônia, obtidos junto a cadastros de instituições e de universidades, incluindo aqueles do Sismógrafo de Altamira, durante o período em que esteve operante.

10.1.3 Objetivo

O objetivo do monitoramento a ser implantado é avaliar a atividade sísmica natural na área de influência do reservatório, durante um período anterior ao enchimento, para comparação com o nível de atividade sísmica obtida durante e após o enchimento do mesmo. Essa comparação objetiva avaliar a eventual existência de impactos no nível de sismicidade natural devido ao enchimento dos reservatórios.

O monitoramento sismológico deverá registrar e caracterizar as ocorrências sísmicas naturais e aquelas induzidas pela formação do reservatório. Esse monitoramento deverá abranger o período anterior ao enchimento, de enchimento e de pós-enchimento e deverá ser realizado com a instalação no local de uma rede de monitoramento composta, a princípio, por três estações triaxiais. Esse número de estações está em conformidade com a prática do Observatório Sismológico da UNB, que se fundamenta em recomendações internacionais, princípios sismológicos e características do reservatório para detectar e localizar até microtremores, caracterizados por baixas intensidades e magnitudes. Caso seja demonstrada necessidade, a partir da análise dos resultados obtidos durante o acompanhamento do programa, poderá ser instalada uma quarta estação. Deverão ser utilizados também os dados de outras estações regionais já existentes, obtidos junto a cadastros de instituições, universidades e empresas.

Além de verificar a eventual ocorrência de sismos induzidos pelo enchimento do reservatório e orientar a continuidade do monitoramento sismológico durante a operação do empreendimento, são também objetivos do programa obter a correlação entre sismos e feições geológicas e estruturais da área, determinar epicentros, intensidades, magnitudes, acelerações sísmicas e área de influência dos eventos.

10.1.4 Metas

As metas para o programa de monitoramento são as seguintes: caracterização da sismicidade da área; aquisição, instalação e assistência técnica das estações sismográficas da rede de monitoramento; acompanhamento do programa e interpretação dos resultados; proporcionar esclarecimentos à população; e promover inter-relações com outros programas de monitoramento do meio físico, tais como monitoramento de encostas marginais e monitoramento hidrogeológico. Por fim, almeja-se o melhor entendimento dos aspectos sísmicos naturais e induzidos que eventualmente venham a ocorrer, assim como as suas correlações com o contexto geotectônico regional.

10.1.5 Etapas do Empreendimento nas quais deverá ser Implementado

O programa deverá ser implementado durante as Etapas de Construção, Enchimento e de Operação.

10.1.6 Área de Abrangência

O levantamento e caracterização da sismicidade apresentado no Capítulo Sismicidade Natural e Induzida da Área de Influência Indireta mostrou, em uma área circular com raio de 350 km a partir do local da futura UHE Belo Monte, um total de 258 eventos sísmicos, sendo

134 induzidos pelo reservatório da UHE Tucuruí e 124 eventos naturais. Apenas 18 eventos naturais foram detectados em outras regiões diferentes daquela de Tucuruí.

A natureza dos eventos sísmicos naturais e induzidos não apresenta correlação direta com as áreas de influência delimitadas adequadamente para o EIA (Estudo de Impacto Ambiental), de forma que pretende-se monitorar as eventuais ocorrências em toda a área abrangida pelo raio de 350 Km no entorno do reservatório. Esta área, significativamente maior que a delimitada pela área de influência direta ou mesmo indireta, engloba os principais eventos registrados regionalmente assim como as grandes feições geotectônicas de interesse, sendo portanto considerada adequada para atender os objetivos previstos neste programa.

10.1.7 Base Legal e Normativa

Recomendações ou considerações específicas sobre o monitoramento sismográfico de reservatórios inexistem na legislação ou mesmo nas instituições normativas nacionais. Destaca-se, contudo, a NBR 15421:2006 - Projeto de estruturas resistentes a sismos - Procedimento, que fixa os requisitos exigíveis para verificação da segurança das estruturas usuais da construção civil relativamente às ações de sismos e os critérios de quantificação destas ações e das resistências a serem consideradas no projeto das estruturas de edificações, quaisquer que sejam sua classe e destino, salvo os casos previstos em Normas Brasileiras específicas. Esta, por sua vez, complementa a ABNT NBR 6118:2007 - Projeto de estruturas de concreto - Procedimento, aprovada pela norma internacional ISO 19338:2007.

No âmbito internacional, a ICOLD - International Commission on Large Dams da UNESCO (<http://www.icold-cigb.net/>) apresenta uma série de artigos técnicos e científicos a respeito do tema. A ICOLD é uma instituição não governamental que tem por objetivo promover fóruns de discussão e intercâmbio de conhecimentos e experiências na área de Engenharia de Barragens. Esta apresenta instituições-membros em grande parte dos países, incluindo no Brasil o CBDB - Comitê Brasileiro de Barragens.

Outro importante órgão de referência internacional é o ICODS - Interagency Committee on Dam Safety que preparou e aprovou as diretrizes federais para a segurança de barragens (Federal Guidelines for Dam Safety), nos quais, dentre diversos artigos, destaca-se aquele referente às análises de terremotos e projeto de barragens (Earthquake Analyses and Design of Dams), publicado pela FEMA em maio de 2005.

10.1.8 Metodologia

Estão previstas as seguintes atividades: detalhamento do programa de monitoramento; caracterização da sismicidade da área; aquisição, instalação e assistência técnica das estações sismográficas da rede de monitoramento; acompanhamento do programa e interpretação dos resultados; promover inter-relações com outros programas de monitoramento dos meios físico e socioeconômico, tais como monitoramento de encostas marginais e monitoramento hidrogeológico e programas de comunicação social visando proporcionar esclarecimentos a população.

A caracterização da área deve considerar a complementação do levantamento de dados e a sua interpretação no raio sugerido de aproximadamente 350 km a partir do ponto central, contemplando os seguintes aspectos:

- Relação dos eventos sísmicos naturais registrados ou sentidos dentro da área, com a data, coordenadas, localidade, estado, intensidade, magnitude, área afetada, distância do ponto de interesse;
- Relação dos eventos sísmicos induzidos por reservatórios registrados ou sentidos dentro da área, com a data, coordenadas, localidade, estado, intensidade, magnitude, área afetada, distância do ponto de interesse;
- Mapas de isossistas para eventos significativos, naturais e induzidos, localização e características de estações sismográficas de interesse para a área, planta de localização dos eventos individualizando aqueles naturais e induzidos, correlação com estruturas geológicas da área, aquisição/ instalação da rede sismográfica.

Após esta etapa, com base nos resultados obtidos, será feito um aprimoramento da rede de monitoramento preliminarmente proposta, incluindo adequação dos equipamentos, refinamento dos locais onde serão instalados e realização de testes de ruído em diferentes pontos da área.

Em seguida, serão elaborados projetos específicos das instalações que receberam as estações, considerando-se que deverão ser abrigados e protegidos. Concomitantemente ou mesmo anteriormente a esta etapa prevê-se a aquisição dos equipamentos que, imediatamente após a instalação, deverão ser calibrados. Destaca-se também a necessidade de se realizar treinamentos com o pessoal designado para operação das estações. Caso a estação não seja equipada por equipamentos de rádio-transmissão, a coleta dos sismogramas deverá ser efetuada por um técnico designado para essa finalidade.

Ao final da instalação, deverá ser emitido relatório contendo todas as atividades desenvolvidas e apresentando a localização da estação e características dos equipamentos instalados.

A prática adotada no monitoramento sismográfico de áreas de barragens estabelece duas fases distintas; a primeira, denominada fase pré-enchimento, é iniciada cerca de três anos antes do enchimento do reservatório. Esta etapa pode ser cumprida pela instalação de uma única estação triaxial, somando a dados de outras estações regionais. A segunda, denominada fase pós-enchimento, inicia-se um pouco antes do enchimento do reservatório. Nesta fase, é necessário adensar a rede de monitoramento, visando à detecção e localização de possíveis microtremores situados no interior ou nas margens do reservatório.

De acordo com a prática adotada pelo Observatório Sismológico (SIS) da Universidade de Brasília (UnB), nesta fase de pós-enchimento, que se fundamenta em princípios sismológicos e recomendações internacionais, indica-se, a depender das características do reservatório (altura máxima da lâmina d'água, volume, área inundada, forma do reservatório etc.), a instalação de três estações triaxiais, considerando-se a existência de outras estações a distâncias regionais. A instalação dessas estações obedece a uma dada conformação espacial e requisitos de sensibilidade na detecção de microeventos.

Considerando-se as dimensões do futuro reservatório da UHE Belo Monte, bem como a sua conformação espacial irregular, definiu-se uma rede de monitoramento com três estações a ser operada já na Etapa de Construção. A **FIGURA 10.1.8-1** apresenta uma indicação de quatro possíveis locais onde poderão ser instaladas as estações. Dentre estes, três serão selecionados para a instalação das estações. Ressalta-se que esta rede proposta consiste de uma sugestão preliminar, estando sujeita a alterações após os refinamentos previstos nos estudos iniciais que, por sua vez, integram as atividades iniciais do próprio programa.

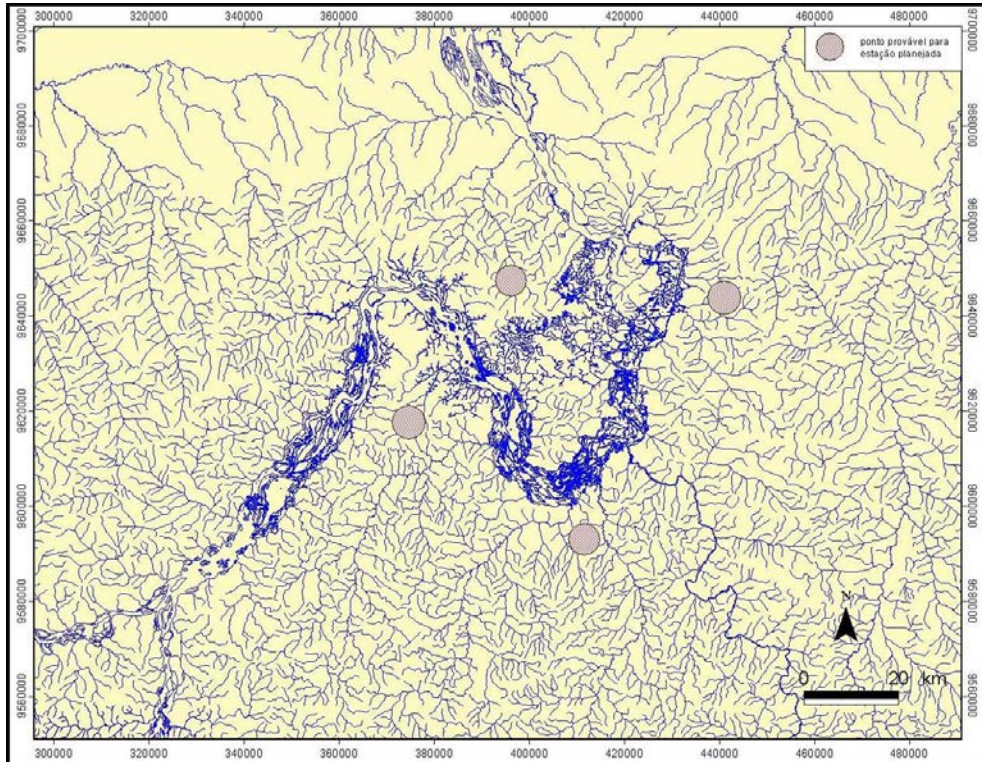


FIGURA 10.1.8-1– Possíveis locais para a instalação de estações sismográficas na área de influência do futuro reservatório da UHE Belo Monte.

Visando satisfazer as condições e facilidades necessárias ao monitoramento do futuro reservatório da UHE Belo Monte, propõe-se a aquisição de equipamentos que atendam, simultaneamente, diferentes situações operacionais, i.e, que disponham da flexibilidade instrumental, de forma a funcionar transmitindo dados por meio de rádio-telemetria ou, se necessário for, a partir da coleta local dos mesmos. Esse tipo de equipamento trará a vantagem de se poder optar, de acordo com a conveniência ou situação, qual a melhor maneira de se operacionalizar a aquisição dos dados. Diante disso, os equipamentos de campo, particularmente as unidades de aquisição de dados, deverão ser do tipo datalogger preferencialmente com disponibilidade de transmissão de dados a partir de transceptores digitais, internet ou via link de satélite. Essas unidades devem dispor de memória interna suficiente para garantir o funcionamento contínuo por períodos de várias semanas ou meses. Deverão, ainda, dispor de meios para correção permanente do relógio interno que, usualmente, é realizada por receptores GPS.

Os sensores ou sismo-receptores deverão ser triaxiais e com banda de resposta em frequência compatível com o que se está interessado em estudar. Uma estação sismográfica típica, operada por rádio-telemetria, é composta de uma unidade de aquisição de dados, um sismômetro, rádios transceptores, uma central de recepção concentradora de dados e um sistema de alimentação para a estação de campo.

A unidade de aquisição de dados, também chamada registrador sísmico ou datalogger, de tecnologia digital, é responsável pela aquisição, digitalização e processamento dos sinais oriundos do sismômetro. Ela disponibiliza os dados adquiridos através de porta de comunicação Serial ou Ethernet e permite o armazenamento temporário desses dados internamente. Além disso, possui uma base de tempo sincronizado por meio de receptor GPS, o que permite a obtenção precisa do horário dos eventos gravados; possui, ainda, 3 ou 6 canais de entrada de dados sísmicos.

Os equipamentos a serem adquiridos se compõem de quatro conjuntos para montar três estações de monitoramento sismográfico e manter o quarto conjunto de reserva. Cada conjunto é composto por:

- Uma unidade de aquisição de dados (sismógrafo) para utilização com o sismômetro;
- Um sismômetro banda larga;
- Um supressor de transiente.

Os equipamentos recomendados para os trabalhos são:

Unidade de Aquisição de Dados para Utilização com Sismômetro de banda larga: Modelo CMG-DM24-S3; Marca GURALP. Este possui as seguintes especificações:

- 3 canais de entrada e gravação de dados sísmicos com 24 bits de resolução;
- 8 canais de entrada auxiliares em modo “single ended” com 20 bits de resolução;
- Entrada dos canais sísmicos em modo diferencial com proteção transiente;
- Gravação dos dados em “flash memory” com capacidade total de, pelo menos, 2GBytes;
- Interface USB ou fireware disponível;
- Receptor GPS externo para correção do relógio do registrador, com conexão serial;
- Gerador de sinal interno para calibração de sensor, com ajuste de frequência, amplitude e com seleção de forma de onda;
- Com DPS (Digital Signal Processor);
- Tamanho compacto;
- Para uso em campo;
- Baixo consumo, menor que 2 Watts;
- Tensão de entrada de 10 a 36 DVC;
- Resistente à água;
- Comunicação através de porta serial com isolamento ótico;
- Diferentes possibilidades de seleção de taxas de amostragem;
- Gravação contínua dos dados;
- Detector de eventos do tipo STA/LTA disponível;

- Cabos e conectores para: alimentação, sismômetro, GPS, comunicação serial;
- Para ser utilizado em rede sismográfica local, onde os dados são transmitidos continuamente por rádio digital para uma central de recepção e registro;
- Respectivo software de recepção, registro, armazenagem dos dados e controle de estações, a ser utilizado em computador PC (ambiente Windows), na central de recepção e registro, com visualização simultânea de, pelo menos, 8 estações triaxiais, i.e, 24 canais;
- Manual técnico e de operação;
- Garantia de, pelo menos, 1 (um) ano.

Sismômetro de banda larga: Modelo: CMG-40T; Marca: GURALP. Especificações:

- Triaxial (3 componentes internas ortogonais - Norte/Sul, Leste/Oeste, Vertical);
- Nível de ruído eletrônico menor ou igual a 172dB (rel. 1m2s-4Hz-1);
- Entrada de calibração disponível para todas as componentes internas;
- Resposta em frequência de 30 segundos a 100 Hz;
- Saída em velocidade banda larga por “force feedback”;
- Funcionamento mecânico por molas de suspensão para as massas;
- Ajuste de centro das massas através de potenciômetros;
- Resposta em velocidade de 800 V/m/s (2*400 V/m/s);
- Tensão de alimentação de + 12 VDC;
- Consumo de até 50mA em 12 VDC;
- Ressonância parasita (espúrios) acima de 400 Hz vertical;
- Faixa de operação de – 10°C a + 75°C;
- Corpo do sismômetro em aço inoxidável;
- Portátil;
- Resistente a água;
- Sem necessidade de travas para as massas durante o transporte;
- Cabo para ligação ao Registrador;
- Fornecimento dos pólos-e-zeros da função de transferência do sismômetro;
- Manual técnico e de operação;

- Garantia de, pelo menos, 1 (um) ano.

Supressor de Transiente: Modelo: DM24-TS; Marca: GURALP. Especificações:

- Desenhado para ser conectado ao digitalizador CMG-DM24-S3;
- Deve proteger o digitalizador e os seus componentes associados contra surtos (transientes) provocados por raios ou descargas eletrostáticas;
- Proteção disponível para a linha de dados (RS-232), para o GPS e para a linha de alimentação.

O sismômetro, sensor ou sismo-receptor é, na maioria das vezes, do tipo triaxial, i. e, possui três sensores integrados e dispostos da seguinte forma: dois horizontalmente posicionados, perpendicularmente entre si, e um verticalmente posicionado. Dependendo do modelo, podem apresentar uma faixa de frequência de trabalho ampla, de 0,03 Hz a 100 HZ.

Os rádios transceptores são digitais e operam, geralmente, na faixa de spread spectrum, ou seja, na banda de 900 MHz. Disponibilizam potência de saída de 100 mW a 1 Watt, ajustável pelo usuário.

A central de recepção de dados possui um computador PC, executando software específico para recebimento dos dados e controle remoto das estações de campo. No PC estão conectados os rádios transceptores, por meio de HUBs Ethernet ou por dispositivos multi-seriais. O sistema de alimentação é baseado em painéis solares, baterias e regulador de carga, o que permite uma alimentação ininterrupta para todos os equipamentos da estação de campo.

As **FIGURAS 10.1.8-2 e 10.1.8-3** apresentam desenhos esquemáticos dos equipamentos que compõem uma estação sismográfica, bem como da transmissão dos dados para uma central de recepção e registro. Observa-se a necessidade de um notebook para a configuração, manutenção e acesso aos dados da estação. A **FIGURA 10.1.8-4** apresenta um corte esquemático de uma estação sismográfica e as construções necessárias para o abrigo e funcionamento dos equipamentos.

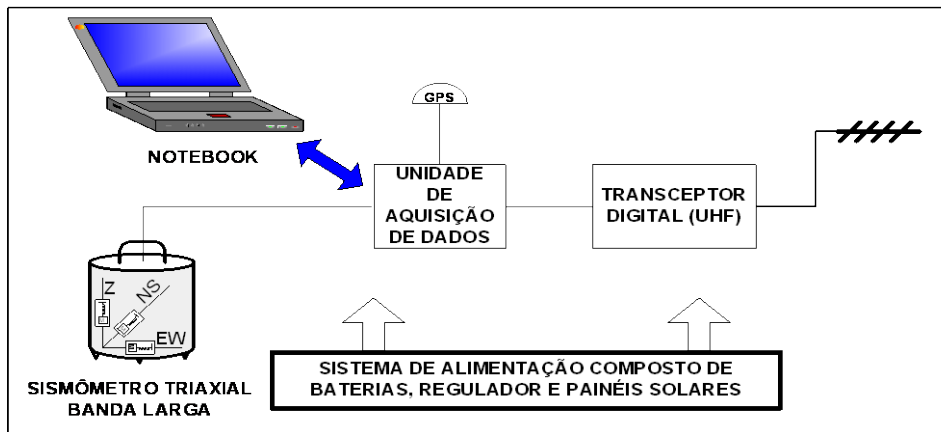


FIGURA 10.1.8-2- Estação sismográfica típica operando por telemetria digital. O Notebook indicado na figura é utilizado para configuração da Estação e, no caso de operação local, é usado para a coleta de dados.

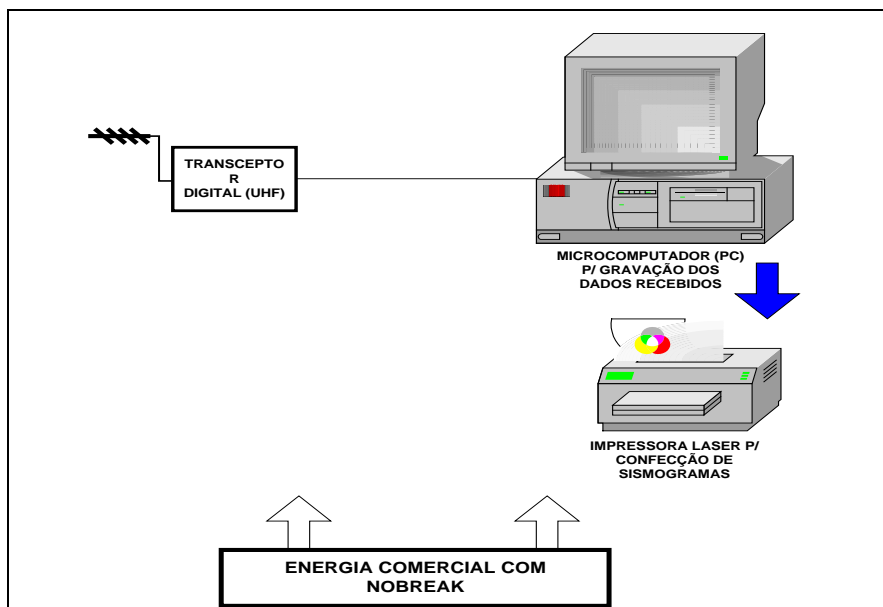


FIGURA 10.1.8-3- Central de recepção e registro de dados. É prevista também uma impressora laser, para confecção automática de sismogramas.

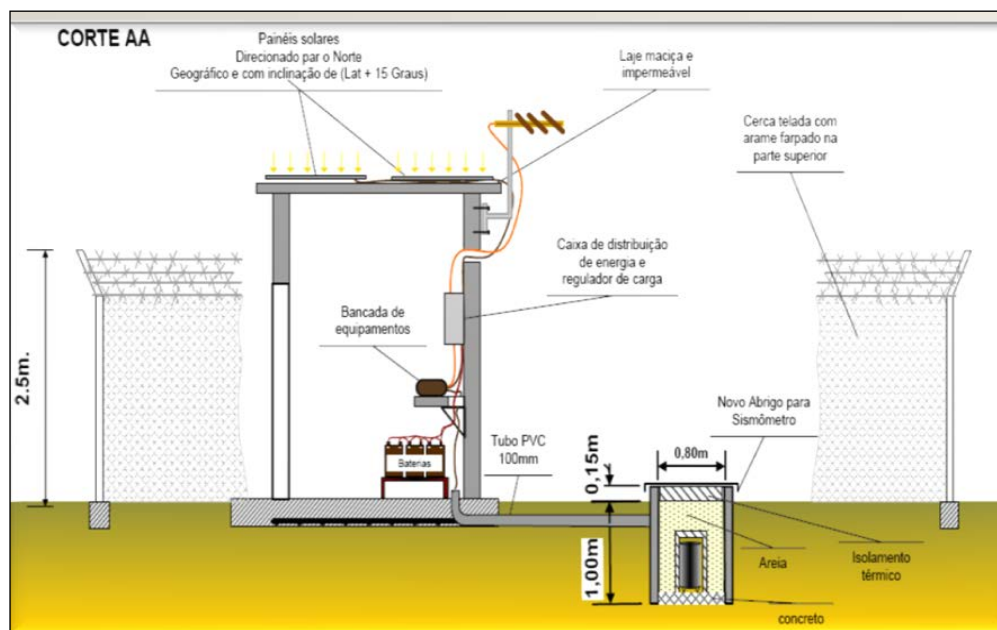


FIGURA 10.1.8-4- Corte esquemático de uma estação sísmográfica.

A atividade sísmica deverá ser monitorada permanentemente e continuamente com geração e leitura de sismogramas. Deverá ser disponibilizado o controle, registro e monitoramento de explosões realizadas na área do reservatório, como em pedreiras e escavações para implantação das obras, bem como o registro do nível d'água do rio Xingu/reservatórios, para a correta interpretação dos sismogramas.

Além dos dados obtidos através da rede instalada na área do reservatório devem ser considerados também aqueles oriundos das estações regionais instaladas na região. A análise e interpretação dos dados e a emissão de relatórios deverão ser com frequência trimestral ou por ocasião da eventual ocorrência de sismos considerados importantes.

Após as primeiras análises, será verificada a necessidade de relocação de estações para a correta localização dos eventos. Os resultados a serem obtidos são epicentros, intensidades, magnitudes, acelerações sísmicas, área de influência dos eventos sísmicos, esforços atuantes na área e ainda a correlação entre sismos e feições geológicas e estruturais da área. Estes deverão permitir também a avaliação da atividade sísmica natural na área de influência do reservatório, antes, durante e após a formação do reservatório, bem como a avaliação da existência de impactos no nível de sismicidade natural devido ao enchimento.

A qualquer momento podem ser prestados esclarecimentos sobre a possibilidade de sismicidade induzida e dos possíveis efeitos, de forma a evitar sustos à população local, durante a execução do Programa de Interação Social e Comunicação.

10.1.9 Atividades a serem Desenvolvidas

Entre as atividades a serem realizadas, destaca-se: detalhamento do programa de monitoramento; caracterização detalhada da sismicidade da área; aquisição, instalação e assistência técnica das estações sísmográficas da rede de monitoramento; acompanhamento do programa e interpretação dos resultados; promover inter-relações com outros programas de monitoramento do meio físico, tais como monitoramento de encostas marginais e monitoramento hidrogeológico e programas de comunicação social visando proporcionar esclarecimentos a população.

a) Detalhamento do programa de monitoramento

O detalhamento do programa está apresentado neste documento com a apresentação das especificações para aquisição dos equipamentos da estação, o estabelecimento da frequência de coleta e envio de dados coletados, bem como os aspectos da transmissão de dados. Eventuais ajustes poderão ser considerados durante a execução do programa.

b) Caracterização da sismicidade da área

A caracterização da área deve considerar a complementação do levantamento de dados efetuado nos estudos de sismicidade do Diagnóstico Ambiental do EIA/RIMA da UHE Belo Monte e a sua interpretação em um raio de aproximadamente 350 km a partir do ponto central. Deverão ser identificados e registrados os eventos sísmicos naturais e induzidos que ocorram dentro da área, com a data, coordenadas, localidade, intensidade, magnitude, área afetada e distância do ponto de interesse.

Os dados adquiridos pelo presente programa serão disponibilizados para os Observatórios Sismológicos Nacionais e também prestados esclarecimentos públicos sempre que solicitados.

c) Aquisição / instalação da rede sismográfica

Nesta etapa deverá ser considerada a aquisição de estações sismográficas e atendidos os procedimentos necessários para a instalação de uma rede sismográfica composta por três estações triaxiais na área do empreendimento.

d) Monitoramento da sismicidade, acompanhamento do programa e interpretação dos resultados

A atividade sísmica deverá ser monitorada permanentemente e continuamente com geração e leitura de sismogramas. A análise e interpretação dos dados e a emissão de relatórios deverão ser com frequência trimestral ou por ocasião da eventual ocorrência de sismos considerados importantes. Após as primeiras análises, será verificada a necessidade de relocação de estações para a correta localização dos eventos.

e) Esclarecimentos à população

Serão prestados esclarecimentos à população sobre a possibilidade de sismicidade induzida e dos possíveis efeitos, de forma a evitar sustos à população local, durante o desenvolvimento do Programa de Interação Social e Comunicação, tal como apresentado nos estudos de sismicidade do EIA/RIMA da UHE Belo Monte e reforçado nos pareceres 105 e 106 do IBAMA.

No Programa de Interação Social e Comunicação deverão constar os treinamentos para as equipes de emergência da cidade de Altamira e para a população em caso da ocorrência de sismos com intensidades superiores a V na escala Mercalli. As ações desenvolvidas no Programa de Interação Social e Comunicação considerará os resultados do monitoramento obtido no presente programa.

10.1.10 Apresentação dos Resultados e Produtos a serem Gerados

Como resultados e produtos associados serão elaboradas plantas de localização dos eventos, individualizando aqueles naturais e induzidos, mapas de isossistas para eventos

significativos, naturais e induzidos, documentos com a localização e características de estações sismográficas de interesse para a área e relatórios correlacionando sismos e estruturas geológicas da área. A emissão de relatórios deverá ser com frequência trimestral ou por ocasião da eventual ocorrência de sismos considerados importantes.

10.1.11 Equipe Técnica Envolvida

A equipe técnica alocada para a realização das ações previstas deve ser formada por geofísicos, sismólogos e geólogos sênior, pleno e júnior.

10.1.12 Interface com outros Planos, Programas e Projetos

Os resultados obtidos com o desenvolvimento do presente Programa poderão ser compartilhados com algumas ações do Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais e Processos Erosivos e do Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas.

A interface com o Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais e Processos Erosivos deve ser realizada no sentido de se avaliar a interferência de possíveis sismos na estabilidade das encostas que serão atingidas pelo aumento do nível das águas do rio quando este for represado.

O Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas é importante, pois sedimentos inconsolidados existentes em subsuperfície, abaixo do nível d'água, podem sofrer pequenos processos de liquefação, e, ao se adaptar às novas condições, podem ocorrer pequenas acomodações nas fundações das edificações.

Durante o Programa de Interação Social e Comunicação serão prestados esclarecimentos à população sobre efeitos decorrentes de possíveis eventos sísmicos e deverão ser ministrados treinamentos para as equipes de emergência da cidade de Altamira e para a população em caso da ocorrência de sismos com intensidades superiores a V na escala Mercalli.

10.1.13 Avaliação e Monitoramento

Prognosticar a ocorrência da sismicidade induzida e a sua magnitude depende de monitoramento contínuo da sismicidade local, com estações locais. Como os sismos induzidos por reservatórios no Brasil, de maneira geral, não ultrapassam os valores da sismicidade natural, o monitoramento continuado na área do empreendimento e abrangendo um longo período antes do enchimento dos reservatórios poderá esclarecer aspectos importantes da sismicidade natural e induzida da área.

O Programa de Monitoramento da Sismicidade proposto deverá caracterizar a sismicidade natural, os esforços atuantes, a sismicidade induzida e o risco sísmico, com base em dados instrumentais, obtidos no local e nas áreas de influência do empreendimento UHE Belo Monte.

O monitoramento terá início três anos antes do enchimento do reservatório do Xingu, portanto, quatro anos antes do enchimento do reservatório Intermediário, visando uma melhor caracterização dos eventuais sismos induzidos que venham a ocorrer posteriormente, devendo perdurar por um período mínimo a ser definido durante a própria fase de monitoramento. Este PBA considera o monitoramento até dois anos após o enchimento do reservatório Intermediário. A partir deste momento, o monitoramento passa a ser conduzido como atividade de rotina da operação da usina.

Ainda com relação ao monitoramento, ressalta-se que a rede inicialmente prevista, poderá sofrer modificações e adequações que visem um aprimoramento da atividade, caso a equipe técnica responsável pela implementação julgue necessário.

Especificamente para este programa considera-se que os melhores indicadores consistem na manutenção da correta operação da rede sismográfica para detecção dos sísmos naturais e induzidos que venham a ocorrer, podendo ser quantificado pelo número de dias de inoperância por trimestre.

Ao longo de toda a fase de monitoramento podem ser acionadas ações no nível de gestão considerando a magnitudes dos eventos com base na escala Richter. Os intervalos e valores críticos de magnitudes sugeridos para os diversos níveis de gestão são:

- Nível de gestão de rotina: sísmos naturais e induzidos inferiores a 3,0 mR. Abalos desta magnitude podem ser sentidos pelas pessoas e a vibração produzida é comparável a passagem de caminhões leves. Com base no contexto regional estes valores podem ser correlacionados com o grau III da escala de Mercalli Modificada e de forma isolada não tendem a proporcionar danos ou avarias nas edificações ou oferecer riscos a população;
- Nível de gestão em alerta: sísmos naturais e induzidos entre 3,0 e 4,5 mR. Abalos desta magnitude podem ser sentidos por pessoas fora de casa, objetos suspensos oscilam, pessoas acordam, líquidos em recipientes sofrem perturbações, pequenos objetos deslocam-se, portas abrem e fecham e quadros em paredes movem-se. Com base no contexto regional estes valores podem ser correlacionados com os graus IV e V da escala de Mercalli Modificada e podem, eventualmente, proporcionar pequenos danos ou avarias nas edificações e tendem a assustar as pessoas. São passíveis de ações no nível de gestão que podem incluir esclarecimentos específicos a população e, eventualmente, avaliações e vistorias técnicas que visem identificar condições de risco;
- Nível de gestão crítica: sísmos superiores a 4,5 mR. Abalos com magnitudes superiores a este limite não devem ocorrer haja visto que a região apresenta uma baixa sismicidade natural e o maior sismo induzido no Brasil atingiu apenas 4,2 mR, produzindo resultados compatíveis com intensidades VI e VII na escala de Mercalli Modificada. Este nível de gestão crítica é passível de ações específicas de ordem técnicas e/ou sociais por parte do empreendedor, que visem minimizar ou evitar quaisquer impactos oriundos diretamente ou indiretamente dos abalos.

Destaca-se, sobretudo que as faixas de variação ora indicadas para esses níveis de gestão, constituem uma avaliação preliminar, devendo ser objeto de checagem, refinamentos e eventuais alterações no decorrer da implementação do Programa.

10.1.14 Responsável pela Implementação

A implementação e desenvolvimento do programa são de responsabilidade do Empreendedor.

10.1.15 Parcerias Recomendadas

O programa será desenvolvido em convênio com entidades historicamente envolvidas com acompanhamento e análise dos eventos sísmicos no âmbito nacional e monitoramentos de empreendimentos similares, como por exemplo, o Observatório Sismológico da Universidade de Brasília.

Caso julgue-se necessário durante a implantação do programa podem ser sugeridas parcerias específicas com entidades públicas e privadas, no âmbito governamental do poder executivo, câmaras técnicas, institutos de pesquisa, ou mesmo ONGs e OSIPs.

10.1.16 Cronograma Físico

O cronograma para o desenvolvimento das atividades do presente Programa está ligado às etapas e fases do empreendimento, tal como apresentado a seguir:

- Caracterização da sismicidade: esta atividade deverá ser realizada no quarto trimestre do primeiro ano da implantação do empreendimento;
- Aquisição e instalação de estações sismográficas: imediatamente após a conclusão da caracterização da sismicidade e eventuais aprimoramentos da rede de monitoramento. Deverá ser adquirida e instalada a rede sismográfica, sendo que sua conclusão deverá ocorrer na maior brevidade de tempo possível, de forma a se obter dados durante um período de tempo longo antes da formação dos reservatórios. Pelo menos uma das estações da rede de monitoramento já deverá estar instalada quando do início das obras civis.
- Monitoramento, acompanhamento e interpretação dos resultados: o monitoramento da sismicidade deverá ser permanente e contínuo, com início logo após a instalação da rede sismográfica, prosseguindo durante a etapa de implantação e continuando durante a operação. Conforme já mencionado, este PBA considera o monitoramento até dois anos após o enchimento do reservatório Intermediário. A partir deste momento, o monitoramento passa a ser conduzido como atividade de rotina da operação da usina. Os resultados das medições dos sismógrafos e da interpretação dos resultados deverão ser substanciados em relatórios trimestrais. A análise da sismicidade e dos resultados fornecerá diretrizes para o caso da necessidade de continuidade do Programa.

UHE BELO MONTE
PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA SISMICIDADE

Marcos		Observações	2011				2012				2013				2014				2015				2016				2017				2018				2019				2020				2021				2022				2023				2024				2025			
			T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4								
			IMPLANTAÇÃO																																																											
			OPERAÇÃO COMERCIAL (A PLENA CARGA)																																																											
ETAPAS																																																														
CRONOGRAMA DAS OBRAS																																																														
1	Obras para melhoria e abertura de acessos ao empreendimento																																																													
2	Implantação dos canteiros e instalações iniciais																																																													
3	Implantação de vilas residenciais																																																													
4	Implantação do Porto (Porto da Obra)																																																													
5	Lançamento das ensecadeiras principais (1a e 2a fases)																																																													
6	Implantação obras civis Sítio Pimental (barragens, vertedouro, circuito adução/geração e LT)																																																													
7	Início de operação do sistema provisório de transposição de embarcações																																																													
8	Implantação do sistema definitivo de transposição de embarcações																																																													
9	Implantação do sistema de transposição de peixes																																																													
9	Serviços de montagem no Sítio Pimental																																																													
9	Implantação obras civis Sítio Belo Monte (barragens e circuito adução/geração)																																																													
10	Serviços de montagem no Sítio Belo Monte																																																													
10	Escavação e demais obras relacionadas aos canais																																																													
11	Construção dos diques																																																													
12	Desmobilização total dos canteiros																																																													
CRONOGRAMA DOS CADASTROS																																																														
1	Cadastro Socioeconômico																																																													
1.1	Áreas de canteiros, linhas de transmissão e acessos para as obras	Concluído																																																												
1.2	Vila Santo Antônio, Porto e Sítio Belo Monte	Concluído																																																												
1.3	Trecho de Vazão Reduzida																																																													
1.4	Reservatório do Xingu																																																													
1.5	Reservatório Intermediário																																																													
1.6	Igarapés (Altamira)																																																													
2	Cadastro Físico-territorial (inclui avaliação de benfeitorias e medição)																																																													
2.1	Áreas de canteiros, linhas de transmissão e acessos para as obras	Concluído																																																												
2.2	Vila Santo Antônio																																																													
2.3	Reservatório do Xingu																																																													
2.4	Reservatório Intermediário																																																													
2.5	Igarapés (Altamira)																																																													
CRONOGRAMA DO PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA SISMICIDADE																																																														
1	Caracterização da sismicidade regional / refinamento do Programa																																																													
2	Aquisição / instalação das estações																																																													
3	Monitoramento da sismicidade (acompanhamento no âmbito do PBA)																																																													
4	Monitoramento da sismicidade (acompanhamento na operação da usina)																																																													

10.1.17 Profissionais Responsáveis pela Elaboração do Programa ou Projeto

A elaboração deste programa é de responsabilidade da equipe técnica da THEMAG Engenharia, sob coordenação da geóloga Marilda Tressoldi (CREA 0600581382) e sub-coordenação do geólogo Luiz Fernando Roldan (CREA 5062130080).

10.1.18 Referências Bibliográficas

BARROS, L. V. (2000) Relatório Técnico Final FINEP - Projeto de Ampliação e de Modernização do Sistema Sismográfico da Amazônia Brasileira, SIS/UnB, 254pp.

BERROCAL, J.; ASSUMPÇÃO, M. S.; ANTEZANA, R.; DIAS NETO, C. M.; ORTEGA, R.; FRANCA, H.; VELOSO, J.A.V. (1984) Sismicidade do Brasil. Instituto Astronômico e Geofísico, São Paulo, Brasil, 320 p.

CARVALHO, J. M. (1998) Seismic Observation In the Brazilian Amazon, Bulletin of the Intern. Institute of Seism. and Earthquake Engineering, Vol. 32, p. 63-78.

FEMA 65 Federal Emergency Management Agency (2005) – Federal Guidelines for Dam Safety: Earthquake Analyses and Design of Dams - U.S. Dept. of Homeland Security, vi, 45, [26] p.

MARZA, V. I.; BARROS, L. V.; SOARES, J. E.; CARVALHO, J.; FONTENELE, D. P.; CHIMPLICANOND, C. N.; CAIXETA, D.; GOMES, I. P.; FURTADO, G. O.; CARIM, A. L.; SOUZA, G. F.; CALIMAM, E. H. & BARROS, J. B. (1999) Aspectos da Sismicidade Induzida por Reservatórios no Brasil. Seminário Nacional de Grandes Barragens. Belo Horizonte - MG, Anais, I, p. 199-211, 22 a 26 de março 1999.

VELOSO, J.A.V., CARVALHO, J.M., BARROS, L.V. e MARZA, V.I. (1997) AMAZONScope a BB Digital Seismograph Network for Monitoring Seismicity of the Brazilian Amazon. Anais of the 5^o Intern. Congress, São Paulo, 1997 pp 960-963.

10.2 Programa de Acompanhamento das Atividades Minerárias

Este Programa tem por objetivo a proposição e implantação de medidas que compensem as perdas da atividade minerária decorrentes da implantação do empreendimento, haja vista as interferências em áreas de pesquisa e concessões minerárias, e o monitoramento da atividade garimpeira na região da Volta Grande do Xingu, que poderá ser intensificada em razão do nível d'água do rio permanecer mais baixo a jusante do barramento do Sítio Pimental.

O Programa de Acompanhamento das Atividades Minerárias é composto pelos seguintes Projetos:

- Projeto de Acompanhamento dos Direitos Minerários;
- Projeto de Acompanhamento da Atividade Garimpeira.

Apresenta-se a seguir o Projeto de Acompanhamento dos Direitos Minerários, sendo aquele referente à atividade garimpeira abordado no âmbito do Plano de Gerenciamento Integrado da Volta Grande do Xingu, uma vez que se trata de um projeto específico para esse compartimento.

10.2.1 Projeto de Acompanhamento dos Direitos Minerários

10.2.1.1 Introdução

Apresenta-se neste documento o Projeto de Acompanhamento dos Direitos Minerários a ser desenvolvido no âmbito das ações inerentes à implantação das obras principais da Usina Hidrelétrica de Belo Monte – UHE Belo Monte, sendo uma extensão do projeto de mesma denominação já apresentado para as instalações iniciais do empreendimento (canteiros industriais e acampamentos dos Sítios Belo Monte e Pimental, linha de transmissão de 69 kV e vias de acesso interligando a BR-230 ao Sítio Pimental, ao Acampamento da Eletronorte e à área de terraplenagem do porto da obra).

A presente abordagem do Projeto de Acompanhamento dos Direitos Minerários abrange, portanto, toda a extensão da área de intervenção física requerida pelo empreendimento, incluindo todos os seus canteiros industriais, acampamentos, linhas de transmissão de 69, 230 e 500 kV, vias de acessos diversas, áreas de implantação das estruturas, barramentos, reservatórios, áreas de empréstimos, pedreiras e áreas de botafora.

Por ser uma extensão do Projeto já apresentado para as obras iniciais, o conteúdo deste documento contempla as mesmas ações e medidas já elencadas anteriormente, observando suas adequações aos aspectos locais das obras principais.

Ressalta-se que o Projeto de Acompanhamento dos Direitos Minerários está inserido no Programa de Acompanhamento das Atividades Minerárias, que integra o Plano de Acompanhamento Geológico/Geotécnico e de Recursos Minerais do PBA da UHE Belo Monte.

O foco principal do Projeto é a avaliação da dinâmica dos processos minerários junto ao Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM, abrangendo tanto a AID quanto a ADA da UHE Belo Monte. Tal dinâmica está relacionada às diversas fases dos processos minerários em tramitação no DNPM, sendo elas:

- Requerimento de Pesquisa;
- Requerimento de Permissão de Lavra Garimpeira;
- Requerimento de Registro de Licenciamento;
- Licenciamento;
- Autorização de Pesquisa;
- Requerimento de Lavra;
- Concessão de Lavra;
- Permissão de Lavra Garimpeira;
- Edital de Disponibilidade.

Esta proposição do Projeto de Acompanhamento dos Direitos Minerários está embasada em uma consulta atualizada dos processos minerários que abrangem a região em foco, realizada em 23 de junho de 2010, e nas informações obtidas com a execução do Estudo de Impacto Ambiental – EIA da UHE Belo Monte, notadamente no diagnóstico da geologia e dos recursos minerais e seus produtos cartográficos (Mapas Geológico, de Direitos Minerários e de Potencial Metalogenético).

Conforme estrutura adotada para este documento, aborda-se em suas justificativas a adequação desta proposição aos resultados obtidos no EIA e às condicionantes da Licença Prévia nº 342/2010, seguindo uma contextualização sobre a potencialidade metalogenética e a atividade extrativa mineral na região de implantação da UHE Belo Monte e seus reflexos sobre o quadro geral dos processos minerários registrados no DNPM, para então discorrer sobre os objetivos e detalhar atividades, cronograma e equipe do projeto.

10.2.1.2 Justificativa

a) Consonância da Proposição do Projeto com os Resultados do EIA e Condicionantes da Licença Prévia

O Projeto de Acompanhamento dos Direitos Minerários foi apresentado no EIA da UHE Belo Monte, no âmbito do Programa de Acompanhamento das Atividades Minerárias, com o objetivo de propor a implantação de medidas que mitiguem ou compensem os impactos decorrentes da interferência pelas obras e reservatórios do empreendimento em áreas de pesquisa e concessões minerárias.

Estudos conduzidos no âmbito do EIA da UHE Belo Monte já constataram que, com a implantação do empreendimento, serão verificadas interferências sobre áreas abrangidas por processos minerários em fase de Requerimento de Pesquisa, Autorização de Pesquisa, Permissão de Lavra Garimpeira e de Licenciamento associadas a diferentes fases do empreendimento afetas à Etapa de Construção (Implantação da Infraestrutura de Apoio para Construção; Implantação das Obras Principais; e Liberação das Áreas para os Reservatórios), sempre relacionadas aos processos de aquisição de imóveis.

A Licença Prévia (LP) nº 342/2010, na condicionante 2.6, estabelece: *“Apresentar o PBA, contendo o detalhamento dos planos, programas e projetos socioambientais previstos no EIA e suas complementações, considerando as recomendações do IBAMA exaradas por*

Projeto Básico Ambiental – Versão Final – Set/2011

meio dos Pareceres n° 105/2009, n° 106/2009, n° 114/2009 e n° 06/2010 – COHID/CGENE/DILIC/IBAMA”.

Entre os documentos citados na LP n° 342/2010 e afetos ao Projeto de Acompanhamento dos Direitos Minerários, o Parecer n° 105/2009 reforça a necessidade do empreendedor providenciar ao longo do processo de licenciamento ambiental a “Consulta recente ao Departamento Nacional de Pesquisa Mineral – DNPM sobre a existência de títulos minerários nas Áreas de Influência Direta e Indireta do empreendimento. Atenção especial deverá ser dada a concessões de lavra emitidas pelo órgão que estejam vigentes”.

O Parecer n° 106/2009 apresenta as seguintes recomendações:

- “O Programa deverá indicar previamente quais os indicadores para avaliação das ações pretendidas e executadas.
- Tendo em vista que as pesquisas junto ao DNPM foram realizadas até 30/04/2008, existe a chance de haver novas áreas requeridas ou com autorizações de lavra já concedidas que não constem do quadro 12.5.4-1 (vol. 33, fl. 75). Portanto, recomendamos que estejam entre as ações propostas pelo Programa a indenização das atividades legalizadas de exploração mineral que sofram interferência da UHE Belo Monte.
- O Programa propõe uma discussão com o DNPM sobre a caducidade e indisponibilidade de processos antigos e bloqueio de novos requerimentos que incidam sobre a área de desapropriação. É recomendável que os gestores públicos municipais e estaduais participem dessa discussão avaliando as interferências que o empreendimento causarão em suas jurisdições”.

Cabe ressaltar que o Projeto de Acompanhamento dos Direitos Minerários, conforme proposição apresentada no EIA, tem como um dos objetivos específicos “acompanhar as atividades informais de extração de materiais naturais de construção”. Observa-se, no entanto, que o Parecer n° 114/2009 do Ibama, na páginas 293 e 294, recomenda que seja “estendido para a extração de areia e cascalho no rio Xingu” o cadastramento socioeconômico e uma análise de cadeia produtiva no âmbito do Projeto de Recomposição das Atividades Oleiras. Desta forma, entende-se que o citado objetivo específico, constante da proposição do Projeto de Acompanhamento dos Direitos Minerários apresentada no EIA, deverá ser atendido no escopo ampliado do Projeto de Recomposição das Atividades Oleiras, que passa a ser denominado Projeto de Recomposição das Atividades Oleiras e Extrativas de Areia e Cascalho.

De modo geral, observa-se que a proposição do Projeto de Acompanhamento dos Direitos Minerários conforme apresentado no EIA da UHE Belo Monte encontra-se em consonância com as condicionantes apresentadas na LP n° 342/2010. Detalhamento e complementação de escopo do projeto são apresentados neste documento.

b) Atividade Minerária na Região de Implantação da UHE Belo Monte

Levantamentos realizados no âmbito do EIA da UHE Belo Monte indicaram a existência de 44 concentrações minerais na AID do empreendimento. Desse total, 36 referem-se a ouro, sendo identificados 01 mina inativa, 16 garimpos ativos (lavras em depósitos aluvionares e primários), 3 garimpos inativos, em grande parte situados na região da Volta Grande do Xingu. Completam o quadro de concentrações minerais depósitos de argila e areia em lavra e ocorrências de cassiterita, fluorita, fosfato e pirita.

Em visita de campo realizada entre os dias 8 e 14 de agosto/2010 foi confirmada na região da Volta Grande do Xingu, próximo às localidades da Ressaca e do Garimpo do Galo, na margem direita do rio Xingu, a existência de 04 garimpos de ouro de pequeno porte em operação (lavras em depósitos primários) e 01 garimpo inativo também de pequeno porte. Também foram observados trabalhos de pesquisa mineral para ouro sendo executados por uma empresa de mineração de médio porte (Verena Mineração Ltda.).

As extrações de ouro através de garimpagem aluvionar encontram-se praticamente paralisadas. Conforme análise apresentada no EIA da UHE Belo Monte, comparando resultados de estudos anteriores, observa-se que grande parte dos garimpos anteriormente ativos encontrava-se inativa em junho de 2007. Também são ressaltadas as características sazonais dos garimpos ora em atividade, com deslocamentos constantes para novas áreas remanescentes, na expectativa de extrações de maior rentabilidade ou mesmo como subsistência para os garimpeiros se manterem na região, alternando o garimpo com a prática de outras atividades como pecuária e agricultura.

Os depósitos aluvionares fora do leito do rio Xingu, de um modo geral, encontram-se exauridos. As atividades de garimpo concentram-se nos depósitos primários hospedados em rochas da Suíte Metamórfica Três Palmeiras, como nos garimpos Serrinha, Grota Seca, Galo e Itatá, e em depósitos colúvio-eluviais, como nos garimpos Grota Azul, Ouro Verde, Grota Seca, Canela e Gauchão.

Conforme citado anteriormente, a única empresa mineradora que pesquisa ouro na região é a Verena Mineração Ltda., que está desenvolvendo trabalhos de pesquisa mineral para a comprovação e determinação de reservas com volumes e teores que justifiquem a implantação de uma mina. De acordo com a Roscoe Postle Associates Inc. (2009), a Verena Mineração possui, aproximadamente, na região de ocorrência da Suíte Metamórfica Três Palmeiras, cujas reservas de ouro podem ser superiores a 2,6 milhões de onças (com *cut-off* de 0,3 gramas por tonelada).

Outros bens minerais aproveitados são a argila, areia e cascalho. A extração de argila é feita de forma rudimentar nas planícies aluvionares dos igarapés Painelas e Ambé, junto à área urbana de Altamira, sendo a produção direcionada ao fabrico de cerâmica vermelha. As extrações de areia e cascalho são realizadas por meio de dragagens no leito do rio Xingu, utilizando barcos e balsas, nas proximidades de Altamira, principalmente a jusante da ilha Arapujá e na confluência do igarapé Painelas.

c) Potencialidade Mineral da Região de Implantação da UHE Belo Monte

A AID/ADA da UHE Belo Monte apresenta rochas cristalinas do Arqueano e Proterozóico, polimetamórficas, representadas por gnaisses, migmatitos, granulitos, granodioritos e granitóides, constituindo o embasamento regional e correspondendo ao chamado Complexo Xingu. Na porção setentrional deste Complexo, aparecem as rochas paleozóicas da Bacia Sedimentar do Amazonas, particularmente na região de Altamira e da vila de Belo Monte,

além de sedimentos inconsolidados, de idade cenozóica, ao longo do rio Xingu e de seus afluentes.

Conforme o mapa de potencial metalogenético constante do EIA da UHE Belo Monte, os terrenos abrangidos pela AID/ADA do empreendimento foram classificados quanto à sua potencialidade mineral em áreas de potencialidade 1, 2 e 3, conforme apresentado a seguir:

- Potencialidade 1: Áreas de rochas hospedeiras e/ou estruturas favoráveis com minas e/ou garimpos, depósitos, jazidas, além de anomalias geoquímicas e geofísicas superpostas e/ou ocorrências e indícios. Na AID/ADA os terrenos classificados como de Potencialidade 1 estão localizados na calha do rio Xingu e de seus afluentes nas imediações de Altamira, onde depósitos quaternários são lavrados para a produção de argila, areia e cascalho, e na margem direita do rio Xingu, na região da Ressaca e Garimpo do Galo, região da Volta Grande do Xingu, onde são constatadas ocorrências auríferas alvos de atividade garimpeira, em domínios da Suíte Metamórfica Três Palmeiras, unidade que também apresenta potencialidade para mineralizações de cobre, chumbo e zinco.
- Potencialidade 2: Áreas de rochas hospedeiras e/ou estruturas favoráveis com ocorrências/indícios e/ou anomalias geoquímicas ou geofísicas. Trata-se de terrenos com potencialidade para produção de areia e cascalho situados em um trecho da calha do rio Xingu, de cerca de 10 km de extensão, imediatamente a montante da cidade de Altamira, e para a lavra de argila na planície aluvionar dos igarapés Trindade, Ambé e Painelas. Também estão classificados como de Potencialidade 2 um extenso trecho da calha do rio Xingu, a jusante da ilha Pimental, na região da Volta Grande, com potencialidade para a ocorrência de ouro aluvionar.
- Potencialidade 3: Áreas de rochas hospedeiras e/ou estruturas favoráveis, sem registros diretos ou indiretos de mineralizações e demandando estudos básicos complementares. Sob esta classificação estão relacionados os terrenos com potencialidade para a ocorrência de areia e cascalho em aluviões ao longo da calha do rio Xingu a montante da ilha Babaquara e no trecho compreendido entre a confluência do igarapé Paratizinho e a ilha Pimental. Sob esta classificação também se tem os terrenos dominados por granitóides proterozóicos na margem direita do rio Xingu, na região da rodovia Transassurini, com potencialidade para ocorrências auríferas, e por rochas areníticas da Formação Alter do Chão, componente da Bacia Sedimentar do Amazonas, com potencialidade para a ocorrência de depósitos de bauxita.

d) **Quadro Atual dos Processos Minerários na Região de Implantação da UHE Belo Monte**

A implantação da UHE Belo Monte, em suas diversas etapas construtivas, interferirá em áreas abrangidas por Requerimentos de Pesquisa, de Licenciamento e de Lavra Garimpeira, Autorizações de Pesquisa, Licenciamentos e Lavras Garimpeiras. Ressalta-se que o empreendimento não interferirá em áreas de Concessão de Lavra.

A distribuição dos processos minerários na região da UHE Belo Monte espelha o estágio de desenvolvimento da atividade minerária regional e as características metalogenéticas dos terrenos. O levantamento realizado na Base de Dados Sigmine, em 23 de junho de 2010, resultou na identificação de 127 processos minerários abrangendo a AID e a ADA do empreendimento. A relação desses processos minerários é apresentada no **QUADRO 10.2.1-1**, sendo suas áreas de abrangência apresentada no Mapa de Processos Minerários da AID/ADA da UHE Belo Monte, constante da **FIGURA 10.2.1-1**.

QUADRO 10.2.1-1
Relação dos Processos Minerários na AID / ADA da UHE Belo Monte

Continua

PROCESSO	ÁREA (ha)	FASE	NOME	ÚLTIMO EVENTO	SUBSTÂNCIA
805658/1976	1000,00	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	VERENA MINERAÇÃO LTDA.	AUT PESQ/DOCUMENTO DIVERSO PROTOCOLIZADO EM 27/01/2010	OURO
805659/1976	1000,00	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	VERENA MINERAÇÃO LTDA.	AUT PESQ/DOCUMENTO DIVERSO PROTOCOLIZADO EM 27/01/2010	OURO
812559/1976	1000,00	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	VERENA MINERAÇÃO LTDA.	AUT PESQ/DOCUMENTO DIVERSO PROTOCOLIZADO EM 27/01/2010	TANTALITA
850018/2003	9950,11	REQUERIMENTO DE PESQUISA	SÉRGIO ANTÔNIO MARTINS DE ARAÚJO	REQ PESQ/DOCUMENTO DIVERSO PROTOCOLIZADO EM 18/05/2010	OURO
850019/2003	9969,06	REQUERIMENTO DE PESQUISA	SÉRGIO ANTÔNIO MARTINS DE ARAÚJO	REQ PESQ/DOCUMENTO DIVERSO PROTOCOLIZADO EM 18/05/2010	OURO
850020/2003	9981,03	REQUERIMENTO DE PESQUISA	SÉRGIO ANTÔNIO MARTINS DE ARAÚJO	REQ PESQ/DOCUMENTO DIVERSO PROTOCOLIZADO EM 18/05/2010	OURO
850022/2008	29,00	REQUERIMENTO DE LICENCIAMENTO	VIKTUMATURA V. DA SILVA COM. EMPREENDIMENTO	REQ LICEN/LICENÇA AMBIENTAL PROTOCOLIZADA EM 29/10/2009	AREIA
850048/2010	9603,52	REQUERIMENTO DE PESQUISA	SOUND INVESTMENTS MINERAÇÃO LTDA.	REQ PESQ/REQUERIMENTO PESQUISA PROTOCOLIZADO EM 25/01/2010	FOSFATO
850049/2010	9190,32	REQUERIMENTO DE PESQUISA	SOUND INVESTMENTS MINERAÇÃO LTDA.	REQ PESQ/REQUERIMENTO PESQUISA PROTOCOLIZADO EM 25/01/2010	FOSFATO
850050/2010	9115,49	REQUERIMENTO DE PESQUISA	SOUND INVESTMENTS MINERAÇÃO LTDA.	REQ PESQ/REQUERIMENTO PESQUISA PROTOCOLIZADO EM 25/01/2010	FOSFATO
850051/2006	16,00	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	ANDRADE GUTIERREZ S/A	AUT PESQ/RENÚNCIA ALVARÁ PESQ PROTOCOLIZ EM 12/03/2008	AREIA
850051/2010	9965,61	REQUERIMENTO DE PESQUISA	SOUND INVESTMENTS MINERAÇÃO LTDA.	REQ PESQ/REQUERIMENTO PESQUISA PROTOCOLIZADO EM 25/01/2010	FOSFATO
850052/2006	36,00	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	ANDRADE GUTIERREZ S/A	AUT PESQ/RENÚNCIA ALVARÁ PESQ PROTOCOLIZ EM 12/03/2008	AREIA
850052/2010	9904,78	REQUERIMENTO DE PESQUISA	SOUND INVESTMENTS MINERAÇÃO LTDA.	REQ PESQ/REQUERIMENTO PESQUISA PROTOCOLIZADO EM 25/01/2010	FOSFATO
850053/2006	16,00	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	ANDRADE GUTIERREZ S/A	AUT PESQ/RENÚNCIA ALVARÁ PESQ PROTOCOLIZ EM 12/03/2008	AREIA
850054/2006	16,00	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	ANDRADE GUTIERREZ S/A	AUT PESQ/RENÚNCIA ALVARÁ PESQ PROTOCOLIZ EM 12/03/2008	AREIA
850067/2003	10000,00	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	G.S. EXTRAÇÃO E COMÉRCIO DE AREIA LTDA.	AUT PESQ/DOCUMENTO DIVERSO PROTOCOLIZADO EM 18/05/2010	OURO
850067/2010	0,76	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	COOPERATIVA DOS GARIMPEIROS DO XINGU	REQ PLG/REQUERIMENTO LAVRA GARIMPEIRA PROTOCOLIZADO EM 05/02/2010	DIAMANTE
850069/2003	2929,56	REQUERIMENTO DE PESQUISA	G.S. EXTRAÇÃO E COMÉRCIO DE AREIA LTDA.	REQ PESQ/DOCUMENTO DIVERSO PROTOCOLIZADO EM 18/05/2010	OURO
850070/2003	3879,24	REQUERIMENTO DE PESQUISA	G.S. EXTRAÇÃO E COMÉRCIO DE AREIA LTDA.	REQ PESQ/DOCUMENTO DIVERSO PROTOCOLIZADO EM 18/05/2010	OURO
850078/2010	5515,19	REQUERIMENTO DE PESQUISA	PAULO IRAN PORTO DOS SANTOS	REQ PESQ/DESISTÊNCIA PROTOCOLIZADA EM 02/06/2010	OURO
850091/2010	11,81	REQUERIMENTO DE PESQUISA	COOPERATIVA DOS GARIMPEIROS DO XINGU	REQ PESQ/REQUERIMENTO PESQUISA PROTOCOLIZADO EM 23/02/2010	OURO
	4,51	REQUERIMENTO DE PESQUISA	COOPERATIVA DOS GARIMPEIROS DO XINGU	REQ PESQ/REQUERIMENTO PESQUISA PROTOCOLIZADO EM 23/02/2010	OURO
	1856,84	REQUERIMENTO DE PESQUISA	COOPERATIVA DOS GARIMPEIROS DO XINGU	REQ PESQ/REQUERIMENTO PESQUISA PROTOCOLIZADO EM 23/02/2010	OURO
	2627,78	REQUERIMENTO DE PESQUISA	COOPERATIVA DOS GARIMPEIROS DO XINGU	REQ PESQ/REQUERIMENTO PESQUISA PROTOCOLIZADO EM 23/02/2010	OURO
850092/2001	1000,01	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	MINERAÇÃO RIO JATOBÁ S/A	AUT PESQ/INDEFERIMENTO PRORROGAÇÃO PRAZO ALVARA EM 10/05/2010	COBRE
850092/2010	9869,56	REQUERIMENTO DE PESQUISA	COOPERATIVA DOS GARIMPEIROS DO XINGU	REQ PESQ/REQUERIMENTO PESQUISA PROTOCOLIZADO EM 23/02/2010	OURO
	56,35	REQUERIMENTO DE PESQUISA	COOPERATIVA DOS GARIMPEIROS DO XINGU	REQ PESQ/REQUERIMENTO PESQUISA PROTOCOLIZADO EM 23/02/2010	OURO
850124/2010	3137,86	REQUERIMENTO DE PESQUISA	PAULO IRAN PORTO DOS SANTOS	REQ PESQ/DESISTENCIA PROTOCOLIZADA EM 02/06/2010	OURO
850147/2002	8070,77	DISPONIBILIDADE	ÁLVARO AGAPITO DE MOURA	AUT PESQ/ÁREA DISPONIBILIDADE PARA PESQUISA - EDITAL EM 25/05/2010	OURO
850149/2002	10000,00	DISPONIBILIDADE	ÁLVARO AGAPITO DE MOURA	REQ PESQ/CUMPRIMENTO EXIGÊNCIA PROTOCOLI EM 03/11/2003	OURO
850149/2002	8112,05	REQUERIMENTO DE PESQUISA	ÁLVARO AGAPITO DE MOURA	REQ PESQ/CUMPRIMENTO EXIGÊNCIA PROTOCOLI EM 03/11/2003	OURO
850157/2009	7185,28	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	VALE S/A	AUT PESQ/ALVARÁ DE PESQUISA 03 ANOS PUBL EM 17/06/2010	FOSFATO
850200/2007	4864,35	REQUERIMENTO DE PESQUISA	GUSTAVO GARNIER DIAS PINTO	REQ PESQ/EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 08/01/2008	OURO
850249/2001	1730,86	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	OCA MINERAÇÃO LTDA.	AUT PESQ/INICIO DE PESQUISA COMUNICADO EM 19/03/2010	OURO
850250/2001	1256,96	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	OCA MINERAÇÃO LTDA.	AUT PESQ/PAGAMENTO TAH EFETUADO EM 23/07/2009	OURO
850262/2010	5441,08	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	COOPERATIVA DOS GARIMPEIROS DO XINGU	REQ PLG/REQUERIMENTO LAVRA GARIMPEIRA PROTOCOLIZADO EM 30/03/2010	OURO
	914,69	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	COOPERATIVA DOS GARIMPEIROS DO XINGU	REQ PLG/REQUERIMENTO LAVRA GARIMPEIRA PROTOCOLIZADO EM 30/03/2010	OURO
	8,79	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	COOPERATIVA DOS GARIMPEIROS DO XINGU	REQ PLG/REQUERIMENTO LAVRA GARIMPEIRA PROTOCOLIZADO EM 30/03/2010	OURO
850265/2009	35,59	REQUERIMENTO DE PESQUISA	VIKTUMATHURA VIANA DA SILVA	REQ PESQ/DOCUMENTO DIVERSO PROTOCOLIZADO EM 17/07/2009	OURO
850273/2010	48,11	REQUERIMENTO DE PESQUISA	PEDREIRA VALE DO ABUNÃ LTDA.	REQ PESQ/REQUERIMENTO PESQUISA PROTOCOLIZADO EM 08/04/2010	GRANITO
850274/2010	9388,09	REQUERIMENTO DE PESQUISA	PEDREIRA VALE DO ABUNÃ LTDA.	REQ PESQ/REQUERIMENTO PESQUISA PROTOCOLIZADO EM 08/04/2010	CASSITERITA
850275/2010	251,39	REQUERIMENTO DE PESQUISA	PEDREIRA VALE DO ABUNÃ LTDA.	REQ PESQ/REQUERIMENTO PESQUISA PROTOCOLIZADO EM 08/04/2010	CASSITERITA
	276,52	REQUERIMENTO DE PESQUISA	PEDREIRA VALE DO ABUNÃ LTDA.	REQ PESQ/REQUERIMENTO PESQUISA PROTOCOLIZADO EM 08/04/2010	CASSITERITA
	19,67	REQUERIMENTO DE PESQUISA	PEDREIRA VALE DO ABUNÃ LTDA.	REQ PESQ/REQUERIMENTO PESQUISA PROTOCOLIZADO EM 08/04/2010	CASSITERITA
850289/2009	1000,14	REQUERIMENTO DE PESQUISA	LENOIR ANTÔNIO GEREMIA	REQ PESQ/DOCUMENTO DIVERSO PROTOCOLIZADO EM 19/05/2010	OURO
850310/2010	25,03	REQUERIMENTO DE LICENCIAMENTO	ALINE DE JESUS S. DE SOUZA	REQ LICEN/LICENÇA AMBIENTAL PROTOCOLIZADA EM 26/05/2010	AREIA
850311/2010	9167,26	REQUERIMENTO DE PESQUISA	VERENA MINERAÇÃO LTDA.	REQ PESQ/REQUERIMENTO PESQUISA PROTOCOLIZADO EM 22/04/2010	OURO
850312/2010	9909,73	REQUERIMENTO DE PESQUISA	VERENA MINERAÇÃO LTDA.	REQ PESQ/REQUERIMENTO PESQUISA PROTOCOLIZADO EM 22/04/2010	OURO
850313/2010	7693,52	REQUERIMENTO DE PESQUISA	VERENA MINERAÇÃO LTDA.	REQ PESQ/REQUERIMENTO PESQUISA PROTOCOLIZADO EM 22/04/2010	OURO
850314/2010	3848,33	REQUERIMENTO DE PESQUISA	VERENA MINERAÇÃO LTDA.	REQ PESQ/REQUERIMENTO PESQUISA PROTOCOLIZADO EM 22/04/2010	OURO
850315/2010	9944,42	REQUERIMENTO DE PESQUISA	VERENA MINERAÇÃO LTDA.	REQ PESQ/REQUERIMENTO PESQUISA PROTOCOLIZADO EM 22/04/2010	OURO
850338/2010	9817,28	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	COOPERATIVA DOS GARIMPEIROS DO XINGU	REQ PLG/REQUERIMENTO LAVRA GARIMPEIRA PROTOCOLIZADO EM 04/05/2010	OURO
850354/2010	0,80	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	COOPERATIVA DOS GARIMPEIROS DO XINGU	REQ PLG/REQUERIMENTO LAVRA GARIMPEIRA PROTOCOLIZADO EM 07/05/2010	OURO
850356/2009	996,83	LAVRA GARIMPEIRA	COOPERATIVA DOS GARIMPEIROS DO XINGU	PLG/PERMISSÃO LAVRA GARIMPEIRA PUBL EM 05/05/2010	DIAMANTE
850357/2009	999,20	LAVRA GARIMPEIRA	COOPERATIVA DOS GARIMPEIROS DO XINGU	PLG/PERMISSÃO LAVRA GARIMPEIRA PUBL EM 09/12/2009	OURO
850360/2009	7481,61	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	FRANCISCO FRANCELINO DA SILVA	AUT PESQ/ALVARÁ DE PESQUISA 03 ANOS PUBL EM 07/04/2010	OURO
850361/2009	51,21	REQUERIMENTO DE PESQUISA	FRANCISCO FRANCELINO DA SILVA	REQ PESQ/REQUERIMENTO PESQUISA PROTOCOLIZADO EM 19/06/2009	OURO
850362/2009	9997,74	REQUERIMENTO DE PESQUISA	FRANCISCO FRANCELINO DA SILVA	REQ PESQ/REQUERIMENTO PESQUISA PROTOCOLIZADO EM 19/06/2009	OURO
850363/2007	16,00	REQUERIMENTO DE LICENCIAMENTO	CONSTRUTORA ANDRADE GUTIERREZ	LICEN/RENÚNCIA REG LIC PROTOCOLIZADO EM 27/08/2009	AREIA
850363/2009	9905,44	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	FRANCISCO FRANCELINO DA SILVA	AUT PESQ/ALVARÁ DE PESQUISA 03 ANOS PUBL EM 07/04/2010	OURO
850364/2007	16,00	REQUERIMENTO DE LICENCIAMENTO	CONSTRUTORA ANDRADE GUTIERREZ	LICEN/RENÚNCIA REG LIC PROTOCOLIZADO EM 27/08/2009	AREIA
850364/2009	33,49	LICENCIAMENTO	ASSOCIAÇÃO DOS AREEIROS DO RIO XINGU ASSARRIXI	LICEN/LICENCIAMENTO AUTORIZADO PUBLICADO EM 02/10/2009	AREIA
850365/2007	16,00	REQUERIMENTO DE LICENCIAMENTO	CONSTRUTORA ANDRADE GUTIERREZ	LICEN/RENÚNCIA REG LIC PROTOCOLIZADO EM 27/08/2009	AREIA
850379/2010	26,14	REQUERIMENTO DE LICENCIAMENTO	I. F. DA SILVA MINERAIS	REQ LICEN/REQUERIMENTO LICENCIAMENTO PROTOCO EM 01/06/2010	AREIA
850380/2010	49,86	REQUERIMENTO DE LICENCIAMENTO	SERAFIM IND. DE MAT. PARA CONSTRUÇÃO LTDA.	REQ LICEN/REQUERIMENTO LICENCIAMENTO PROTOCO EM 01/06/2010	AREIA
850388/2009	5959,29	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	JONAS MATOS DA SILVA	AUT PESQ/INÍCIO DE PESQUISA COMUNICADO EM 26/02/2010	OURO
850389/2009	9997,76	REQUERIMENTO DE PESQUISA	FRANCISCO FRANCELINO DA SILVA	REQ PESQ/REQUERIMENTO PESQUISA PROTOCOLIZADO EM 24/06/2009	OURO

QUADRO 10.2.1-1
Relação dos Processos Minerários na AID / ADA da UHE Belo Monte

Conclusão

PROCESSO	ÁREA (ha)	FASE	NOME	ÚLTIMO EVENTO	SUBSTÂNCIA
850390/2009	9998,93	REQUERIMENTO DE PESQUISA	FRANCISCO FRANCELINO DA SILVA	REQ PESQ/REQUERIMENTO PESQUISA PROTOCOLIZADO EM 24/06/2009	OURO
850399/2010	9994,91	REQUERIMENTO DE PESQUISA	AMAZON TRACK CONSTRUTORA LTDA.	REQ PESQ/REQUERIMENTO PESQUISA PROTOCOLIZADO EM 08/06/2010	CASSITERITA
850400/2010	8994,93	REQUERIMENTO DE PESQUISA	AMAZON TRACK CONSTRUTORA LTDA.	REQ PESQ/REQUERIMENTO PESQUISA PROTOCOLIZADO EM 08/06/2010	CASSITERITA
850401/2010	9885,74	REQUERIMENTO DE PESQUISA	AMAZON TRACK CONSTRUTORA LTDA.	REQ PESQ/REQUERIMENTO PESQUISA PROTOCOLIZADO EM 08/06/2010	CASSITERITA
850404/2010	9294,06	REQUERIMENTO DE PESQUISA	AMAZON TRACK CONSTRUTORA LTDA.	REQ PESQ/REQUERIMENTO PESQUISA PROTOCOLIZADO EM 08/06/2010	CASSITERITA
850411/2009	2528,68	REQUERIMENTO DE PESQUISA	G.S. EXTRAÇÃO E COMÉRCIO DE AREIA LTDA.	REQ PESQ/DOCUMENTO DIVERSO PROTOCOLIZADO EM 18/05/2010	OURO
	60,45	REQUERIMENTO DE PESQUISA	G.S. EXTRAÇÃO E COMÉRCIO DE AREIA LTDA.	REQ PESQ/DOCUMENTO DIVERSO PROTOCOLIZADO EM 18/05/2010	OURO
	5298,02	REQUERIMENTO DE PESQUISA	G.S. EXTRAÇÃO E COMÉRCIO DE AREIA LTDA.	REQ PESQ/DOCUMENTO DIVERSO PROTOCOLIZADO EM 18/05/2010	OURO
850417/2008	9886,14	DISPONIBILIDADE	VTECH EMPREENDIMENTOS MINERAIS LTDA.	DISPONIB/HABILIT EDITAL DISPONIB ART 26 CM EM 07/01/2010	ZINCO
850419/2008	10000,00	REQUERIMENTO DE PESQUISA	VTECH EMPREENDIMENTOS MINERAIS LTDA.	REQ PESQ/DESISTENCIA PROTOCOLIZADA EM 18/11/2008	ZINCO
850421/2007	16,00	REQUERIMENTO DE LICENCIAMENTO	CONSTRUTORA ANDRADE GUTIERREZ	LICEN/RENÚNCIA REG LIC PROTOCOLIZADO EM 27/08/2009	AREIA
850421/2010	50,00	REQUERIMENTO DE PESQUISA	FRANCISCO FRANCELINO DA SILVA	REQ PESQ/REQUERIMENTO PESQUISA PROTOCOLIZADO EM 17/06/2010	AREIA
850422/2007	16,00	REQUERIMENTO DE LICENCIAMENTO	CONSTRUTORA ANDRADE GUTIERREZ	LICEN/RENÚNCIA REG LIC PROTOCOLIZADO EM 27/08/2009	AREIA
850422/2008	8618,41	REQUERIMENTO DE PESQUISA	VTECH EMPREENDIMENTOS MINERAIS LTDA.	REQ PESQ/HOMOLOGA DESISTÊNCIA PUB EM 07/05/2009	ZINCO
850422/2010	41,29	REQUERIMENTO DE PESQUISA	FRANCISCO FRANCELINO DA SILVA	REQ PESQ/REQUERIMENTO PESQUISA PROTOCOLIZADO EM 17/06/2010	AREIA
850423/2007	16,00	REQUERIMENTO DE LICENCIAMENTO	CONSTRUTORA ANDRADE GUTIERREZ	LICEN/RENÚNCIA REG LIC PROTOCOLIZADO EM 27/08/2009	AREIA
850425/2003	10000,00	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	KEYSTONE LTDA.	AUT PESQ/RELATORIO PESQ NÃO APV ART 30 II CM PUB EM 10/06/2010	COBRE
850426/2003	10000,00	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	KEYSTONE LTDA.	AUT PESQ/RELATORIO PESQ NÃO APV ART 30 II CM PUB EM 10/06/2010	COBRE
850427/2003	9735,41	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	KEYSTONE LTDA.	AUT PESQ/RELATORIO PESQ NÃO APV ART 30 II CM PUB EM 10/06/2010	COBRE
850428/2003	9665,97	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	KEYSTONE LTDA.	AUT PESQ/RELATORIO PESQ NÃO APV ART 30 II CM PUB EM 10/06/2010	COBRE
850429/2003	7939,00	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	KEYSTONE LTDA.	AUT PESQ/RELATORIO PESQ NÃO APV ART 30 II CM PUB EM 10/06/2010	COBRE
850430/2003	7995,79	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	KEYSTONE LTDA.	AUT PESQ/RELATORIO PESQ NÃO APV ART 30 II CM PUB EM 10/06/2010	COBRE
850434/2003	9732,00	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	KEYSTONE LTDA.	AUT PESQ/RELATORIO PESQ NÃO APV ART 30 II CM PUB EM 10/06/2010	COBRE
850436/2003	8533,36	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	KEYSTONE LTDA.	AUT PESQ/RELATORIO PESQ NÃO APV ART 30 II CM PUB EM 10/06/2010	COBRE
850439/2008	324,98	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	VERENA MINERAÇÃO LTDA.	AUT PESQ/INÍCIO DE PESQUISA COMUNICADO EM 06/11/2009	OURO
850483/2004	392,76	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	COOPERATIVA DOS GARIMPEIROS DO XINGU	REQ PLG/PRORROGAÇÃO PRAZO EXIGÊNCIA SOLICITADO EM 30/08/2006	OURO
850484/2004	318,65	LAVRA GARIMPEIRA	COOPERATIVA DOS GARIMPEIROS DO XINGU	DOCUMENTO DIVERSO PROTOCOLIZADO EM 28/09/2007	OURO
850497/2008	7762,47	REQUERIMENTO DE PESQUISA	HM DO BRASIL LTDA.	REQ PESQ/REQUERIMENTO PESQUISA PROTOCOLIZADO EM 14/05/2008	BAUXITA
850517/2005	8178,56	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	G.S. EXTRAÇÃO E COMÉRCIO DE AREIA LTDA.	TORNA S/EFEITO MULTA APLICADA-TAH EM 02/12/2008	OURO
850518/2005	7785,73	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	G.S. EXTRAÇÃO E COMÉRCIO DE AREIA LTDA.	TORNA S/EFEITO MULTA APLICADA-TAH EM 02/12/2008	OURO
850519/2005	10000,00	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	G.S. EXTRAÇÃO E COMÉRCIO DE AREIA LTDA.	AUT PESQ/DOCUMENTO DIVERSO PROTOCOLIZADO EM 17/05/2006	OURO
850521/2005	8761,12	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	G.S. EXTRAÇÃO E COMÉRCIO DE AREIA LTDA.	TORNA S/EFEITO MULTA APLICADA-TAH EM 02/12/2008	OURO
850555/2007	9870,52	REQUERIMENTO DE PESQUISA	VERENA MINERAÇÃO LTDA.	REQ PESQ/DOCUMENTO DIVERSO PROTOCOLIZADO EM 04/06/2010	OURO
850555/2009	9376,70	REQUERIMENTO DE PESQUISA	COAL & COOPER MINERAÇÃO LTDA.	REQ PESQ/REQUERIMENTO PESQUISA PROTOCOLIZADO EM 04/09/2009	FOSFATO
850556/2009	6708,59	REQUERIMENTO DE PESQUISA	COAL & COOPER MINERAÇÃO LTDA.	REQ PESQ/REQUERIMENTO PESQUISA PROTOCOLIZADO EM 04/09/2009	FOSFATO
850557/2009	8848,91	REQUERIMENTO DE PESQUISA	COAL & COOPER MINERAÇÃO LTDA.	REQ PESQ/REQUERIMENTO PESQUISA PROTOCOLIZADO EM 04/09/2009	FOSFATO
850577/2003	206,29	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	CODELCO DO BRASIL MINERAÇÃO LTDA.	AUT PESQ/DOCUMENTO DIVERSO PROTOCOLIZADO EM 28/08/2009	COBRE
850578/2003	8270,91	DISPONIBILIDADE	CODELCO DO BRASIL MINERAÇÃO LTDA	DISPONIB/ÁREA S/PREten PROC ARQ ÁREA LIVRE EM 15/07/2009	COBRE
850588/2009	9987,09	REQUERIMENTO DE PESQUISA	COAL & COOPER MINERAÇÃO LTDA.	REQ PESQ/REQUERIMENTO PESQUISA PROTOCOLIZADO EM 21/09/2009	FOSFATO
850590/2009	8813,72	REQUERIMENTO DE PESQUISA	COAL & COOPER MINERAÇÃO LTDA.	REQ PESQ/REQUERIMENTO PESQUISA PROTOCOLIZADO EM 21/09/2009	FOSFATO
850591/2009	5430,64	REQUERIMENTO DE PESQUISA	COAL & COOPER MINERAÇÃO LTDA.	REQ PESQ/REQUERIMENTO PESQUISA PROTOCOLIZADO EM 21/09/2009	FOSFATO
850592/2006	2204,59	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	G.S. EXTRAÇÃO E COMÉRCIO DE AREIA LTDA.	AUT PESQ/PAGAMENTO TAH EFETUADO EM 31/07/2009	OURO
850595/2008	9830,26	DISPONIBILIDADE	VTECH EMPREENDIMENTOS MINERAIS LTDA.	DISPONIB/HABILIT EDITAL DISPONIB ART 26 CM EM 07/01/2010	ZINCO
850631/2008	50,00	LICENCIAMENTO	ALINE DE JESUS S. DE SOUZA	LICEN/RENOVAÇÃO REGISTRO LICENÇA SOLICITADO EM 20/04/2010	AREIA
850633/2009	195,44	REQUERIMENTO DE PESQUISA	G.S. EXTRAÇÃO E COMÉRCIO DE AREIA LTDA.	REQ PESQ/DOCUMENTO DIVERSO PROTOCOLIZADO EM 19/05/2010	OURO
850669/2004	1322,86	REQUERIMENTO DE PESQUISA	AIRTON MESQUITA CARDOSO	REQ PESQ/REQUERIMENTO PESQUISA PROTOCOLIZADO EM 06/12/2004	OURO
850703/2009	9942,93	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	COOPERATIVA DOS GARIMPEIROS DO XINGU	AUT PESQ/ALVARÁ DE PESQUISA 03 ANOS PUBL EM 17/06/2010	OURO
850714/2008	8522,32	REQUERIMENTO DE PESQUISA	VALDIR DAL MORO	REQ PESQ/HOMOLOGA DESISTÊNCIA PUB EM 25/05/2010	OURO
850715/2008	10000,00	REQUERIMENTO DE PESQUISA	VALDIR DAL MORO	REQ PESQ/DESISTENCIA PROTOCOLIZADA EM 29/10/2009	OURO
850716/2008	9597,26	REQUERIMENTO DE PESQUISA	VALDIR DAL MORO	REQ PESQ/HOMOLOGA DESISTÊNCIA PUB EM 25/05/2010	OURO
850749/2008	41,29	LICENCIAMENTO	SERAFIM IND. DE MAT. PARA CONSTRUÇÃO LTDA.	LICEN/RENOVAÇÃO REGISTRO LICENÇA AUTORIZADA EM 09/11/2009	AREIA
850750/2008	50,00	LICENCIAMENTO	I. F. DA SILVA MINERAIS	LICEN/RENOVAÇÃO REGISTRO LICENÇA AUTORIZADA EM 09/11/2009	AREIA
850751/2008	25,77	LICENCIAMENTO	JOÃO PASSARELLI	LICEN/RENOVAÇÃO REGISTRO LICENÇA SOLICITADO EM 21/06/2010	SAIBRO
850786/2009	8308,95	REQUERIMENTO DE PESQUISA	PAULO IRAN PORTO DOS SANTOS	REQ PESQ/DOCUMENTO DIVERSO PROTOCOLIZADO EM 19/05/2010	OURO
850804/2009	7308,57	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	PAULO IRAN PORTO DOS SANTOS	AUT PESQ/INÍCIO DE PESQUISA COMUNICADO EM 19/05/2010	OURO
850818/2009	9960,88	REQUERIMENTO DE PESQUISA	SOUND INVESTMENTS MINERAÇÃO LTDA.	REQ PESQ/REQUERIMENTO PESQUISA PROTOCOLIZADO EM 09/12/2009	FOSFATO
850819/2009	9947,86	REQUERIMENTO DE PESQUISA	SOUND INVESTMENTS MINERAÇÃO LTDA.	REQ PESQ/REQUERIMENTO PESQUISA PROTOCOLIZADO EM 10/12/2009	FOSFATO
850829/2008	10,00	REQUERIMENTO DE LICENCIAMENTO	VANECIA DE SOUZA SILVA	REQ LICEN/REQUERIMENTO LICENCIAMENTO PROTOCO EM 04/08/2008	ARGILA
850940/2007	9884,73	REQUERIMENTO DE PESQUISA	COOPERATIVA DOS GARIMPEIROS DO XINGU	REQ PESQ/REQUERIMENTO PESQUISA PROTOCOLIZADO EM 05/11/2007	OURO
850977/2006	2311,62	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	VERENA MINERAÇÃO LTDA.	AUT PESQ/PAGAMENTO TAH EFETUADO EM 23/07/2009	OURO
851036/1992	999,89	REQUERIMENTO DE PESQUISA	LUIS FERNANDO GOMES PEREIRA	REQ PESQ/REQ PESQUISA INCOMPLETO PROTOCO EM 12/05/1992	CASSITERITA
851040/2007	2215,00	DISPONIBILIDADE	LENOIR ANTÊNIO GEREMIA	DISPONIB/DESISTÊNCIA HABILIT EDIT DISP LAVRA PROTOC EM 02/06/2010	OURO
851166/2008	881,05	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	CHESTER GOMES PEDRO	AUT PESQ/ALVARÁ DE PESQUISA 03 ANOS PUBL EM 17/06/2010	DIAMANTE
851644/1993	9856,00	REQUERIMENTO DE PESQUISA	MATAPI EXPLORAÇÃO MINERAL LTDA.	REQ PESQ/PROCESSO SITUADO EM ÁREA INDÍGENA EM 18/11/2002	CASSITERITA
852065/1993	10000,00	REQUERIMENTO DE PESQUISA	MIBREL- MINERAÇÃO BRASILEIRA ESTANHO LTDA.	REQ PESQ/DOCUMENTO DIVERSO PROTOCOLIZADO EM 26/05/2010	CASSITERITA
852070/1993	10000,00	REQUERIMENTO DE PESQUISA	MIBREL- MINERAÇÃO BRASILEIRA ESTANHO LTDA.	REQ PESQ/DOCUMENTO DIVERSO PROTOCOLIZADO EM 26/05/2010	CASSITERITA
852582/1992	9720,00	REQUERIMENTO DE PESQUISA	MATAPI EXPLORAÇÃO MINERAL LTDA.	REQ PESQ/DESISTENCIA PROTOCOLIZADA EM 10/11/1997	CASSITERITA
852974/1996	1000,00	REQUERIMENTO DE PESQUISA	PAULO ROBERTO FONSECA AZEVEDO	REQ PESQ/EXIGÊNCIA PUBLICADA EM 10/06/1999	OURO
853457/1995	10000,00	REQUERIMENTO DE PESQUISA	EMPRESA DE MINERAÇÃO GALES LTDA.	REQ PESQ/PROCESSO SITUADO EM ÁREA INDÍGENA EM 20/11/2002	COBRE

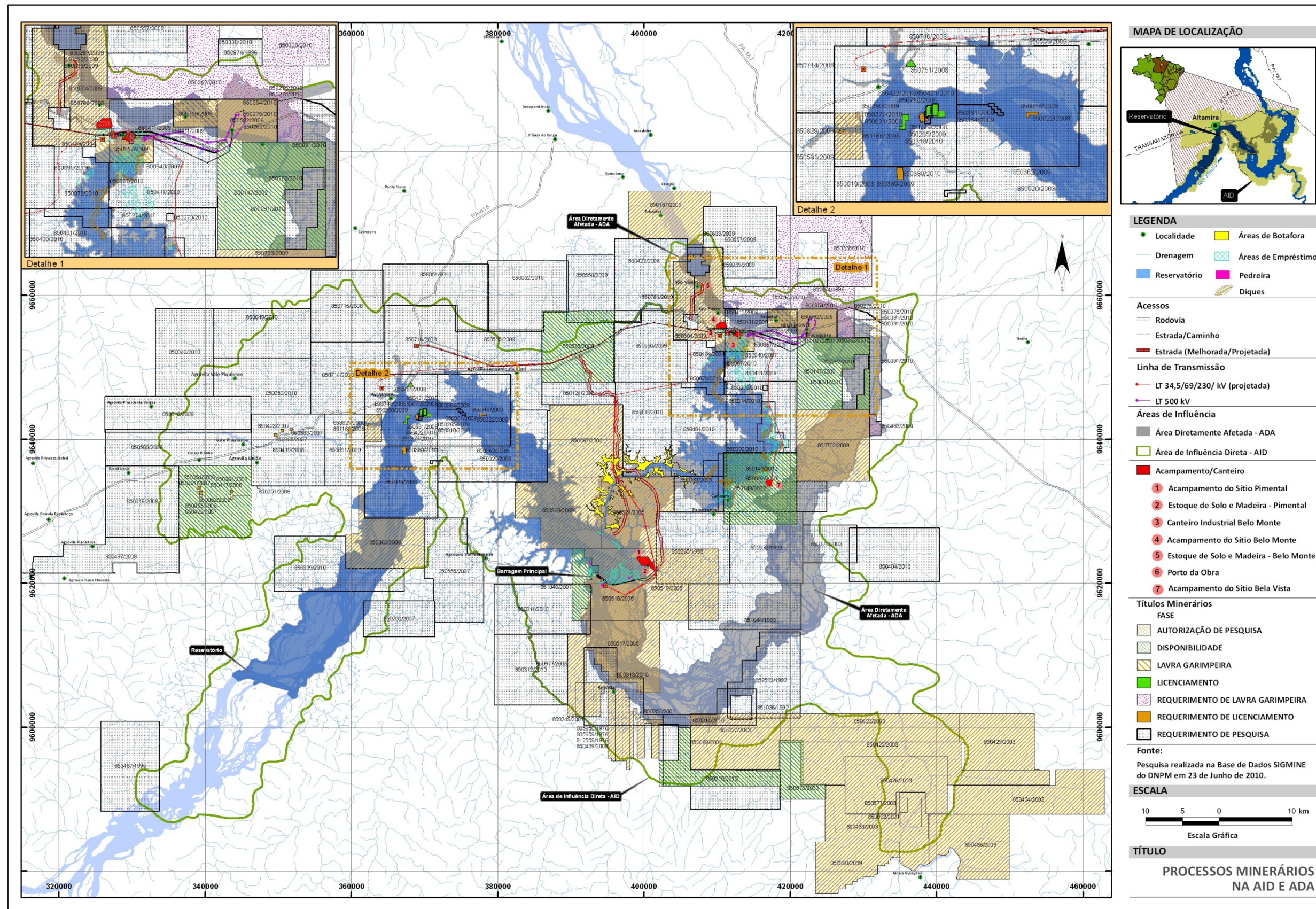


FIGURA 10.2.1-1 - Mapa de Processos Minerários

Em Branco

A distribuição desses processos conforme suas fases é apresentada no **QUADRO 10.2.1-2** e no **GRÁFICO 10.2.1-1**. Observa-se que cerca de 49% dos processos se referem a Requerimentos de Pesquisa e cerca de 27% a Autorizações de Pesquisa.

QUADRO 10.2.1-2
Distribuição Processos Minerários por Fase

Fase do Processo	Número de Processos
Autorização de Pesquisa	34
Disponibilidade	6
Lavra Garimpeira	3
Licenciamento	5
Requerimento de Lavra Garimpeira	5
Requerimento de Licenciamento	11
Requerimento de Pesquisa	63
Total	127

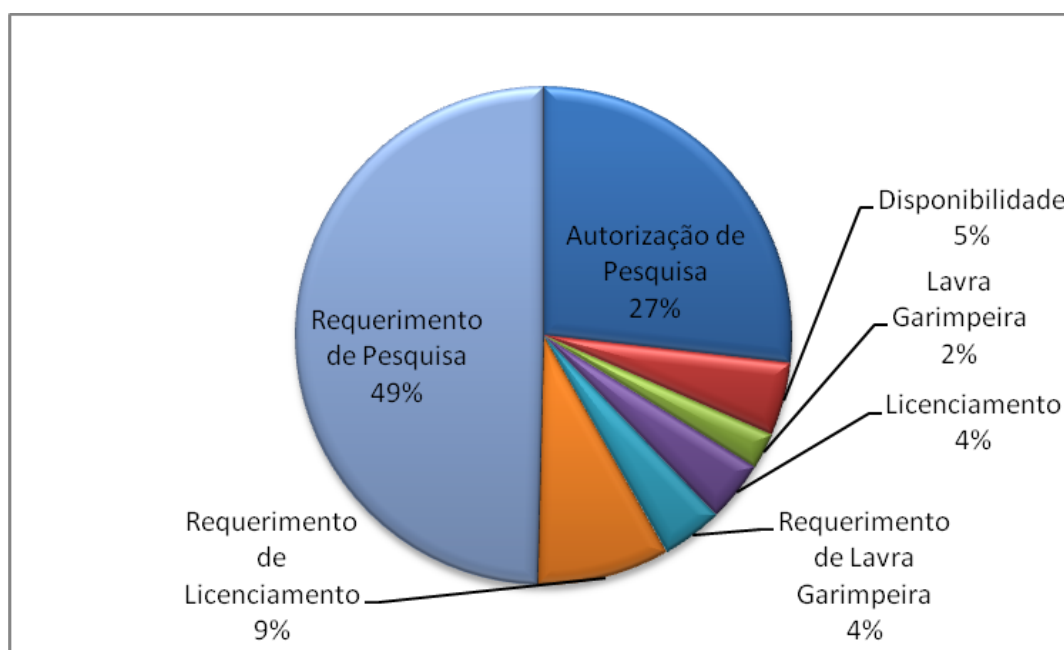


GRÁFICO 10.2.1-1 - Distribuição dos processos minerários por fase.

Conforme pode ser observado no **QUADRO 10.2.1-3** e **GRÁFICO 10.2.1-2**, o ouro é a substância mineral alvo em cerca de 46% dos processos, seguido pela areia, substância alvo em cerca de 16% dos processos.

QUADRO 10.2.1-3
Distribuição Processos Minerários por Substância Mineral

Substâncias Minerais	Número de Processos
Areia	20
Argila	1
Bauxita	1
Cassiterita	11
Cobre	12
Diamante	3
Fosfato	14
Granito	1
Ouro	58
Saibro	1
Tantalita	1
Zinco	4

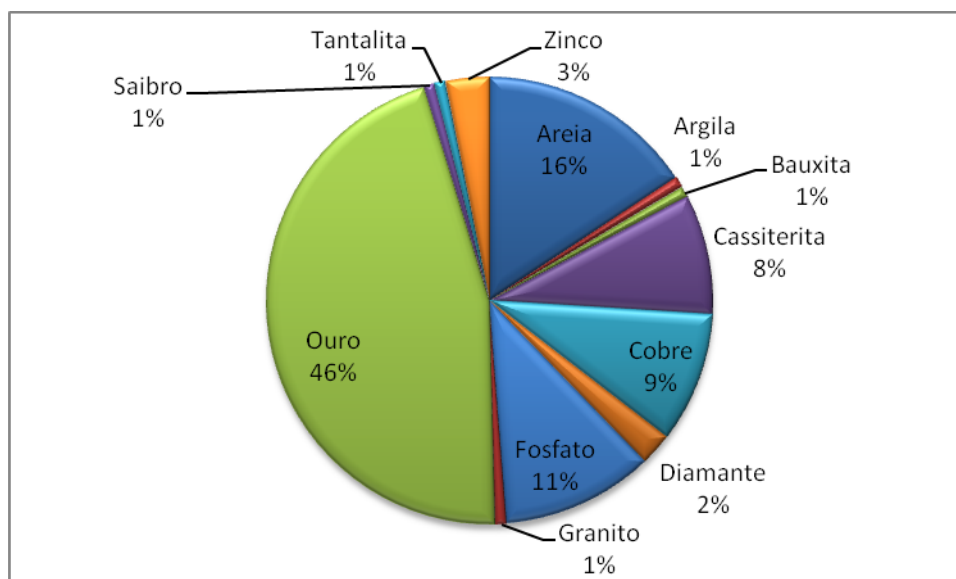


GRÁFICO 10.2.1-2 - Distribuição dos processos minerários por substância mineral

Os três processos de Lavra Garimpeira têm como titular a Cooperativa dos Garimpeiros do Xingu, sendo dois processos direcionados à lavra de ouro e um para diamante. Esta cooperativa também é titular dos cinco Requerimentos de Lavra Garimpeira, sendo quatro para ouro e um para diamante. A maioria desses processos foi protocolada no DNPM nos anos de 2009 e 2010 e abrange áreas nas imediações do Sítio Belo Monte. Observa-se, no entanto, que algumas das áreas abrangidas por esses processos não apresentam potencialidade mineral confirmada para ouro e diamante.

Entre os cinco processos de Licenciamento, quatro são direcionados à extração de areia e um para saibro. Já entre os onze Requerimentos de Licenciamento, dez são para a extração de areia e apenas um para argila. Estes processos estão concentrados na região de Altamira. Tal concentração se justifica na ocorrência de depósitos desses bens minerais no leito do rio Xingu e pela proximidade do mercado consumidor, representado pelo setor da construção civil da cidade de Altamira.

A execução do Projeto de Acompanhamento dos Direitos Minerários, ao promover uma análise caso a caso dos processos cujas áreas de abrangência sofrerão interferências pelas obras da UHE Belo Monte, identificará os processos passíveis de indenização por dispêndios ocorridos com a execução de atividades de pesquisa mineral e/ou paralisação de atividades de lavra, assim como a oneração de jazimentos minerais reconhecidos pelo DNPM a partir da aprovação de relatórios finais de pesquisa encaminhados a este órgão pelos titulares dos processos minerários.

10.2.1.3 Objetivos

O Projeto de Acompanhamento dos Direitos Minerários tem por objetivo verificar as reais interferências das obras principais e reservatórios da UHE Belo Monte nas áreas abrangidas por processos minerários, propondo a execução de medidas visando a minimização dos impactos econômicos e sociais resultantes da paralisação das atividades de pesquisa e produção mineral nestas áreas.

10.2.1.4 Metas

Conforme já apresentado, a consulta à Base de Dados Sigmine do Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM, realizada em 23 de junho de 2010, identificou 127 processos minerários abrangendo os terrenos da AID/ADA do empreendimento. Pesquisa similar realizada em 30 de abril de 2008, no âmbito dos trabalhos do EIA da UHE Belo Monte, registraram 70 processos minerários para a mesma área. Observou-se no período compreendido entre as duas pesquisas um incremento de 57 processos minerários para a região em pauta. Neste montante, são verificados 44 novos Requerimentos de Pesquisa.

Portando, torna-se necessário que o DNPM bloqueie a solicitação de Requerimentos de Pesquisa e não defira novos Alvarás de Pesquisa, Concessões de Lavra ou Permissões de Lavra Garimpeira na área de intervenção do empreendimento. A partir do bloqueio das áreas pelo DNPM, a análise e o acompanhamento dos processos vigentes permitirão a avaliação caso a caso dos processos vigentes a serem indeferidos pelo referido órgão, aqueles que necessitem da formulação de termos de renúncia e aqueles em que já foram empreendidas atividades de pesquisa que requerem processos indenizatórios.

Amparado nesta discussão e considerando as áreas de implantação das obras principais e de formação dos reservatórios da UHE Belo Monte, o Projeto de Acompanhamento dos Direitos Minerários apresenta as seguintes metas:

- Obter e acompanhar junto ao DNPM o bloqueio de novos Requerimentos de Pesquisa e o indeferimento de novas Concessões de Lavra ou Permissões de Lavra Garimpeira na área de interesse do empreendimento.
- Acompanhar o andamento dos processos minerários vigentes no DNPM, avaliando seus estágios de desenvolvimento e abrindo os processos indenizatórios nos casos pertinentes.
- Acompanhar as negociações junto aos envolvidos nos processos indenizatórios.

10.2.1.5 Etapas do Empreendimento nas quais Deverá ser Implementado

O Projeto de Acompanhamento dos Direitos Minerários será desenvolvido a partir do início da Etapa de Construção do empreendimento, tendo em vista a necessidade de se ter livres e desembaraçadas às áreas onde serão implantados os acampamentos, canteiros industriais, acessos, linhas de transmissão, estruturas, áreas de empréstimos e de botafora, reservatórios etc. O desembaraço das referidas áreas contempla a nulidade dos processos minerários pelo DNPM e os necessários acordos indenizatórios com os titulares dos processos minerários.

10.2.1.6 Área de Abrangência

O projeto deverá promover o acompanhamento dos processos minerários que abrangem as áreas de implantação das obras principais e de formação dos reservatórios, correspondendo aos terrenos abrangidos pela AID/ADA da UHE Belo Monte estabelecida para o meio físico.

10.2.1.7 Base Legal e Normativa

Para se atingir com sucesso as metas previstas no projeto serão necessários o bloqueio pelo DNPM de novos Requerimentos de Pesquisa e o indeferimento de novas Concessões de Lavra ou Permissões de Lavra Garimpeira na área de interesse do empreendimento, assim como proceder aos acordos indenizatórios pertinentes.

O imediato bloqueio da área de implantação do empreendimento para novos Requerimentos de Pesquisa, de Licenciamento e de Permissões de Lavra Garimpeira certamente inibe atividades especulativas que possam servir a propósitos de pleito de indenizações indevidas.

Complementarmente, a análise caso a caso de todos os processos cujas áreas de abrangência sofrerão interferências pelo empreendimento permitirá a identificação dos processos passíveis de indenização por dispêndios ocorridos com a execução de atividades de pesquisa mineral e/ou paralisação de atividades de lavra, assim como a oneração de jazimentos minerais reconhecidos pelo DNPM a partir da aprovação de relatórios finais de pesquisa encaminhados a este órgão pelos titulares dos processos minerários.

Diante do exposto, as ações a serem empreendidas no âmbito do Projeto de Acompanhamento dos Direitos Minerários deverão estar em consonância com a legislação mineral e procedimentos, normas e resoluções adotados pelo DNPM, na condição de órgão gestor da atividade minerária no País. Considera-se que toda a base jurídica requerida para as ações e análises a serem desenvolvidas no projeto estão abrigadas no princípio da prevalência do interesse público, caracterizado pelo aproveitamento hidráulico para geração de energia elétrica, sobre o interesse privado, e amparado em Decreto de Utilidade Pública com a respectiva poligonal de desapropriação da área para fins de implantação da UHE Belo Monte.

Salienta-se que as ações de bloqueio de áreas e determinação da nulidade de processos pelo DNPM encontram sustentação no Artigo 42 do Decreto Lei nº 227 (Código de Mineração), de 28 de fevereiro de 1967, que estabelece a possibilidade de recusa de autorização se a lavra for considerada prejudicial ao bem público.

10.2.1.8 Metodologia

A execução do Projeto de Acompanhamento dos Direitos Minerários congregará atividades de escritório e vistorias e levantamentos de campo.

Entre as atividades a serem desenvolvidas em escritório estão as consultas à Base de Dados Sigmine do DNPM, disponível no sítio www.dnpm.gov.br. Esta base de dados, atualizada diariamente, contém informações diversas sobre os processos minerários em tramitação no DNPM, assim como o georreferenciamento da poligonal que delimita a área abrangida em cada processo. As informações coligidas deverão compor tabelas e mapas das áreas abrangidas pelos processos.

No que tange às atividades de campo, adotar-se-ão procedimentos diferenciados conforme o objetivo da atividade. Para a comprovação da realização de serviços de pesquisa mineral pelos titulares dos processos, as vistorias deverão ser conduzidas pelos técnicos da Superintendência-PA do DNPM seguindo os procedimentos comumente adotados por este órgão. Os demais trabalhos de campo para levantamentos de informações e acompanhamento de atividades extrativas serão desenvolvidos pela equipe executora do projeto, com acompanhamento ou não de técnicos do DNPM, sendo que as observações e dados obtidos serão lançados em fichas técnicas previamente elaboradas para este fim.

10.2.1.9 Atividades a Serem Desenvolvidas

O desenvolvimento do projeto requererá uma intensa articulação com o DNPM, considerando as atribuições desta autarquia na gestão do setor mineral do País. Apresenta-se, a seguir, as ações a serem empreendidas para se atingir os objetivos e metas do Projeto de Acompanhamento dos Direitos Minerários.

a) Atualização da Relação de Processos Minerários Registrados Junto ao DNPM

No início da Etapa de Construção deverá ser empreendida uma consulta junto à base de dados Sigmine do DNPM com o objetivo de atualizar o levantamento dos processos minerários registrados naquele órgão que abrangem a AID/ADA da UHE Belo Monte. Nesta consulta deverão ser coligidas para cada processo a seguintes informações:

- Número do processo;
- Titular;
- Fase do processo;
- Extensão da área abrangida pelo processo;
- Substância(s) mineral(ais) alvo(s) do processo;
- Município(s) abrangido(s) pela área do processo;
- Últimos eventos do processo.

As informações levantadas deverão ser disponibilizadas na forma de quadros/tabelas. As áreas abrangidas pelos processos deverão ser plotadas no Mapa de Direitos Minerários,

escala 1:100.000, explicitando as interferências com as áreas de interesse do empreendimento (área de desapropriação definida no Edital de Disponibilidade Pública).

b) Solicitação de Bloqueio de Áreas Junto ao DNPM

Embasado no levantamento atualizado dos processos minerários, será solicitado ao DNPM no início da Etapa de Construção o bloqueio da área de interferência da UHE Belo Monte para novos Requerimentos de Pesquisa e de Permissão de Lavra Garimpeira, assim como o indeferimento de novas Autorizações de Pesquisa, Concessões de Lavra ou Permissões de Lavra Garimpeira. Considera-se como área de interferência da UHE Belo Monte aquela definida no Edital de Utilidade Pública como sendo a área de desapropriação.

O bloqueio da área de desapropriação da UHE Belo Monte para impedir novos requerimentos e concessões de pesquisa mineral deverá ser solicitado ao DNPM por meio de ofício, atendendo aos procedimentos normativos deste órgão, amparado em documento técnico contendo a relação dos processos e o Mapa de Processos Minerários, evidenciando as áreas que sofrerão interferências pelo empreendimento. As informações cartográficas serão apresentadas em formato digital *shapefile* (*.shp) para posterior integração ao banco de dados geográficos do DNPM.

c) Análise e Acompanhamento dos Processos Minerários Junto ao DNPM e Por Meio de Trabalhos de Campo

Deverá ser empreendido no decorrer da Etapa de Construção o acompanhamento da dinâmica dos processos minerários registrados no DNPM cujas áreas serão abrangidas pelas obras principais e pela formação dos reservatórios. Este acompanhamento constará, inicialmente, de uma análise dos processos na sede da Superintendência-PA do DNPM, em Belém, quanto aos seguintes aspectos:

- Cumprimento das exigências legais de acordo com a fase do processo (prazos, pagamento de emolumentos e taxa anual por hectare, apresentação de documentos, relatórios etc);
- Cumprimento de exigências formuladas pelo DNPM e/ou do órgão ambiental estadual;
- Ocorrência de autos de infração e multas;
- Dívidas por inadimplência junto ao DNPM;
- Trabalhos de pesquisa desenvolvidos ou em desenvolvimento;
- Montante da reserva e da produção mineral, quando pertinente.

A partir desta análise será possível identificar os processos a serem baixados pelo DNPM, ou seja, aqueles a serem indeferidos ou decretados a caducidade, assim como aqueles processos que requererão vistorias de campo para comprovação de execução de trabalhos de pesquisa ou de reservas informadas com vistas à abertura de processos indenizatórios.

A atividade de vistoria de campo deverá ser conduzida pelo DNPM, seguindo seus procedimentos usuais de certificação e avaliação de trabalhos de pesquisa mineral executados por titulares de processos minerários. O Empreendedor deverá solicitar o acompanhamento destas vistorias.

A análise dos processos e vistorias de campo poderão conduzir a diversas situações para a baixa dos processos minerários ou abertura de processos indenizatórios. Entre elas, aventa-se a possibilidade da desistência de titulares dos processos minerários ao direito de pesquisar ou que o processo esteja pendente por não cumprimento de exigências, autos de infração, multas e inadimplências. Nestes casos, deverá ser analisada a possibilidade de saneamento da dívida com o compromisso de desistência da área pelo titular do processo.

As informações levantadas na análise e acompanhamento dos processos, tanto aquelas obtidas junto ao DNPM como as levantadas em campo, deverão compor uma base de dados contemplando: bens minerais ocorrentes; localização das áreas com atividade de pesquisa e/ou lavra mineral; métodos de pesquisa e/ou lavra empregados; mão-de-obra empregada; montante de produção quando pertinente; possível mobilidade sazonal das atividades, entre outros aspectos.

Ainda no âmbito desta atividade de avaliação e acompanhamento dos direitos minerários, deverão ser promovidas discussões com os gestores públicos dos municípios abrangidos pelo empreendimento no sentido de avaliar as interferências que serão ocasionadas em áreas de pesquisa e lavra mineral, suas consequências e estratégias para garantir o suprimento da demanda de bens minerais na região.

d) Realização de Acordos com os Titulares dos Processos Minerários

No decorrer da Etapa de Construção da UHE Belo Monte, o desenvolvimento do projeto prevê, quando pertinente, a realização de acordos objetivando a compensação por restrições técnicas ou mesmo por inviabilização da continuidade de atividades de pesquisa e/ou de extração mineral na AID/ADA do empreendimento em pauta.

São passíveis de indenização os custos despendidos com os trabalhos de pesquisa mineral realizados em áreas que sofrerão intervenções em razão da implantação da UHE Belo Monte. Os valores da indenização serão objeto de avaliação caso a caso e acordados com os titulares dos processos minerários cujas fases já tenham compreendido, conforme legislação mineral, a etapa de pesquisa mineral.

Também serão objetos de avaliação para fins de indenização as reservas informadas em relatórios de pesquisa aprovados pelo DNPM excluídos os montantes por ventura já explorados. As áreas alvo de Permissões de Lavra Garimpeira deverão receber atenção especial no processo de estimativa dos valores de indenização em razão da possibilidade de, mesmo ocorrendo a atividade extrativa, não serem disponíveis informações sobre os jazimento, haja vista que a atividade de lavra sob esta forma de titulação não requer o trabalho prévio de pesquisa mineral para quantificação de reservas. Desta forma, os valores de indenização deverão ser acordados entre as partes (empreendedor e garimpeiros) considerando a produção mineral declarada, as características do depósito mineral, custos e aspectos logísticos da produção, além de outros fatores a serem avaliados conjuntamente com o DNPM, considerando sua função de órgão gestor do setor mineral.

Conforme proposição do EIA da UHE Belo Monte, possíveis acordos indenizatórios com titulares de processos minerários deverão ser conduzidos no âmbito do Programa de Negociação e Aquisição de Terras e Benfeitorias na Área Rural, inserido no bojo do Plano de Atendimento à População Atingida.

Todos os acordos indenizatórios firmados pelo Empreendedor com os titulares dos processos minerários deverão ser homologados pelo DNPM.

e) **Avaliação dos Resultados Obtidos com a Execução do Projeto**

Ao final da Fase de Implantação da Infraestrutura de Apoio para Construção da UHE Belo Monte deverá ser feita uma análise sobre o desenvolvimento do projeto considerando os indicadores estabelecidos para avaliação e monitoramento de resultados, conforme apresentado no item 10.2.1.13. A partir desta análise, deverão ser mantidos ou redirecionados os procedimentos para execução do Projeto de Acompanhamento dos Direitos Minerários no decorrer das fases seguintes da Etapa de Construção da UHE Belo Monte (Fases de Implantação das Obras Principais e de Liberação das Áreas para os Reservatórios).

10.2.1.10 Apresentação dos Resultados / Produtos a Serem Gerados

Os resultados obtidos com a execução do Projeto de Acompanhamento dos Direitos Minerários serão apresentados na forma de relatórios de acompanhamento bimestrais para o Empreendedor e de relatórios de acompanhamento das atividades com frequência semestral a serem emitidos para a análise do DNPM e Ibama.

Os relatórios de acompanhamento a serem emitidos ao Empreendedor deverão explicitar as atividades executadas e os resultados obtidos por meio de quadros, tabelas e mapas, apresentando uma avaliação do estágio de desenvolvimento do projeto frente aos seus objetivos e metas e propondo, caso necessário, redirecionamentos de ações.

Os relatórios a serem apresentados ao DNPM e Ibama também deverão ser embasados por quadros, tabelas e mapas, apresentando de forma objetiva os resultados do projeto no que concerne ao desembaraço dos processos minerários cujas áreas sofrerão interferência pela UHE Belo Monte, explicitando os processos para os quais tenha sido decretada a nulidade pelo DNPM, processos com ações indenizatórias concluídas e homologadas pelo DNPM, processos com ações indenizatórias *sub judice*, assim como outras situações que por ventura possam vir a ocorrer.

10.2.1.11 Equipe Técnica Envolvida

A responsabilidade pela execução do programa é do empreendedor com interação direta com a equipe técnica da Superintendência-PA do Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM. O empreendedor deverá constituir a seguinte equipe mínima para o desenvolvimento do projeto:

- Geólogo Sênior;
- Técnico em mineração.

10.2.1.12 Interface com Outros Planos, Programas e Projetos

O Projeto de Acompanhamento dos Direitos Minerários apresenta grande interação com o Projeto de Indenização e Aquisição de Terras e Benfeitorias, componente Programa de Negociação e Aquisição de Terras e Benfeitorias na Área Rural, inserido no Plano de Atendimento à População Atingida, por estarem afetos a este projeto os possíveis acordos indenizatórios com titulares de processos minerários.

10.2.1.13 Avaliação e Monitoramento

O Projeto de Acompanhamento dos Direitos Minerários adotará os seguintes indicadores para avaliar a consecução de seus objetivos para a área de implantação da UHE Belo Monte:

- Obtenção do bloqueio pelo DNPM de novos requerimentos e concessões na área abrangida pela poligonal de desapropriação do empreendimento;
- Percentual dos processos abrangidos pelas áreas de intervenção da UHE Belo Monte que serão baixados a partir da análise do DNPM (indeferimentos, decretos de caducidade etc);
- Percentual dos processos abrangidos pelas áreas de intervenção da UHE Belo Monte que serão baixados a partir de acordos amigáveis de indenização pelos custos despendidos em atividades de pesquisa e/ou oneração de reservas minerais;
- Percentual dos processos abrangidos pelas áreas de intervenção da UHE Belo Monte que serão baixados a partir de acordos judiciais de indenização pelos custos despendidos em atividades de pesquisa e/ou oneração de reservas minerais.

10.2.1.14 Responsável pela Implementação

A implementação do Projeto de Acompanhamento dos Direitos Minerários é de responsabilidade do Empreendedor em interação com a Superintendência-PA do Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM.

10.2.1.15 Parcerias Recomendadas

A consecução dos objetivos do Projeto de Acompanhamento dos Direitos Minerários requer uma ampla interação entre o Empreendedor e a Superintendência-PA do DNPM, sediada em Belém. Faz-se também necessário uma permanente discussão entre o Empreendedor e os gestores públicos dos municípios abrangidos pelo empreendimento, representantes de empresas mineradoras e de cooperativas de garimpeiros sobre o desenvolvimento e resultados obtidos pelo projeto.

Neste sentido, caberá ao Empreendedor direcionar ações de articulação institucional para viabilizar a imprescindível interação com o DNPM, Prefeituras Municipais da região do empreendimento e demais atores a serem envolvidos no processo de discussão.

10.2.1.16 Cronograma Físico

		UHE BELO MONTE																																																											
		PROJETO DE ACOMPANHAMENTO DOS DIREITOS MINERÁRIOS																																																											
Marcos	Atividades	Observações																																																											
Item	Atividade																																																												
		2011				2012				2013				2014				2015				2016				2017				2018				2019				2020				2021				2022				2023				2024				2025			
		T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
ETAPAS		IMPLANTAÇÃO																								OPERAÇÃO COMERCIAL (A PLENA CARGA)																																			
CRONOGRAMA DAS OBRAS																																																													
1	Obras para melhoria e abertura de acessos ao empreendimento																																																												
2	Implantação dos canteiros e instalações iniciais																																																												
3	Implantação de vilas residenciais																																																												
4	Implantação do Porto (Porto da Obra)																																																												
5	Lançamento das enscadeiras principais (1a e 2a fases)																																																												
6	Implantação obras civis Sítio Pimental (barragens, vertedouro, circuito adução/geração e LT)																																																												
7	Início de operação do sistema provisório de transposição de embarcações																																																												
8	Implantação do sistema definitivo de transposição de embarcações																																																												
9	Implantação do sistema de transposição de peixes																																																												
9	Serviços de montagem no Sítio Pimental																																																												
9	Implantação obras civis Sítio Belo Monte (barragens e circuito adução/geração)																																																												
10	Serviços de montagem no Sítio Belo Monte																																																												
10	Escavação e demais obras relacionadas aos canais																																																												
11	Construção dos diques																																																												
12	Desmobilização total dos canteiros																																																												
CRONOGRAMA DOS CADASTROS																																																													
1	Cadastro Socioeconômico																																																												
1.1	Áreas de canteiros, linhas de transmissão e acessos para as obras	Concluído																																																											
1.2	Vila Santo Antônio, Porto e Sítio Belo Monte	Concluído																																																											
1.3	Trecho de Vazão Reduzida																																																												
1.4	Reservatório do Xingu																																																												
1.5	Reservatório Intermediário																																																												
1.6	Igarapés (Altamira)																																																												
2	Cadastro Físico-territorial (inclui avaliação de benfeitorias e medição)																																																												
2.1	Áreas de canteiros, linhas de transmissão e acessos para as obras	Concluído																																																											
2.2	Vila Santo Antônio																																																												
2.3	Reservatório do Xingu																																																												
2.4	Reservatório Intermediário																																																												
2.5	Igarapés (Altamira)																																																												
CRONOGRAMA DO PROJETO DE ACOMPANHAMENTO DOS DIREITOS MINERÁRIOS																																																													
1	Atualização da relação de processos minerários																																																												
2	Solicitação de bloqueio de áreas junto ao DNPM																																																												
3	Análise e acompanhamento dos processos minerários																																																												
4	Realização de acordos com os titulares dos processos minerários																																																												
5	Emissão de relatórios semestrais para o IBAMA/DNPM																																																												

10.2.1.17 Profissionais Responsáveis pela Elaboração do Projeto

Engenheiro Geólogo Marcos Bartasson Tannús – CREA 27.174/D-MG.

Engenheiro Geólogo Alyson Cley – CREA 71.811/D-MG

10.2.1.18 Referências Bibliográficas

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO Mineral – DNPM. Base de Dados Sigmine. Disponível em: <<http://sigmine.dnpm.gov.br/>>. Acesso em: 23 junho 2010.

ELETROBRÁS. Aproveitamento Hidrelétrico Belo Monte: Estudos de Impacto Ambiental. Fevereiro de 2009.

SECRETARIA DE ESTADO DE PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E FINANÇAS – SEPOF/PA. PIB: Municípios Paraenses 2007. Disponível em: <http://www.sepof.pa.gov.br/sites/default/files/images/1612Resumo_PIB_Municipios_paraenses_2007.pdf>. Acesso em: 14 junho 2010.

WEST, J, O'CONNOR. Bounties Brasileiro de Verena Minerals. Fevereiro de 2010. Disponível em: <http://www.midasletter.com/news/10022201_Brazilian-bounties-for-verena-minerals.php>. Acesso em: 14 junho 2010.

10.3 Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais e Processos Erosivos

10.3.1 Introdução

10.3.1.1 Aspectos Gerais

Com a formação de reservatórios ocorrem erosões provocadas pela ação e embate das ondas, principalmente quando atuantes sobre materiais inconsolidados, como em aluviões e em solos de alteração de rocha de natureza notadamente silto-arenosa, originando recuo de encostas. A formação do reservatório acelera ou reativa os processos erosivos das encostas devido à elevação do nível freático e aparecimento de surgências d'água nas paredes das erosões. Com essa aceleração ou reativação, há a propagação das erosões para montante, a partir das bordas do reservatório. Os processos erosivos poderão ser intensificados a jusante dos barramentos e casa de força, especialmente na presença de unidades geológico-geotécnicas com características de alta suscetibilidade a esses processos e sob a ação de água efluente desprovida de carga sólida.

Quanto aos processos de movimentos de massa, a submersão parcial das encostas, a elevação do nível freático e suas oscilações e o embate de ondas com a implantação do reservatório favorecem o desenvolvimento de novos processos ou a reativação de outros já instalados. Citam-se a ocorrência de escorregamentos em solos de alteração, queda e rolamento de blocos e localmente rastejos e escorregamentos em talus/colúvio, devido à redução na resistência das unidades geológico-geotécnicas mais suscetíveis à instabilização.

A elevação do lençol freático decorrente do enchimento dos reservatórios pode ocasionar fenômenos de colapsividade em materiais fofos dos coluviões e dos depósitos de encostas, bem como instabilizações de aterros e aluviões fofos devido à perda de suas estruturas imposta pela saturação. A ação das águas do reservatório e do lençol freático poderá ocasionar a desagregação superficial ligada à presença de minerais expansivos e de expansão, retração e empastilhamento em sedimentos pelíticos.

Há que se considerar também as possibilidades de alteração na circulação das águas subterrâneas, de ocorrência de surgências e de aumento da possibilidade de *pipping*, decorrentes da elevação do lençol freático com o enchimento dos reservatórios, em cavidades subterrâneas e em feições de rochas areníticas originadas por *piping*.

10.3.1.2 Aspectos Gerais da Região da UHE Belo Monte

Os aspectos da região de Belo Monte relacionados ao Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais e Processos Erosivos constam do capítulo do diagnóstico do EIA que trata da estabilidade das encostas marginais (Volume 11). Foram identificados e caracterizados os processos e mecanismos potenciais de instabilização das encostas marginais dos reservatórios da UHE Belo Monte, bem como avaliados os graus de suscetibilidades dessas encostas aos referidos processos. Os diversos processos identificados foram os seguintes:

- Movimentos de massa e processos erosivos nos domínios de rochas cristalinas e sedimentares e seus produtos de alteração;
- Erosão subterrânea (*piping*) nos arenitos da Formação Maecuru;

- Desagregação superficial ligada à presença de minerais expansivos nos domínios das Formações Trombetas e Curuá;
- Inundação, surgimento de áreas úmidas e alagadas, adensamento dos solos moles e instabilização de pavimentos, edificações e instalações sobre aterros e aluviões da cidade de Altamira;
- Colapso de solos insaturados ligado aos depósitos de colúvio (processo potencial para a saturação com o reservatório).

Em julho de 2010 foi efetuada viagem com a finalidade de elaboração do Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais e Processos Erosivos. Nessa viagem foram inspecionados vários locais das encostas dos reservatórios e da região de jusante do Sítio Belo Monte. Os resultados dessa inspeção constam da **FIGURA 1** do **ANEXO 1** e das fichas de caracterização dos locais inspecionados nas encostas marginais em julho de 2010, apresentadas no **ANEXO 2**.

10.3.2 Justificativa

O Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais e Processos Erosivos já estavam previstos no EIA da UHE Belo Monte (Volume 33, capítulo 12, pág. 56).

No diagnóstico ambiental foram identificados e avaliados os principais processos e mecanismos visualizados e potenciais de instabilização das encostas marginais, bem como avaliado o grau de suscetibilidade dessas encostas a esses processos/mecanismos, a partir dos principais condicionantes de relevo, geológico-geotécnicos, estruturais e de uso e ocupação do solo. Os resultados estão sintetizados no Mapa de Estabilidade das Encostas Marginais da Área de Influência Direta (Volume 11, capítulo 7, pág. 432 e Volume 26, Desenho 6365-EIA-DE-G91-031).

Na situação com o reservatório, deverá ocorrer acréscimo da suscetibilidade a processos de instabilização das encostas marginais caracterizados quando do diagnóstico ambiental, como previsto no EIA da UHE Belo Monte (Avaliação de Impactos, Volume 31), os quais são deflagrados por causas naturais, mas também a partir de ações antrópicas e de influência do reservatório.

Esse impacto é gerado nos compartimentos ambientais Reservatório do Xingu e Reservatório Intermediário, avaliando-se preliminarmente que os locais de maior criticidade correspondem, preferencialmente, aos setores das encostas marginais onde o grau de suscetibilidade aos processos de instabilização foram caracterizados como alto e médio nas condições atuais, com maior relevância para aqueles com grau de suscetibilidade alta. Esses setores são predominantes no Reservatório Intermediário e a partir da região da Ilha do Babaquara até a Barragem Pimental, no Reservatório do Xingu. Observa-se que o detalhamento do acréscimo da suscetibilidade aos processos de instabilização das encostas marginais deverá ser obtido com o desenvolvimento do presente Programa.

A jusante da Casa de Força Principal os aluviões são inconsolidados, os arenitos das Formações Maecuru, Ererê e Alter do Chão são friáveis e altamente erodíveis e, além disso, nessa região de jusante, a capacidade erosiva poderá ser intensificada devido às características das águas efluentes, desprovidas de carga sólida. Assim, é considerada a possibilidade de reativação e/ou instalação de processos erosivos, junto às margens do rio Xingu e ilhas, pela ação das águas efluentes sobre os depósitos aluviais inconsolidados e sobre os arenitos friáveis, tal como indicado no Mapa de Estabilidade das Encostas

Marginais da Área de Influência Direta (Volume 11, capítulo 7, pág. 432 e Volume 26, Desenho 6365-EIA-DE-G91-031).

A jusante da barragem do Sítio Pimental, durante a construção, a capacidade erosiva poderá ser intensificada devido à alteração de velocidade e dos níveis d'água no rio Xingu. A partir da Etapa de Operação a capacidade erosiva poderá ser intensificada devido à ação das águas efluentes desprovidas de carga sólida que poderão atuar sobre depósitos aluviais inconsolidados das ilhas do rio Xingu, recobertas por florestas aluviais, sobre aluviões de planícies aluviais da margem direita e sobre os solos residuais das rochas cristalinas que suportam relevos acidentados de morros e morrotes, na margem direita do rio Xingu, a jusante do rio Ituna. Esta margem apresenta-se bastante antropizada, principalmente até a região da Ressaca e da Ilha da Fazenda, o que é favorável também aos processos erosivos.

No Parecer 105/2009 do IBAMA foi solicitado e/ou reforçado, pois muitas dessas solicitações de atividades já constavam do EIA/RIMA, a necessidade de desenvolvimento das atividades indicadas a seguir sempre que relativas ao presente programa. Paralelamente à essa apresentação são abordadas as providências adotadas ou a serem adotadas em relação às solicitações do IBAMA:

- Mapeamento dos pontos de erosão pré-existent nas áreas de influência do empreendimento com georeferenciamento dos pontos (Parecer 105/2009).
- Esse mapeamento será feito nas encostas marginais dos reservatórios e nas áreas imediatamente a jusante do sítio Pimental e Belo Monte, locais para onde estão previstos impactos devido ao empreendimento.
- Esse levantamento foi iniciado na viagem de julho de 2010 e não foram observadas instabilizações de criticidade alta. Os resultados desse levantamento é apresentado no **ANEXO 1** e nas fichas do **ANEXO 2**. Esse mapeamento será complementado e detalhado no desenvolvimento do presente programa.
- Para a situação após enchimento, foram recomendados mapas de monitoramento de áreas de risco ambiental, identificando locais com propensão para desenvolvimento de processos erosivos, desmoronamentos e contaminações antrópicas (Parecer 105/2009).
- Esses mapas serão elaborados a partir de inspeções feitas ao final da estação chuvosa que antecede o enchimento e trimestralmente durante a operação, tal como previsto no presente programa.
- Implantar como rotina de trabalho, para os pontos da AID que possuem grau de suscetibilidade à erosão forte a muito forte, um programa de monitoramento visando medidas preventivas do desenvolvimento de processos erosivos e desmoronamentos (Parecer 105/2009).
- Esse monitoramento será feito nas encostas marginais dos reservatórios e nas áreas imediatamente a jusante do sítio Pimental e Belo Monte, locais para onde estão previstos impactos devido ao empreendimento.

No Parecer 106/2009 do IBAMA foi solicitado e/ou reforçado, pois muitas dessas solicitações de atividades já constavam do EIA/RIMA, a necessidade de desenvolvimento das atividades indicadas a seguir sempre que relativas ao presente programa. Paralelamente à essa apresentação são abordadas as providências adotadas ou a serem adotadas em relação às solicitações do IBAMA:

- Definir quem é o responsável pelas investigações geológico-geotécnicas e quais as ações a serem consideradas no caso de conclusão sobre a existência de edificações de risco (Parecer 106/2009).
- As investigações geológico-geotécnicas são de responsabilidade do Empreendedor como previsto nesse Programa e no Projeto de Monitoramento da Dinâmica das Águas Subterrâneas e no Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios.
- As ações a serem consideradas no caso de conclusão de edificações de risco devido à influência do reservatório são aquelas relativas à remoção de seus ocupantes, desapropriação e outras, tal como já consideradas nos programas da socioeconomia para as edificações localizadas nas áreas a serem alagadas.
- Efetuar monitoramento em todas as áreas mapeadas pelo EIA, principalmente naquelas de suscetibilidade média/alta (Parecer 106/2009).
- Na implantação dos programas, serão priorizados os setores de maior criticidade e suscetibilidade para a instalação dos processos de instabilização das encostas marginais para intensificação do monitoramento com um maior número de ações. Nos demais setores, o monitoramento será através de um menor número de ações, que uma vez implantadas orientam e subsidiam outras para intensificar o monitoramento sempre que necessário.
- Apresentar mapas trimestrais com avaliação das áreas de risco (Parecer 106/2009).
- Esses mapas resultarão das ações previstas no presente programa.
- O programa deverá prever ações em consonância com o PRAD para contenção ou recuperação imediata das áreas que apresentam processos erosivos (Parecer 106/2009).
- O presente programa prioriza os setores e áreas com processos erosivos ou com processos de instabilização nas encostas marginais de maior criticidade, para a implantação de ações de contenção e recuperação.
- Na região 2 não está definida a real situação de contato entre o reservatório e os arenitos Maecuru, o que deve ser detalhado em estudos posteriores propostos no Programa de Monitoramento das Encostas Marginais e Processos Erosivos (Parecer 106/2009).
- A posição do reservatório em relação à base do Arenito Maecuru foi esclarecida durante as inspeções feitas na viagem de julho de 2010, cujos resultados serão apresentados no relatório relativo a detalhamento e refinamento dos estudos espeleológicos.
- No Parecer 102/2009, consta que na região 2 não está definida a real situação de contato entre o reservatório e os arenitos Maecuru, o que deve ser detalhado em estudos posteriores propostos no Programa de Monitoramento das Encostas Marginais e Processos Erosivos.
- A posição do reservatório em relação à base do Arenito Maecuru foi esclarecida durante as inspeções feitas na viagem de julho de 2010, cujos resultados serão

apresentados no relatório relativo a detalhamento e refinamento dos estudos espeleológicos.

Destaca-se que essas solicitações são justificadas pela possibilidade da ocorrência de impactos de instabilização de encostas, processos erosivos e carreamento de sedimentos, instabilização de solos não saturados e de baixa resistência e o acréscimo da suscetibilidade a esses processos na situação com o reservatório. Assim, a implementação do presente programa justifica-se e é considerado de grande importância para assegurar a integridade das encostas marginais.

10.3.3 Objetivo

O programa é dirigido para a identificação e caracterização de forma detalhada dos condicionantes, processos e mecanismos de instabilização das encostas marginais dos reservatórios, das encostas de jusante da Casa de Força Principal e de jusante do Sítio Pimental. Deve permitir a determinação dos graus de susceptibilidade a esses processos em diversos trechos e/ou setores das encostas, em períodos antes, durante e após o enchimento, caracterizando-se assim a influência do reservatório.

O desenvolvimento do programa deve possibilitar também a indicação de medidas de proteção contra os processos de instabilização e estabelecer as recomendações e detalhamentos sobre tratamentos previstos em locais de relevantes suscetibilidade e criticidade, específicas para cada caso.

10.3.4 Metas

As principais metas do presente Programa são as seguintes:

- Efetuar investigações, instalar e manter a rede de monitoramento para fins de desenvolvimento desse Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais e Processos Erosivos, complementares àquelas já previstas no Programa de Controle de Estanqueidade dos Reservatórios e no Projeto de Monitoramento da Dinâmica das Águas Subterrâneas.
- Identificar e caracterizar de forma detalhada os condicionantes, processos e mecanismos de instabilização das encostas marginais dos reservatórios, das encostas de jusante da Casa de Força Principal e de jusante do sítio Pimental.
- Determinar os graus de suscetibilidade à ocorrência de processos de instabilização, assim como suas criticidades, em diversos trechos e/ou setores das encostas, em períodos antes, durante e após o enchimento, caracterizando-se assim a influência do reservatório no desenvolvimento dos processos de instabilização.
- Possibilitar a elaboração de mapas de monitoramento de áreas de risco ambiental, após o enchimento do reservatório, identificando locais com propensão para o desenvolvimento de processos erosivos, desmoronamentos e contaminações antrópicas.
- Possibilitar também a indicação de medidas de proteção contra os processos de instabilização e estabelecer as recomendações e detalhamentos sobre tratamentos previstos em locais de suscetibilidade alta e de relevante criticidade.
- Fornecer subsídios para as ações a serem consideradas no caso de o enchimento do reservatório criar condições de risco para as edificações de Altamira.

- Monitorar pelo período de dois anos, após o enchimento do Reservatório Intermediário, as áreas revegetadas no âmbito do Programa de Recuperação de Áreas Degradadas – PRAD.
- Fornecer subsídios e orientação para a continuidade do programa.

10.3.5 Etapas do Empreendimento nas quais deverá ser Implementado

O Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais e Processos Erosivos será implementado durante as Etapas de Construção, Enchimento e Operação.

10.3.6 Área de Abrangência

O Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais e Processos Erosivos será implementado na ADA e AID da UHE Belo Monte.

As áreas objeto das ações do presente programa são aquelas das encostas do Reservatório do Xingu, do Reservatório Intermediário e das encostas de jusante da Casa de Força Principal e de jusante do sítio Pimental. Esses locais estão indicados na **FIGURA 2** do **ANEXO 1**.

No **ANEXO 1 (FIGURA 2)** estão indicados os setores de maior suscetibilidade para a instalação de processos de instabilização das encostas marginais e a ordem de prioridade para o monitoramento e/ou intensificação desse monitoramento. Os dois primeiros setores relacionados a seguir são aqueles considerados de maior criticidade e, portanto, os locais onde o monitoramento é de prioridade 1 e será intensificado como previsto nos programas de estanqueidade dos reservatórios e de dinâmica das águas subterrâneas e também no presente programa. As prioridades para o monitoramento são as seguintes:

Prioridade 1 - Área de ocorrência de aluvião na região urbana de Altamira, tal como previsto no Projeto de Monitoramento da Dinâmica das Águas Subterrâneas, e escarpa em Arenito Maecuru contendo a Caverna Kararaô e outras cavidades próximas, tal como previsto no Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios.

Locais de ocorrência de Arenito Maecuru nas encostas dos reservatórios, setores 14, 22, 24 e 26 do Reservatório Intermediário, tal como mostrado no Mapa de Estabilidade das Encostas Marginais do EIA/RIMA, parcialmente reproduzido na Figura 1 do Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios e pontos ENC 16, ENC 62, ENC63, ENC 02 e ENC 03 localizados a jusante de Altamira, no Reservatório do Xingu, correspondentes aos levantamentos de julho de 2010. Esses locais levantados em julho de 2010 localizam na região 2, para a qual o Parecer 106/2009 do Ibama reforça a necessidade de detalhar a real situação de contato entre o reservatório e o Arenito Maecuru. Ocorrências de Arenito Maecuru foram caracterizadas também em julho de 2010, na região de Altamira, muitos deles já abordados nos estudos do EIA/RIMA: ENC 04, ENC 05, ENC 06, ENC 14, ENC 15, PC 35, PC 36 e PC 37 e estão indicadas na **FIGURA 1** do **ANEXO 1**.

Outros setores com suscetibilidade para instalação de processos de instabilização tal como caracterizados no EIA/RIMA e na viagem de julho de 2010.

10.3.7 Base Legal e Normativa

Do ponto de vista ambiental, destaca-se a Resolução CONAMA 303 de 20 de Março de 2002 que dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação

Permanentes - APPs de um modo geral. A Resolução CONAMA 302, também de 20 de Março de 2002, dispõe especificamente sobre a área de preservação permanente no entorno de reservatórios. Com base na definição de que as APPs têm função de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem estar das populações humanas, define os entornos mínimos de preservação nos reservatórios artificiais com base no seu uso, tamanho e localização em relação às áreas urbanas.

No ano de 2003 foi aprovado o Projeto de Lei nº 1.181. Esta lei estabelece diretrizes para verificação da segurança de barragens de cursos d'água para quaisquer fins e define obrigações dos empreendedores de barragens. Em 18 de julho de 2005 foi aprovada e em 1º de setembro de 2005 foi publicada a proposta de substitutivo ao Projeto de Lei nº 1.181, de 2003, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens – PNSB e cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens – SNISB.

Embora não exista nenhuma norma técnica voltada especificamente para a estabilidade de encostas marginais de reservatórios, cabe citar a ABNT NBR 11682:2009 que trata da estabilidade de encostas de modo geral resultantes especificamente de escavações ou aterros e cujas diretrizes podem ser úteis principalmente caso seja necessário qualquer tipo de intervenção nas encostas naturais para fins de estabilização ou recuperação.

Observa-se que não há necessidade de licença ou autorização prévia por parte dos órgãos ambientais para realização dos trabalhos de campo.

10.3.8 Metodologia

Apresentam-se a seguir os procedimentos metodológicos a serem adotados na execução das seguintes atividades:

- Geoprocessamento, fotointerpretação e preparo de mapas base;
- Mapeamento geológico-geotécnico e caracterização dos processos de instabilização das encostas;
- Investigações e instalação de monitores;
- Acompanhamento e interpretação dos resultados das investigações;
- Estudo das medidas de proteção das encostas marginais;
- Inspeções levantamentos e leitura de instrumentos;
- Monitoramento das condições de erosão e estabilidade das encostas marginais.

Essas atividades e respectivos procedimentos metodológicos estão previstas para as encostas marginais de toda a área de estudo. Entretanto, para as escarpas do Arenito Maecuru que contém a Caverna Kararaô devem ser considerados também as atividades e procedimentos previstos no Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios. O mesmo é válido para o caso da área urbana de Altamira em relação ao Projeto de Monitoramento da Dinâmica das Águas Subterrâneas.

10.3.8.1 Geoprocessamento, Fotointerpretação e Preparo de Mapas Base

O desenvolvimento do programa deverá ser iniciado por estudos de imagens de satélite e fotointerpretação da área de interesse para o preparo de mapas bases, ou seja, todo perímetro dos reservatórios e áreas de jusante dos sítios Belo Monte e Pimental.

Esses recursos serão utilizados também para os estudos geológico-geotécnicos e de processos de instabilização das encostas marginais, como ferramentas de análise e de ajustes das áreas indicadas na **FIGURA 2** do **ANEXO 1** e a jusante do Sítio Pimental como áreas prioritárias para monitoramento. Serão utilizadas também para orientar e executar os trabalhos de campo dos mapeamentos geológico-geotécnicos e a caracterização dos processos de instabilização das encostas. Para tanto, serão considerados aspectos geológicos, geomorfológicos e de declividade das encostas.

Os estudos de imageamento, fotointerpretação para fins preparo de mapas bases e de estudos das encostas será através de processamento e interpretação de imagens de satélite recentes e atualizadas, de fotos aéreas, de plantas de restituição aerofotogramétrica e ortofotocartas e de levantamentos topográficos disponíveis e específicos (terrestres e/ou aéreos a laser), além de modelos digitais do terreno.

Os levantamentos topográficos a serem utilizados no desenvolvimento dessas atividades são os mesmos disponíveis para o desenvolvimento de todos os programas e projetos ambientais ou específicos para o presente programa, nas escalas 1:10.000, e deverão abranger uma faixa de pelo menos 100 m às margens dos reservatórios. Nos casos de levantamentos dirigidos para casos específicos deverão ser na escala 1:1.000 a 1:2.000.

A partir das bases cartográficas e modelos digitais do terreno serão preparados mapas de declividade das encostas, a serem utilizados no desenvolvimento da atividade de mapeamento geológico-geotécnico e caracterização dos processos de instabilização das encostas.

10.3.8.2 Mapeamento Geológico - Geotécnico e Caracterização dos Processos de Instabilização das Encostas

Deverão ser feitos mapeamentos geológico-geotécnico e a caracterização dos processos de instabilização das encostas marginais dos locais de estudo indicados na **FIGURA 2** do **ANEXO 1** e a jusante do Sítio Pimental. Esses mapeamentos serão feitos através de:

- Processamento e interpretação de imagens de satélite recentes e atualizadas e fotointerpretação geológica utilizando fotos aéreas, plantas de restituição aerofotogramétrica e de levantamentos topográficos disponíveis e específicos, modelos digitais de terreno e cartas de declividade;
- Trabalhos de campo de detalhe dirigidos para o tema estabilidade das encostas marginais.

O mapeamento geológico-geotécnico de campo compreende a identificação das unidades e suas espessuras, indicação dos afloramentos de rocha sã/alterada dura e/ou com altos graus de coerência e de resistência mecânica, individualização e caracterização de unidades geológico - geotécnicas de rochas alteradas e/ou com baixos graus de coerência e de resistência mecânica, depósitos de materiais transportados, surgências de água, erosões e demais processos de instabilização das encostas marginais e seus condicionantes e mecanismos. Se necessário, serão efetuadas sondagens a trado para auxiliar na definição das unidades geológicas, geotécnicas e hidrogeológicas.

Os pontos de inspeção deverão estar indicados por números em plantas bases, amarrados por GPS e caracterizados em fichas ou em cadernetas de campo. Deverão ser identificadas as diversas unidades geológicas, geológico-geotécnicas, bem como as principais estruturas, destacando os seus aspectos de interesse para o presente programa e também para Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas e para o Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios.

Os mapeamentos geológico-geotécnicos deverão ser efetuados tendo por base plantas topográficas na escala 1: 10.0000 ao longo da borda do reservatório e nas escalas 1:1.000 a 1:2.000 em casos específicos como aqueles da escarpa da caverna Kararaô e da área urbana de Altamira. Utilizando as seções topográficas de detalhe obtidas conforme especificado no item referente às investigações e instalação de monitores, deverão ser feitos mapeamento geológico-geotécnico de detalhe, nas escalas 1:500 a 1:1.000.

10.3.8.3 Investigações e Instalação de Monitores

A execução de sondagens mecânicas, ensaios de campo e de laboratório e a instalação de instrumentos estão previstos para monitoramento dos setores de alta suscetibilidade e de maior criticidade aos processos de instabilização, priorizados no Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios e no Projeto de Monitoramento da Dinâmica das Águas Subterrâneas. Esses programas tratam respectivamente das escarpas do Arenito Maecuru que contém a Caverna Kararaô, de outras ocorrências desse arenito no Reservatório Intermediário e também no reservatório do Xingu nas proximidades de Altamira e da área urbana de Altamira.

No caso da área urbana de Altamira com edificações em aluvião, com base nos resultados do monitoramento dos níveis de água, resultados das sondagens e análises das características geológico-geotécnicas, durante o desenvolvimento do programa, serão instalados marcos e monitores de recalques e/ou novos piezômetros. A localização desses instrumentos será junto às edificações que requerem monitoramento dirigido para a adoção de eventuais ações necessárias em casos de riscos, se identificados aumento da suscetibilidade ou deflagração de processos de instabilização.

No caso de instalação de novos monitores serão considerados os procedimentos metodológicos, as especificações e padrões normativos aplicáveis.

Em todos os setores mostrados na **FIGURA 2** do **ANEXO 1** e a jusante do sítio Pimental, o monitoramento será através da implantação de seções no campo as quais serão submetidas à amarração e nivelamento topográfico de detalhe. Para esse levantamento, as seções deverão ser estaqueadas a cada 20 m, onde serão implantados marcos que permitirão os levantamentos posteriores após o enchimento previstos no item 8.6. Prevê-se a necessidade de três seções por setor e um total de 60 km de seções a serem implantadas e levantadas, o que deve ser ajustado no campo, conforme as características geológico-geotécnicas do setor.

No caso do reservatório do Xingu, essas seções devem ser iniciadas junto à linha d'água do rio Xingu e avançar por cerca de 200 m além da margem e de forma que após o enchimento do reservatório se disponha de pelo menos 100 m monitorados a partir da linha d'água. Casos em que o mapeamento geológico-geotécnico indicar poderão ser feitos levantamentos batimétricos na porção submersa. No caso do Reservatório Intermediário essas seções devem abranger 100 m em direção à área alagada e 100 m em direção à encosta emersa.

Sobre essas seções deverão ser feitos mapeamento geológico geotécnico de detalhe, nas escalas 1:500 a 1:1.000.

Poderão também ser solicitados levantamentos topográficos plani-altimétrico em escalas 1:1.000 a 1:2.000, para detalhar situações específicas identificadas durante os mapeamentos geológico-geotécnico. Nestes casos os levantamentos devem prever pontos espaçados a no máximo 20 m uns dos outros, incluindo também pontos adicionais caso sejam fundamentais para representar adequadamente as feições importantes do terreno.

Quando do desenvolvimento das atividades especificadas no item referente às inspeções, levantamentos e leituras de instrumentos, os setores que apresentarem processos não estabilizados e que estejam mostrando evolução ao longo do tempo deverão ter as seções implantadas e levantadas nessa etapa submetidas a outros levantamentos topográficos, topobatimétricos e geofísicos. Os levantamentos geofísicos serão pelo método de imageamento através de sonar de varredura lateral para fins de investigar a superfície do fundo do reservatório e também através de perfilação sísmica para investigar o reservatório em subsuperfície.

10.3.8.4 Acompanhamento e Interpretação dos Resultados das Investigações

O detalhamento e refinamento da caracterização geológico-geotécnica e da caracterização dos processos de instabilização das encostas das áreas de interesse serão obtidos no início do programa, através do desenvolvimento das atividades conforme procedimentos anteriormente apresentados, bem como através da análise dos resultados obtidos.

A análise para se obter as caracterizações desejadas deverá considerar dados e resultados obtidos no presente programa, no Projeto de Monitoramento da Dinâmica das Águas Subterrâneas, no Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios, no Programa de Monitoramento Hidráulico, Hidrológico e Hidrossedimentológico e no Programa de Monitoramento do Clima.

Deverá ser efetuada a determinação de outros locais/setores críticos e sua ordenação segundo uma escala de prioridades para o monitoramento e estudos de medidas de proteção, além dos locais já priorizados na apresentação dos PBAs. Essa priorização será com base nas características das unidades geológico-geotécnicas e considerando os processos de instabilização mais prováveis, declividade e extensão da encosta que estará emersa/submersa para as situações de enchimento e pós-enchimento do reservatório.

O desenvolvimento das atividades como especificado anteriormente e a análise dos resultados obtidos permitirão a ordenação detalhada dos locais estudados de acordo com o grau de relevância quanto a risco de instabilização das encostas. Esta ordenação orientará quanto à priorização dos locais para a implantação das medidas de controle, os estudos de alternativas e de detalhamento dessas medidas de controle, bem como o detalhamento e a continuidade do monitoramento das condições de estabilidade das encostas marginais iniciada com a implementação do presente programa.

10.3.8.5 Estudo das Medidas de Proteção das Encostas Marginais

Para os setores identificados como de alta suscetibilidade e de criticidade relevante, principalmente naqueles em que processos ativos de instabilização e erosão foram constatados, deverão ser efetuadas as recomendações e estudadas as medidas de proteção consideradas mais apropriadas. Na proposição de recomendações e de medidas de proteção deverão ser considerados os processos e mecanismos de instabilização e seus condicionantes.

O desenvolvimento das atividades como especificado anteriormente permitirão os estudos de alternativas de medidas de controle, a seleção da alternativa mais apropriada e o detalhamento sobre tratamentos, bem como estabelecer diretrizes para a continuidade do monitoramento, incluindo a definição de instalação de novas seções para controle topográfico e de novos instrumentos e monitores.

De maneira geral, as medidas de proteção compreendem aquelas relacionadas à limpeza superficial e remoção do material escorregado, trabalhos de escavação e de tratamentos de taludes para assegurar condições de estabilidade e recuperação de vegetação e de mata ciliar, além de outras que podem ser indicadas durante o refinamento do mapeamento geológico-geotécnico.

Para eventuais casos de constatação de edificações de risco devido à elevação do reservatório poderão ser adotadas medidas de desapropriação e de remoção dos seus ocupantes para edificações em locais seguros.

10.3.8.6 Inspeções, Levantamentos e Leituras de Instrumentos

Deverão ser efetuadas inspeções sobre as condições de erosão e de instabilidade das encostas marginais ao final da estação chuvosa que precede a formação do reservatório, ao final do enchimento e trimestralmente durante a operação. Também deverão ser realizadas inspeções quando da ocorrência de grandes variações nos níveis d'água do reservatório e após precipitações de grande intensidade, ou ainda quando da ocorrência de sismos naturais ou induzidos de magnitudes compatíveis com os níveis de gestão de alerta e crítica conforme os indicadores apresentados no Programa de Monitoramento da Sismicidade.

Essa inspeção deve ser realizada em todas as áreas definidas no programa, a fim de verificar a surgência de novos processos em regiões que, anteriormente ao reservatório, apresentavam baixa suscetibilidade. Na área urbana de Altamira, esse monitoramento deve ser executado juntamente com o programa de hidrogeologia e na área das escarpas de arenito da caverna Kararaô e na área de outras ocorrências do arenito Maecuru, juntamente ao programa de controle da estanqueidade do reservatório.

As bases para as inspeções a serem efetuadas são os mapas topográficos, batimétricos e geológico-geotécnicos disponíveis ou específicos, elaborados quando da ação 8.1 juntamente com aquelas resultantes de processamento e interpretação de imagens de satélite e fotos aéreas recentes e atualizadas, obtidas em datas próximas àquelas das inspeções. Todas as inspeções deverão ser adequadamente registradas e acompanhadas de fotos ilustrativas.

As inspeções deverão também ser acompanhadas de levantamentos topográficos, topobatimétricos e de levantamentos geofísicos para caracterizar processos não estabilizados e que estejam apresentando evolução ao longo do tempo. Os levantamentos geofísicos serão pelo método de imageamento através de sonar de varredura lateral para fins de investigar a superfície do fundo do reservatório e também através de perfilagem sísmica para investigar o reservatório em subsuperfície. Estão previstos 6 km de levantamentos topográficos e 6 km de levantamentos topobatimétricos/geofísicos em cada uma das inspeções e 78 km de cada um dos levantamentos nas 13 inspeções previstas, quantitativos que poderão ser ajustados com base na situação de campo.

Durante as inspeções, deverão ser observados: processos de instabilizações existentes ou potenciais, como feições erosivas incluindo recuos de encosta, voçorocas, ravinamentos, sulcos de erosão; feições de colapso em materiais fofos; cicatrizes de rupturas novas e

antigas, trincas, deslizamentos e tombamentos; surgências de água; unidades geológico-geotécnicas atingidas e suas características; dados geométricos das áreas instabilizadas, extensão, altura máxima, inclinação; agentes e causas dos processos de instabilização (NA, geometria, drenagem superficial, estruturas reliquiares de solos e descontinuidades de rochas); características de elementos de drenagens ou de saídas de drenagem.

Paralelamente às inspeções, além dos levantamentos topográficos e topobatimétricos, deverão ser efetuadas a leitura de instrumentos instalados. A leitura dos instrumentos instalados deverá ocorrer também no período que antecede o início das inspeções, iniciando-se logo após a instalação e deverá ocorrer em períodos antes e após o enchimento e incluir todo o período de formação do reservatório. Prevê-se que as leituras sejam mais freqüentes, a princípio, com freqüência semanal, durante e em períodos próximos à formação do reservatório (dois meses antes e depois) e menos freqüentes durante todo o período de monitoramento restante, a princípio, com freqüência trimestral. Também deverão ser realizadas leituras dos monitores sempre quando da ocorrência de grandes variações no nível d'água do reservatório e no caso de precipitações significativas, ou ainda quando da ocorrência de sismos naturais ou induzidos de magnitudes compatíveis com os níveis de gestão de alerta e crítica conforme os indicadores apresentados no Programa de Monitoramento da Sismicidade.

10.3.8.7 Monitoramento das Condições de Erosão e Estabilidade das Encostas Marginais

O monitoramento das condições de erosão e de estabilidade das encostas marginais será através da análise dos resultados obtidos com o desenvolvimento do presente programa e também no Projeto de Monitoramento da Dinâmica das Águas Subterrâneas, no Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios, no Programa de Monitoramento Hidráulico, Hidrológico e Hidrossedimentológico e no Programa de Monitoramento do Clima.

A análise dos resultados deverá fornecer informações sobre as condições de erosão e de estabilidade das encostas marginais, antes, durante e após o enchimento dos reservatórios, avaliar a eficiência das medidas de controle adotadas e nortear modificações ou medidas complementares, caso eventualmente sejam necessárias.

A grande quantidade de informações obtidas e a necessidade de cruzar essas informações e mapas gerados requerem a implantação de bancos de dados e de sistemas computacionais de análise, podendo ser necessário o uso de SIG ou similar.

Este monitoramento também deverá contemplar as áreas de intervenção (áreas de empréstimos e de botafora, canteiros etc) que tenham sido revegetadas no âmbito do Programa de Recuperação de Áreas Degradadas – PRAD pelo período de dois anos a partir do enchimento do Reservatório Intermediário.

10.3.9 Atividades a serem Realizadas

As atividades a serem desenvolvidas durante o presente programa estão apresentadas nos itens seguintes.

Essas atividades estão previstas para as encostas marginais de toda a área de estudo. Entretanto, para as escarpas do Arenito Maecuru que contém a Caverna Kararaô e para outras ocorrências desse arenito no Reservatório Intermediário e também no reservatório do Xingu nas proximidades de Altamira devem ser considerados também as atividades e procedimentos previstos no Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios. O

mesmo é válido para o caso da área urbana de Altamira em relação ao Projeto de Monitoramento da Dinâmica das Águas Subterrâneas.

10.3.9.1 Geoprocessamento, Fotointerpretação e Preparo de Mapas Base

As atividades de imageamento e fotointerpretação para fins preparo de mapas bases e de estudos das encostas, são as primeiras atividades a serem desenvolvidas, com a finalidade de se obter os mapas base para desenvolvimento do presente programa e também para iniciar os estudos geológico-geotécnicos e de processos de instabilização das encostas marginais, orientando e auxiliando os trabalhos de campo.

Deverão contemplar todo o perímetro dos reservatórios e áreas de jusante dos sítios Belo Monte e Pimental quando desenvolvidas com o objetivo de confecção dos mapas bases e as áreas da **FIGURA 2** do **Anexo 1** e de jusante do Sítio Pimental, quando desenvolvidas para os estudos iniciais e orientação dos trabalhos de campo.

O desenvolvimento dessa atividade juntamente com as atividades de mapeamento geológico-geotécnico e caracterização dos processos de instabilização das encostas poderá efetuar otimizações e ajustes nas áreas indicadas e priorizadas na **FIGURA 2** do **ANEXO 1**.

10.3.9.2 Mapeamento Geológico-Geotécnico e Caracterização dos Processos de Instabilização das Encostas

Os mapeamentos geológico-geotécnicos e a caracterização dos processos de instabilização das encostas serão efetuados em toda a área indicada na **FIGURA 2** do **ANEXO 1** e na região a jusante do sítio Pimental.

Essa atividade é dirigida para a identificação e caracterização das unidades geológico-geotécnicas, identificação e caracterização dos processos de instabilização, de forma a se obter o entendimento dos condicionantes e mecanismos desses processos, bem o grau de suscetibilidade e criticidade dos setores estudados.

Essas investigações de superfície serão executadas na etapa de implantação das obras.

10.3.9.3 Investigações e Instalação de Monitores

A execução de sondagens mecânicas, ensaios de campo e de laboratório e a instalação de instrumentos estão previstos para monitoramento dos setores de alta suscetibilidade e de maior criticidade aos processos de instabilização, priorizados no Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios, referente ao setor da escarpa de Arenito Maecuru que contem a Caverna Kararaô e no Projeto de Monitoramento da Dinâmica das Águas Subterrâneas, referente ao setor da área urbana de Altamira, com edificações em aluvião.

No caso da área urbana de Altamira com edificações em aluvião, durante o desenvolvimento do programa, serão instalados marcos e monitores de recalques e/ou novos piezômetros, no caso de se verificar a necessidade.

No presente programa está previsto implantação no campo de seções para levantamentos topográficos e topobatimétricos de detalhe para todos os setores mostrados na **FIGURA 2** do **ANEXO 1**, bem como mapeamento geológico-geotécnico de detalhe utilizando essas seções como base. A localização dessas seções será definida com base nas atividades de geoprocessamento, fotointerpretação, mapeamento geológico-geotécnico e caracterização dos processos de instabilização das encostas.

Para detalhar situações específicas identificadas durante os mapeamentos geológico-geotécnico poderão também ser solicitados levantamentos topográficos planialtimétrico de detalhe.

Essas investigações ocorrem na etapa de implantação das obras.

10.3.9.4 Acompanhamento e Interpretação dos Resultados das Investigações

Será obtido o detalhamento e refinamento da caracterização geológico-geotécnica e da caracterização dos processos de instabilização das encostas das áreas de interesse no início do programa, através do desenvolvimento das atividades conforme procedimentos anteriormente apresentados, bem como através da análise dos resultados obtidos.

Poderá ser efetuada a determinação de outros locais/setores críticos e sua ordenação segundo uma escala de prioridades para o monitoramento e estudos de medidas de proteção, além dos locais já priorizados na apresentação dos PBAs.

Essa atividade será efetuada na etapa de implantação das obras.

10.3.9.5 Estudo das Medidas de Proteção das Encostas Marginais

Serão efetuadas as recomendações e estudadas as medidas de proteção consideradas mais apropriadas para os setores de alta suscetibilidade e de criticidade relevante, com processos ativos de instabilização e erosão. Será definida instrumentação adicional àquela especificada e implantada no início do programa, sempre que necessário.

Essa atividade será efetuada na etapa de implantação das obras e também durante a operação. Na Etapa de Construção contemplará setores de relevante criticidade que necessitam de recuperação e proteção antes do enchimento. Na Etapa de Operação contemplará setores de relevante criticidade que sofreram a influência do reservatório.

Esta atividade inclui o fornecimento de subsídios para as ações a serem consideradas no caso de o enchimento do reservatório criar condições de risco para edificações em Altamira.

10.3.9.6 Inspeções, Levantamentos e Leituras eos Instrumentos

Deverão ser efetuadas inspeções e mapeamentos sobre as condições de erosão e de instabilidade das encostas marginais ao final da estação chuvosa que precede a formação do reservatório, ao final do enchimento e trimestralmente durante a operação, para se obter as alterações em decorrência do empreendimento e considerando as variações sazonais. Também deverão ser realizadas inspeções quando da ocorrência de grandes eventos de precipitações e eventualmente de sismos de grande intensidade.

Paralelamente a essas inspeções e mapeamentos serão efetuadas leituras dos instrumentos e monitores e das seções topográficas e topobatimétricas instalados. As leituras serão com frequência mínima trimestral e com frequência semanal quando do enchimento e imediatamente antes e após o enchimento do reservatório, para se obter as variações sazonais nos períodos antes, durante e após o enchimento.

Essa atividade será efetuada na etapa de implantação das obras, de enchimento e de operação.

10.3.9.7 Monitoramento das Condições de Erosão e Estabilidade das Encostas Marginais

Será efetuado o monitoramento das condições de erosão e estabilidade das encostas marginais através da análise dos resultados obtidos com o desenvolvimento do presente programa. Essa análise será dirigida para os seguintes aspectos principais.

A influência do reservatório sobre as condições de erosão e instabilização das encostas marginais.

Possibilitar a elaboração de mapas de monitoramento de áreas de risco ambiental, após o enchimento do reservatório, identificando locais com propensão para o desenvolvimento de processos erosivos, desmoronamentos e contaminações antrópicas.

Possibilitar também a indicação de medidas de proteção contra os processos de instabilização e estabelecer as recomendações e detalhamentos sobre tratamentos previstos em locais de suscetibilidade alta e de relevante criticidade.

Possibilitar subsídios para adoção de medidas nos casos de ocorrência de risco devido à elevação do lençol freático para edificações de Altamira.

A avaliação da eficiência das medidas de controle adotadas e efetuar modificações ou adotar medidas complementares, caso eventualmente sejam necessárias.

Essa atividade será efetuada na etapa de implantação das obras, de enchimento e de operação.

10.3.10 Resultados/Produtos a Serem Gerados

Os resultados/ produtos a serem gerados são apresentados a seguir para cada uma das atividades previstas.

10.3.10.1 Geoprocessamento, Fotointerpretação e Preparo de Mapas Base

Os resultados obtidos com o desenvolvimento da atividade de elaboração de mapas bases serão apresentados em relatório final, a ser disponibilizado para o órgão ambiental, logo após a conclusão dos trabalhos.

Os resultados relativos aos mapas base serão mapas topográficos, apresentados na escala 1:25.000 a 1:10.000, contendo curvas de nível, margem do reservatório, acessos e outros elementos cartográficos de interesse.

Os resultados com o desenvolvimento das atividades de estudos geológico-geotécnicos e de processos de instabilização das encostas serão apresentados em documentos internos compostos por mapas que apresentam os aspectos abordados nos estudos.

10.3.10.2 Mapeamento Geológico-Geotécnico e Caracterização dos Processos de Instabilização das Encostas

Os resultados obtidos serão apresentados em documentos internos compostos por mapas de localização dos pontos inspecionados no campo, de tabelas com as caracterizações efetuadas quanto às unidades geológico-geotécnicas, processos e mecanismos de instabilização das encostas, seus condicionantes, além de mapas preliminares com a

distribuição das diferentes unidades, processos identificados e relação com o nível d'água do rio Xingu e dos reservatórios.

10.3.10.3 Investigações e Instalação de Monitores

É uma atividade a ser desenvolvida principalmente no campo.

Ao final dos trabalhos, deverão ser emitidos relatórios internos contendo os resultados dos levantamentos topográficos de detalhe. Para aqueles planialtimétricos serão apresentadas plantas topográficas de detalhe - escalas 1:1.000 a 1:2.000 - e para os levantamentos em seções, os respectivos dados topográficos ao longo da seção – escalas 1:500 a 1:100.

No caso de se efetuar sondagens e instalação de monitores, serão apresentados os perfis individuais de sondagens e perfis construtivos dos monitores.

10.3.10.4 Acompanhamento e Interpretação dos Resultados das Investigações

Ao final das atividades dos trabalhos de campo, serão compilados todos os dados obtidos e constantes dos relatórios parciais indicados nos itens anteriores e elaborado um relatório consolidado a ser disponibilizado para o órgão ambiental. Esse relatório apresentará:

- Mapas e seções geológico-geotécnicas mostrando as relações entre o nível d'água do reservatório e base da Formação Maecuru nos setores em que essa Formação está presente.
- Caracterização geológico-geotécnica e dos processos de instabilização das encostas das áreas estudadas, ilustrada através de fotos.
- Determinação de locais/setores críticos e sua ordenação segundo uma escala de prioridades para o monitoramento e estudos de medidas de proteção, além dos locais já priorizados na apresentação dos PBAs.

10.3.10.5 Estudo das Medidas de Proteção das Encostas Marginais

Serão apresentados desenhos de projeto referente aos estudos de alternativas e ao detalhamento das medidas de controle.

Será elaborado um relatório consolidado a ser disponibilizado para o órgão ambiental, contendo todos os estudos efetuados.

10.3.10.6 Inspeções, Levantamentos e Leitura dos Instrumentos

Ao final de cada campanha de inspeção das encostas marginais, deverão ser emitidos relatórios trimestrais parciais, internos, contendo os resultados das inspeções e mapeamentos, ilustrados através de tabelas, fichas de caracterização dos locais, mapas e fotos. Serão apresentados também os resultados dos levantamentos topográficos de detalhe, planialtimétricos e através de seções, bem como os resultados de levantamentos batimétricos e de sísmica subaquática.

No caso de leitura de monitores, os resultados serão apresentados em tabelas e gráficos.

10.3.10.7 Monitoramento das condições de erosão e estabilidade das encostas marginais

Para cada ano de monitoramento das condições de erosão e estabilidade das encostas marginais, serão elaborados três relatórios parciais internos com os resultados obtidos durante cada trimestre e um relatório consolidado, com todos os dados do ciclo anual, a ser disponibilizado para o órgão ambiental.

Serão emitidos relatórios consolidados obrigatoriamente antes do enchimento dos reservatórios e ao final do período previsto para esse programa, após dois anos do enchimento do Reservatório Intermediário.

Ao término do prazo previsto para o monitoramento, deverá ser elaborado um relatório específico justificando a continuidade ou não do presente programa. No caso de continuidade, serão apontadas as alterações necessárias.

Os relatórios consolidados apresentarão a evolução dos processos de instabilização das encostas marginais, nas situações antes, durante e após o enchimento dos reservatórios, através de mapas e seções. Serão apresentados mapas de monitoramento de áreas de risco ambiental para a situação após o enchimento do reservatório, com a indicação de locais com propensão para o desenvolvimento de processos erosivos, desmoronamentos e outros processos. Esses relatórios conterão também a análise do desempenho das medidas de proteção adotadas para essas encostas.

10.3.11 Equipe Técnica Envolvida

A equipe técnica deverá ser alocada por empresa especializada na realização das ações previstas, e deve ser formada por geólogos de engenharia e por engenheiros geotécnicos sênior, pleno e júnior. Deverão também ser contratadas empresas especializadas em levantamentos topográficos, que aloquem topógrafos e auxiliares experientes e também presas especializadas em sísmica subaquática, nos métodos geofísicos por imageamento com o uso de sonar de varredura lateral e perfilagem sísmica, que possam alocar equipe composta por geofísico, por geólogo e técnicos especializados nos métodos a serem aplicados.

Caso durante o desenvolvimento do programa, sejam verificados setores prioritários para estudos de medidas de proteção ou mesmo de monitoramento mais detalhado, além da área urbana de Altamira - que já estão sendo contemplada no Projeto de Monitoramento da Dinâmica das Águas Subterrâneas - e da escarpa da Caverna Kararaô e outros setores de ocorrência do arenito Maecuru - que estão contemplados no Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios - poderá ser necessário a execução de outras investigações de campo, como sondagens e instalação de monitores. Para tanto deverão ser contratadas empresas com experiência na área, que possam alocar técnicos especializados em trabalhos de sondagens e ensaios de campo, instalação de poços de monitoramento, piezômetros e medidas de níveis de água subterrânea.

10.3.12 Interface com outros Planos, Programas e Projetos

O Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas, em especial o Projeto da Dinâmica das Águas Subterrâneas, o Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios, o Programa de Monitoramento Hidráulico, Hidrológico e Hidrossedimentológico, o Programa de Monitoramento do Clima e o Programa de Recuperação de Áreas Degradadas deverão ter os resultados obtidos com o desenvolvimento das suas ações compartilhados com o presente programa.

10.3.13 Avaliação e Monitoramento

O indicadores a serem utilizados no Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais e Processos Erosivos são os graus de suscetibilidade e de criticidade, dos locais com processos de instabilização, enquadrados em três classes, baixo, médio e alto.

No nível de gestão de rotina, estão todos os locais onde a criticidade dos processos é classificada como baixa e todos os locais que não sofreram alterações com a implantação das obras e enchimento dos reservatórios.

Os critérios para o estabelecimento dos níveis de gestão em alerta e gestão crítica serão apresentados no decorrer da implementação do programa.

Os critérios apresentados são preliminares e poderão ser alterados no decorrer da implementação do programa, particularmente após a obtenção dos resultados para o período antes do enchimento.

10.3.14 Responsável pela Implementação

A implementação e desenvolvimento do presente Programa são de responsabilidade do empreendedor. Para tanto, deverão ser contratados profissionais e empresas especializadas na área de Geologia de Engenharia e Geotecnia. Deverão ser contratadas também empresas especializadas, com experiência na execução de levantamentos geofísicos e na execução de levantamentos topográficos.

Caso se verifique a necessidade durante o desenvolvimento do programa, deverão ser contratadas empresas especializadas com experiência e tradição na execução de sondagens e instalação de piezômetros e monitor. Essa necessidade pode ocorrer caso sejam verificados setores prioritários para estudos de medidas de proteção ou mesmo de monitoramento mais detalhado, além da área urbana de Altamira - que já está sendo contemplada no Projeto de Monitoramento da Dinâmica das Águas Subterrâneas - e da escarpa da Caverna Kararaô e outros setores de ocorrência do arenito Maecuru - que estão contemplados no Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios.

10.3.15 Parcerias Recomendadas

As parcerias recomendadas para o Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais e Processos Erosivos são as concessionárias de energia e instituições científicas, de pesquisa e universidades que estejam desenvolvendo trabalhos relacionados às atividades do presente programa.

10.3.16 Cronograma Físico

O cronograma para o desenvolvimento das atividades do presente programa está apresentado a seguir.

O Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais e Processos Erosivos será desenvolvido durante um período mínimo de dois anos antes do enchimento do Reservatório do Xingu e durante um período mínimo de dois anos após o enchimento do Reservatório Intermediário, o que totaliza cinco anos de monitoramento. Para a execução desse monitoramento é necessário o desenvolvimento de atividades prévias, cuja duração é de doze meses. As atividades prévias específicas do presente programa tiveram o seu desenvolvimento compatibilizado com o período de desenvolvimento de atividades similares previstas no Projeto de Monitoramento da Dinâmica das Águas Subterrâneas e no Programa de Controle de Estanqueidade dos Reservatórios, com os quais apresenta interface e,

portanto, esse programa deve ser iniciado aproximadamente quatro anos antes do enchimento do Reservatório do Xingu.

A instalação prévia de piezômetros e a execução das investigações de campo de subsuperfície, bem como as leituras dos instrumentos em um período anterior ao enchimento dos reservatórios são necessárias para os locais priorizados para o monitoramento – área urbana da cidade de Altamira e escarpa da Caverna Kararaô – conforme apresentados no Projeto de Monitoramento da Dinâmica das Águas Subterrâneas e no Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios. Portanto, o período de monitoramento considerado no atual programa é o mesmo considerado para aqueles anteriormente citados, ainda que as inspeções e levantamentos topográficos, topobatimétricos e geofísicos estejam previstos para serem feitos pela primeira vez para após a estação chuvosa que antecede o enchimento dos reservatórios.

Observa-se ainda que este Programa será responsável pelo monitoramento das áreas revegetadas no âmbito do Programa de Recuperação de Áreas Degradadas pelo período de dois anos após o enchimento do Reservatório Intermediário.

UHE BELO MONTE

PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA ESTABILIDADE DAS ENCOSTAS MARGINAIS E PROCESSOS EROSIVOS

Marcos		Observações																																																											
Atividades		Desvio do rio pelo vertedouro (sítio Pimental) Início enchimento Reserv. Xingu Início geração comercial CF Complementar Entrada operação última UG de CF Complementar Enchimento Reserv. Interim. Início geração comercial CF Principal Entrada operação comercial última UG CF Principal																																																											
Item	Atividade	2011				2012				2013				2014				2015				2016				2017				2018				2019				2020				2021				2022				2023				2024				2025			
		T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4								
ETAPAS		IMPLANTAÇÃO																OPERAÇÃO COMERCIAL (A PLENA CARGA)																																											
CRONOGRAMA DAS OBRAS																																																													
1	Obras para melhoria e abertura de acessos ao empreendimento																																																												
2	Implantação dos canteiros e instalações iniciais																																																												
3	Implantação de vilas residenciais																																																												
4	Implantação do Porto (Porto da Obra)																																																												
5	Lançamento das ensecadeiras principais (1a e 2a fases)																																																												
6	Implantação obras civis Sítio Pimental (barragens, vertedouro, circuito adução/geração e LT)																																																												
7	Início de operação do sistema provisório de transposição de embarcações																																																												
8	Implantação do sistema definitivo de transposição de embarcações																																																												
9	Implantação do sistema de transposição de peixes																																																												
9	Serviços de montagem no Sítio Pimental																																																												
9	Implantação obras civis Sítio Belo Monte (barragens e circuito adução/geração)																																																												
10	Serviços de montagem no Sítio Belo Monte																																																												
10	Escavação e demais obras relacionadas aos canais																																																												
11	Construção dos diques																																																												
12	Desmobilização total dos canteiros																																																												
CRONOGRAMA DOS CADASTROS																																																													
1	Cadastro Socioeconômico																																																												
1.1	Áreas de canteiros, linhas de transmissão e acessos para as obras	Concluído																																																											
1.2	Vila Santo Antônio, Porto e Sítio Belo Monte	Concluído																																																											
1.3	Trecho de Vazão Reduzida																																																												
1.4	Reservatório do Xingu																																																												
1.5	Reservatório Intermediário																																																												
1.6	Igarapés (Altamira)																																																												
2	Cadastro Físico-territorial (inclui avaliação de benfeitorias e medição)																																																												
2.1	Áreas de canteiros, linhas de transmissão e acessos para as obras	Concluído																																																											
2.2	Vila Santo Antônio																																																												
2.3	Reservatório do Xingu																																																												
2.4	Reservatório Intermediário																																																												
2.5	Igarapés (Altamira)																																																												
CRONOGRAMA DO PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA ESTABILIDADE DAS ENCOSTAS MARGINAIS E PROCESSOS EROSIVOS																																																													
1	Geoprocessamento, fotointerpretação e preparo de mapas base																																																												
2	Mapeamento geológico-geotécnico e caracterização dos processos e instabilização																																																												
3	Investigações e instalação de monitores																																																												
4	Acompanhamento e interpretação dos resultados das investigações																																																												
5	Estudo das medidas de proteção das encostas marginais																																																												
6	Inspeções, levantamentos e leitura de instrumentos																																																												
7	Monitoramento das condições de erosão e de estabilidade das encostas marginais																																																												
8	Monitoramento das áreas revegetadas no âmbito o PRAD																																																												
9	Relatórios parciais e consolidados																																																												

10.3.17 Profissionais Responsáveis pela Elaboração do Programa ou Projeto

A elaboração deste programa é de responsabilidade da equipe técnica da Themag Engenharia, sob coordenação da geóloga Marilda Tressoldi (CREA 0600581382) e sub-coordenação do geólogo Luiz Fernando Roldan (CREA 5062130080), com a participação da geóloga Talita Muzzi (CREA 5062474596). Os geólogos Letícia Constantino Vicente (CREA 5062467129) e Daniel Augusto Buzzatto de Lima (CREA 5062985751) participaram dos trabalhos e executaram o trabalho de campo.

10.3.18 Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11682 – Estabilidade de Encostas. Comitê Brasileiro de Construção Civil. 2009.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução CONAMA nº 302*, de 20 de março de 2002, Brasília, SEMA, 2002.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução CONAMA nº 303*, de 20 de março de 2002, Brasília, SEMA, 2002.

EIA – Estudo de Impacto Ambiental do Aproveitamento Hidrelétrico Belo Monte (2009) – Volume 11 – Diagnóstico das Áreas Diretamente Afetada e Influência Direta – Meio Físico

EIA – Estudo de Impacto Ambiental do Aproveitamento Hidrelétrico Belo Monte (2009) – Volume 31 – Avaliação de Impactos – Parte 3 e Prognóstico Global.

EIA – Estudo de Impacto Ambiental do Aproveitamento Hidrelétrico Belo Monte (2009) – Volume 33 – Planos, Programas e Projetos e Conclusões

10.3.19 Anexos

ANEXO I – Desenhos

Figura 1 - Localização e caracterização dos locais inspecionados nas encostas marginais dos reservatórios em julho de 2010.

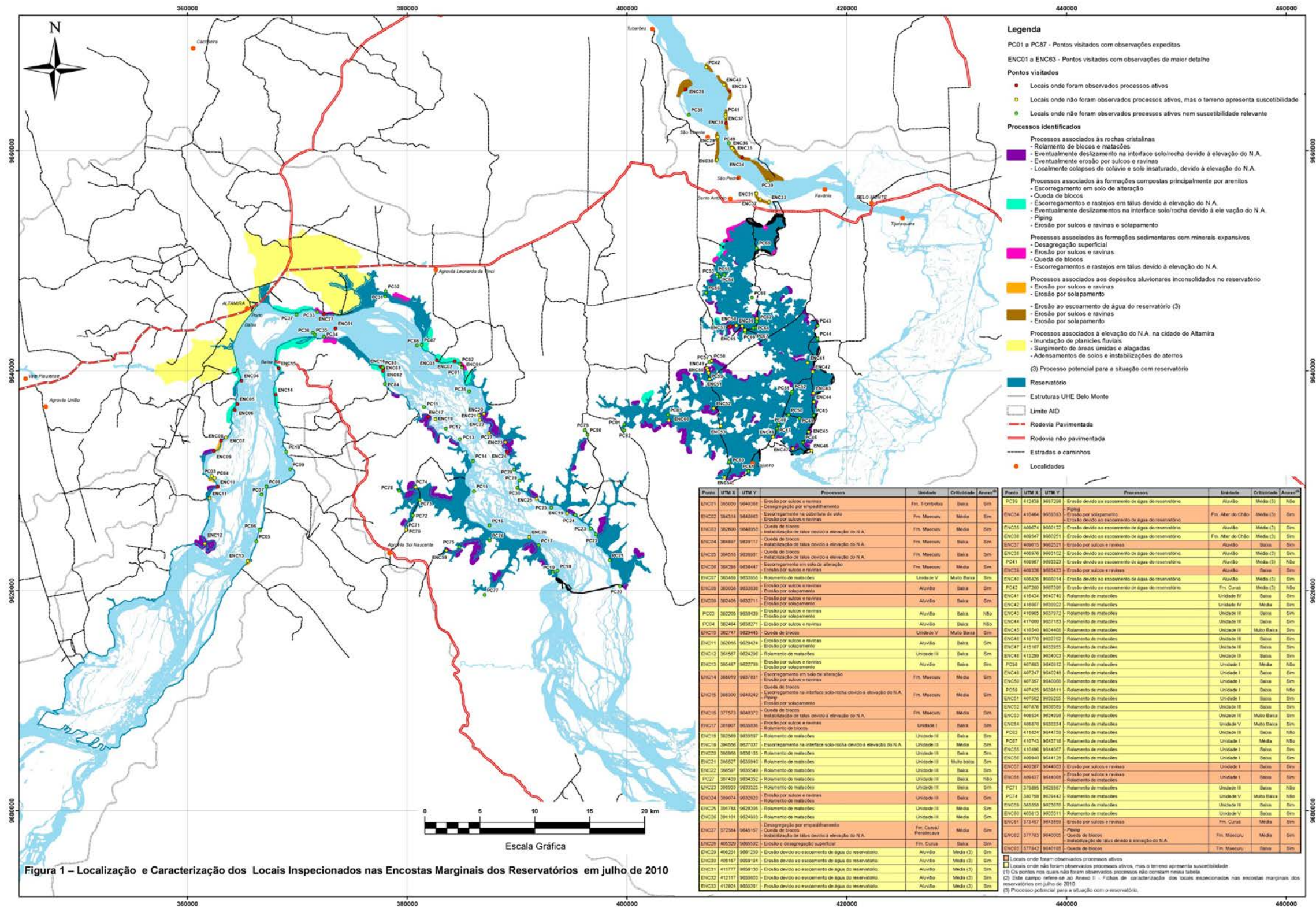
Figura 2 - Locais prioritários para o monitoramento

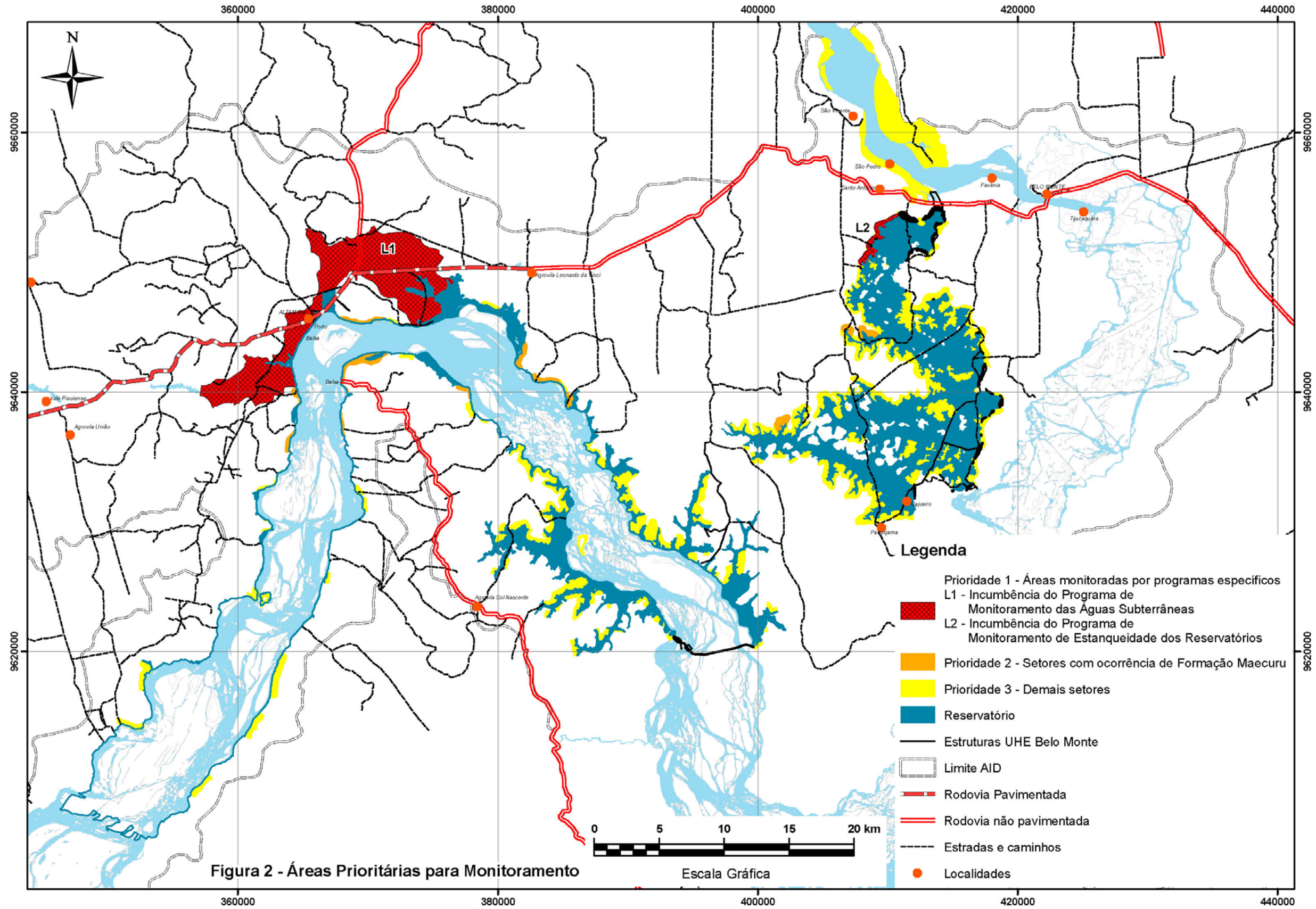
ANEXO II - Fichas de caracterização dos locais inspecionados nas encostas marginais dos reservatórios em julho de 2010

ANEXO I – Desenhos

Figura 1 - Localização e caracterização dos locais inspecionados nas encostas marginais dos reservatórios em julho de 2010

Figura 2 - Locais prioritários para o monitoramento








Anexo II




Fichas de caracterização dos locais inspecionados nas encostas marginais dos reservatórios em julho de 2010



Anexo II - Fichas de Caracterização dos Locais Inspeccionados nas Encostas Marginais dos Reservatórios em Julho de 2010


Ponto	Coordenadas			
	UTM E (m)	UTM N (m)	Cota (m)	Declividade (°)
ENC 01	385030	9640368	95	8
Descrição do ponto	<ul style="list-style-type: none"> - Solo de alteração silto-argiloso, marrom claro, proveniente de siltito cinza empastilhado, com estratificação plano-paralela. - Fm. Trombetas - Processo ativo: Erosão por sulcos e ravinas/desagregação superficial por empastilhamento, associadas à abertura de estrada (ação antrópica). Formação de canaletas por escoamento de águas pluviais, com profundidade de até 60 cm. Essa erosão segue por 70 m em direção ao topo do morro (na direção N064 - Foto 1.2), com altura do corte variando entre 1,0 e 1,5 m. - Criticidade: baixa 			
				
<p>Foto 1.1. Solo de alteração silto-argiloso.</p>		<p>Foto 1.2. Vista geral do processo.</p>		
				
<p>Foto 1.3. Canaleta formada por escoamento de águas pluviais.</p>				




Ponto	Coordenadas			
	UTM E (m)	UTM N (m)	Cota (m)	Declividade (°)
ENC 02	384318	9640883	117	17
Descrição do ponto	<ul style="list-style-type: none"> - Afloramento em rocha alterada dura de arenito grosso silicificado, com grau de coerência C2/C3. Na superfície ocorre colúvio, com grânulos e seixos, com espessura aproximada de 1,0m e solo eluvionar arenoso abaixo. - Fm. Maecuru. - Processo ativo: escorregamento circular que atingiu toda cobertura em solo (colúvio, eluvionar, solo de alteração) e alguns blocos de rocha alterada. Apresenta cicatriz de aproximadamente 25m na superfície, 10m de extensão e atinge máximo 1,5m de profundidade. - Processo possível: erosão por sulcos e ravinas, gerada por águas pluviais devido à ausência de vegetação - Criticidade: média 			
				
Foto 2.1. Imagem geral do deslizamento.		Foto 2.2. Detalhe do solo de alteração.		



Ponto	Coordenadas			
	UTM E (m)	UTM N (m)	Cota (m)	Declividade (°)
ENC 03	382690	9640953	120	13
Descrição do ponto	<ul style="list-style-type: none"> - Afloramento vertical, de aproximadamente 10m de altura, em rocha alterada dura/rocha são de arenito grosso silicificado, grau de coerência C2/C3, fraturamento F1/F2, com depósito de tálus na base, vegetado (pasto). Parte da encosta vertical, mas declividade média de 13°. - Fm. Maecuru - Processo ativo: queda de blocos - Processos possíveis: instabilização de tálus devido à elevação do N.A. - Criticidade: média 			
 <p>Foto 3.1. Imagem geral do morro.</p>		 <p>Foto 3.2. Detalhe da foto anterior, mostrando parte vertical da encosta.</p>		
Ponto	Coordenadas			
	UTM E (m)	UTM N (m)	Cota (m)	Declividade (°)
ENC 04	364897	9639117	92	12
Descrição do ponto	<ul style="list-style-type: none"> - Afloramento vertical, de aproximadamente 10m de altura, em rocha alterada dura/rocha são, grau de coerência C2/C3, fraturamento F2, de arenito grosso silicificado, com estratificações cruzadas decimétricas. Apresenta depósito de tálus na base, com matações métricos. Afloramento no Abrigo da Gravura. Parte da encosta vertical, mas declividade média de 12°. - Fm. Maecuru - Processo ativo: queda de blocos - Processos possíveis: instabilização de tálus devido à elevação do N.A. - Criticidade: baixa 			
 <p>Foto 4.1. Parede vertical no Arenito Maecuru.</p>		 <p>Foto 4.2. Depósito de tálus na base da encosta.</p>		


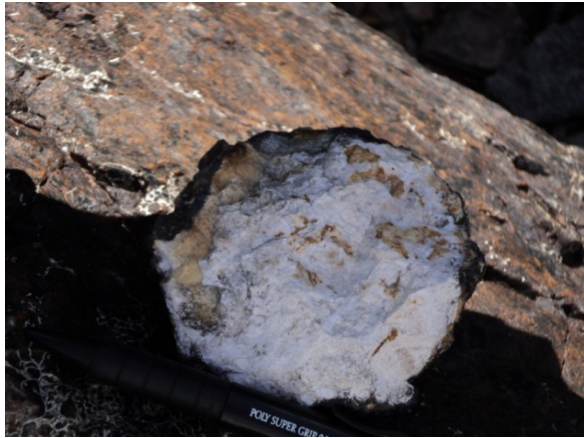
Ponto	Coordenadas			
	UTM E (m)	UTM N (m)	Cota (m)	Declividade (°)
ENC 05	364518	9636981	140	11
Descrição do ponto	<p>Encosta vertical no topo do morro, de difícil acesso, com depósito de tálus na base. Os matacões na base são de rocha alterada dura/rocha são de arenito grosso silicificado, com grau de coerência C2. Parte da encosta vertical, mas declividade média de 11°, com vegetação densa.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fm. Maecuru - Processo ativo: queda de blocos - Processo possível: instabilização de tálus devido à elevação do N.A. - Criticidade: baixa 			
 <p>Foto 5.1. Imagem geral do morro.</p>		 <p>Foto 5.2. Detalhe da foto anterior, mostrando porção vertical, com afloramento rochoso.</p>		
		 <p>Foto 5.3. Matacões de arenito na base da encosta.</p>		


Ponto	Coordenadas			
	UTM E (m)	UTM N (m)	Cota (m)	Declividade (°)
ENC 06	364285	9636447	160	25
Descrição do ponto	<ul style="list-style-type: none"> - Deslizamento em solo observado em encosta muito alta, com vegetação densa. - Fm. Maecuru. - Processo ativo: escorregamento em solo de alteração. - Processo possível: erosão por sulcos e ravinas, gerada por águas pluviais devido à ausência de vegetação no local do deslizamento - Criticidade: média. 			
 <p>Foto 6.1. Imagem da encosta.</p>		 <p>Foto 6.2. Detalhe da foto anterior, mostrando porção da região onde houve deslizamento.</p>		


Ponto	Coordenadas			
	UTM E (m)	UTM N (m)	Cota (m)	Declividade (°)
ENC 07	363489	9633955	98	7
Descrição do ponto	<ul style="list-style-type: none"> - Encosta vegetada (pasto) em solo proveniente da alteração de rocha cristalina quartzo-feldspática de granulação média, equigranular. Nota-se a presença de alguns matacões residuais na superfície. - Unidade V do embasamento - Processo possível: rolamento de matacões - Criticidade: muito baixa 			
 <p>Foto 7.1. Vista da encosta com matacões na superfície.</p>				



Ponto	Coordenadas			
	UTM E (m)	UTM N (m)	Cota (m)	Declividade (°)
ENC 08	363038	9633636	90	6
Descrição do ponto	<ul style="list-style-type: none"> - Areia média, mal selecionada, inconsolidada, com estratificação cruzada. Erosão no leito do Rio Xingu, com 3m de altura, que segue por drenagem secundária, sem mata ciliar, para o interior da planície por pelo menos 100m. - Depósito aluvionar - Processo ativo: erosão por sulcos e ravinas. - Processo possível: erosão por solapamento - Criticidade: baixa 			
				
<p>Foto 8.1. Detalhe de estratificação cruzada.</p>		<p>Foto 8.2. Imagem geral do corte.</p>		
				
<p>Foto 8.3. Foto tirada para dentro da drenagem secundária.</p>				

Ponto	Coordenadas			
	UTM E (m)	UTM N (m)	Cota (m)	Declividade (°)
ENC 09	362405	9632711	97	10
Descrição do ponto	<ul style="list-style-type: none"> - Areia média, mal selecionada, em corte de 2m de altura e 20m de extensão, na direção N149. - Depósito aluvionar - Processo ativo: erosão por sulcos e ravinas. - Processo possível: erosão por solapamento - Criticidade: baixa 			
				
Foto 9.1. Imagem geral da encosta.		Foto 9.2. Detalhe do corte em depósito aluvionar.		

Ponto	Coordenadas			
	UTM E (m)	UTM N (m)	Cota (m)	Declividade (°)
ENC 10	362747	9629445	100	3
Descrição do ponto	<ul style="list-style-type: none"> - Brecha de falha de matriz muito fina e fragmentos de quartzo e feldspato de granulação grossa, angulares. Trata-se de material muito consolidado, com coerência C1 e grau de fraturamento F2 a F3, localmente. O afloramento se apresenta em parede vertical, com no máximo 7m de altura e grande quantidade de blocos soltos na superfície, alinhado aproximadamente na direção E-W (provável direção do falhamento). Apesar de o afloramento apresentar-se vertical, a declividade média nessa encosta é de apenas 3°. - Fraturas: 80/18, 339/68, 320/82, 209/90, 59/78, 90/16. - Embasamento (brecha de falha) - Processo ativo: queda de blocos - Criticidade: muito baixa. 			
				
Foto 10.1. Imagem geral do afloramento, mostrando padrão de fraturamento.		Foto 10.2. Detalha da rocha.		

Ponto	Coordenadas			
	UTM E (m)	UTM N (m)	Cota (m)	Declividade (°)
ENC 11	362016	9628424	105	2
Descrição do ponto	<ul style="list-style-type: none"> - Areia média, mal selecionada, inconsolidada, na margem esquerda do rio. - Depósito aluvionar - Processo possível: erosão por sulcos e ravinas e solapamento. - Criticidade: baixa 			
				
<p>Foto 11.1. Imagem geral da encosta.</p>				

Ponto	Coordenadas			
	UTM E (m)	UTM N (m)	Cota (m)	Declividade (°)
ENC 12	361567	9624296	96	10
Descrição do ponto	<ul style="list-style-type: none"> - Ilha que não ficará submersa após o enchimento do reservatório. Morro em solo proveniente da alteração de rocha cristalina quartzo-feldspática, com razoável quantidade de matacões residuais na superfície e no leito do rio. - Unidade III do embasamento - Processo possível: rolamento de matacões - Criticidade: baixa 			
				
<p>Foto 12.1. Imagem geral da ilha com matacões na superfície.</p>				

Ponto	Coordenadas			
	UTM E (m)	UTM N (m)	Cota (m)	Declividade (°)
ENC 13	365487	9622709	100	1
Descrição do ponto	<ul style="list-style-type: none"> - Encosta em areia média, mal selecionada, inconsolidada, na margem direita do rio, que se estende por mais de 100m no leito do rio. - Depósito aluvionar - Processo possível: erosão por sulcos e ravinas e solapamento. - Criticidade: baixa 			
				
Foto 13.1. Imagem geral da encosta.		Foto 13.2. Detalhe da foto anterior.		










Ponto	Coordenadas			
	UTM E (m)	UTM N (m)	Cota (m)	Declividade (°)
ENC 14	368019	9637831	118	20
Descrição do ponto	<ul style="list-style-type: none"> - Encosta com dois pontos de deslizamento e solo de alteração. Arenito branco, de granulação fina a média, mal selecionado. - Fm. Maecuru. - Processo ativo: deslizamento em solo de alteração e rocha alterada. - Processo possível: erosão por sulcos e ravinas, gerada por águas pluviais devido à ausência de vegetação. - Criticidade: média. 			
				
				



Foto 14.1. Vista geral de deslizamento mais a montante.


Foto 14.2. Vista geral de deslizamento mais a jusante.



Foto 14.3. Detalhe de deslizamento mais a montante.



Ponto	Coordenadas			
	UTM E (m)	UTM N (m)	Cota (m)	Declividade (°)
ENC 15	368300	9640242	97	7
Descrição do ponto	<ul style="list-style-type: none"> - Parte vertical da encosta no leito do rio, aflorando rocha alterada dura/rocha são de arenito grosso silicificado, com estratificação cruzada centimétrica, grau de coerência C2 e fraturamento F1. Parte da encosta vertical, mas declividade média de 11°, com vegetação densa. - Formação Maecuru - Processos ativos: <i>piping</i>, erosão por solapamento - Processo possível: queda de blocos, escorregamento na interface solo/rocha devido à elevação do N.A. - Criticidade: média 			
				
<p>Foto 15.1. Imagem geral da encosta.</p>		<p>Foto 15.2. Detalhe da estratificação cruzada.</p>		
				
<p>Foto 15.3. Pequena cavidade formada por <i>piping</i>.</p>		<p>Foto 15.4. Erosão por solapamento.</p>		


Ponto	Coordenadas			
	UTM E (m)	UTM N (m)	Cota (m)	Declividade (°)
ENC 16	377573	9640372	95	7
Descrição do ponto	<ul style="list-style-type: none"> - Afloramento vertical, de 10m de altura, de rocha alterada dura/rocha sã, grau de coerência C2 e fraturamento F3. Trata-se de um arenito grosso, branco, com estratificação cruzada, e disjunções colunares verticais provavelmente associadas a uma intrusão próxima. Nota-se grande quantidade de matações rolados na base. Parte da encosta vertical, mas declividade média de 7°, com vegetação densa. - Fm. Maecuru - Fraturamento: o único padrão de fraturamento existente é subhorizontal, que associado às disjunções verticais, as quais mostram comportamento aleatório, podem isolar blocos. - Processo ativo: queda de blocos - Processo possível escorregamento na interface solo/rocha devido à elevação do N.A. - Criticidade: média 			
				
<p>Foto 16.1. Afloramento vertical com disjunções colunares.</p>		<p>Foto 16.2. Exemplo de porção com ocorrência de queda blocos.</p>		


Ponto	Coordenadas			
	UTM E (m)	UTM N (m)	Cota (m)	Declividade (°)
ENC 17	381907	9635836	116	13
Descrição do ponto	<p>- Solo eluvionar proveniente da alteração de rocha cristalina quartzo-feldspática, com pequena cobertura de material transportado na superfície (colúvio). Porção da encosta com erosão superficial, formando <i>mademoiselles</i> nos blocos residuais de granito. A base da erosão encontra-se a aproximadamente 10m acima do reservatório, e possui 70m de extensão por 30m de largura.</p> <p>- Unidade I do embasamento - Processo ativo: erosão por sulcos e ravinas - Processo possível: rolamento de blocos - Criticidade: baixa</p>			
 <p>Foto 17.1. Bloco de granito erodido ao redor, formando <i>mademoiselle</i>.</p>		 <p>Foto 17.2. Imagem geral da porção erodida.</p>		
 <p>Foto 17.3. Vista geral da encosta.</p>				



Ponto	Coordenadas			
	UTM E (m)	UTM N (m)	Cota (m)	Declividade (°)
ENC 18	382569	9635597	115	12
Descrição do ponto	<ul style="list-style-type: none"> - Encosta vegetada (pasto) em solo proveniente da alteração de rocha cristalina quartzo-feldspática, com presença de alguns matacões residuais na superfície. - Unidade III do embasamento - Processo possível: rolamento de matacões - Criticidade: baixa 			
				
<p>Foto 18.1. Vista geral da encosta com matacões na superfície.</p>				




Ponto	Coordenadas			
	UTM E (m)	UTM N (m)	Cota (m)	Declividade (°)
ENC 19	394556	9627037	84	11
Descrição do ponto	<ul style="list-style-type: none"> - Afloramento em rocha sã de rocha cristalina quartzo-feldspática, de granulação fina a média, equigranular, com foliação magmática e injeções pegmatíticas de 10 a 15 cm de espessura, em contato retilíneo. Apresenta grau de fraturamento F1 e coerência C1. A cobertura é de solo transportado (colúvio) arenoso na base do morro, e solo eluvionar areno-siltoso no topo. Nota-se que a transição solo/rocha sã é caracterizada por contato brusco. - Unidade III do embasamento. - Processo possível: escorregamento na interface solo/rocha devido à elevação do N.A. - Criticidade: média. 			
 <p>Foto 19.1. Vista geral da encosta, mostrando variação brusca entre cobertura de solo e rocha sã.</p>		 <p>Foto 19.2. Detalhe das injeções pegmatíticas.</p>		



Ponto	Coordenadas			
	UTM E (m)	UTM N (m)	Cota (m)	Declividade (°)
ENC 20	386968	9636105	140	8
Descrição do ponto	<ul style="list-style-type: none"> - Encosta vegetada (pasto) em solo proveniente da alteração de rocha cristalina quartzo-feldspática, de granulação fina a média, equigranular. Presença de matacões residuais na superfície. - Unidade III do embasamento - Processo possível: rolamento de matacões - Criticidade: baixa 			
 <p>Foto 20.1. Imagem geral dos matacões na superfície.</p>		 <p>Foto 20.2. Detalhe de matacão.</p>		


Ponto	Coordenadas			
	UTM E (m)	UTM N (m)	Cota (m)	Declividade (°)
21	386527	9635940	110	4
Descrição do ponto	<ul style="list-style-type: none"> - Encosta vegetada (pasto) em solo proveniente da alteração de rocha cristalina quartzo-feldspática. Presença de matacões residuais na superfície. - Unidade III do embasamento - Processo possível: rolamento de matacões - Criticidade: muito baixa 			
 <p>Foto 21.1. Vista geral da encosta.</p>				

Ponto	Coordenadas			
	UTM E (m)	UTM N (m)	Cota (m)	Declividade (°)
ENC 22	386597	9635549	130	11
Descrição do ponto	<ul style="list-style-type: none"> - Encosta vegetada (pasto) em solo proveniente da alteração de rocha cristalina quartzo-feldspática. Presença de matacões residuais na superfície. - Unidade III do embasamento - Processo possível: rolamento de matacões - Criticidade: baixa 			
 <p>Foto 22.1. Vista geral da encosta.</p>				

Ponto	Coordenadas			
	UTM E (m)	UTM N (m)	Cota (m)	Declividade (°)
ENC 23	388933	9633525	130	7
Descrição do ponto	<ul style="list-style-type: none"> - Encosta vegetada (pasto) em solo proveniente da alteração de rocha cristalina quartzo-feldspática, de granulação média, porfirítico, com foliação magmática. Presença de matacões residuais na superfície. - Unidade III do embasamento - Processo possível: rolamento de matacões - Criticidade: baixa 			
 <p>Foto 23.1. Imagem geral dos matacões na superfície.</p>		 <p>Foto 23.2. Detalhe de matacão.</p>		

Ponto	Coordenadas			
	UTM E (m)	UTM N (m)	Cota (m)	Declividade (°)
ENC 24	389074	9632623	105	6
Descrição do ponto	<ul style="list-style-type: none"> - Solo eluvionar silto-arenoso marrom alaranjado proveniente da alteração de rocha cristalina quartzo-feldspática, de granulação média, porfíritico. Presença de matacões residuais na superfície, e erosão por sulcos e ravinas devido ao escoamento de águas pluviais em área com vegetação deteriorada. - Unidade III do embasamento - Processo ativo: erosão por sulcos e ravinas - Processo possível: rolamento de matacões - Criticidade: baixa 			
 <p>Foto 24.1. Vista geral da encosta.</p>		 <p>Foto 24.2. Porção com erosão superficial.</p>		
		 <p>Foto 24.3. Erosão superficial e matacões.</p>		

Ponto	Coordenadas			
	UTM E (m)	UTM N (m)	Cota (m)	Declividade (°)
ENC 25	391788	9628395	110	17
Descrição do ponto	<ul style="list-style-type: none"> - Encosta vegetada (pasto) em solo proveniente da alteração de rocha cristalina quartzo-feldspática, com matacões residuais na superfície. - Unidade III do embasamento - Processo possível: rolamento de matacões - Criticidade: média 			
 <p>Foto 25.1. Vista geral da encosta.</p>		 <p>Foto 25.2. Matacões na superfície.</p>		

Ponto	Coordenadas			
	UTM E (m)	UTM N (m)	Cota (m)	Declividade (°)
ENC 26	391101	9624903	140	17
Descrição do ponto	<ul style="list-style-type: none"> - Encosta com vegetação em sua maior parte, com matacões residuais de rocha cristalina quartzo-feldspática na superfície na superfície. - Unidade III do embasamento - Processo possível: rolamento de matacões - Criticidade: média 			
 <p>Foto 26.1. Vista geral da encosta.</p>				

Ponto	Coordenadas			
	UTM E (m)	UTM N (m)	Cota (m)	Declividade (°)
ENC 27	372384	9645157	102	6
Descrição do ponto	<ul style="list-style-type: none"> - Afloramento vertical de siltito arenoso, bege claro, com estratificação plano-paralela. Trata-se de rocha alterada dura com grau de fraturamento F1/F2 e coerência C2/C3. As fraturas apresentam abertura centimétrica preenchidas por solo. Parede apresenta 5m de altura e 30m de extensão, na direção N174. Na base do corte há depósito de tálus com blocos e matações, e abaixo deste, no leito do rio, afloramento de basalto, de textura afanítica. Afloramento vertical, mas declividade média 6 - Fm. Curuá/Penatecaua - Processos ativos: desagregação superficial por empastilhamento, queda de blocos - Processo possível: instabilização de tálus devido à elevação do N.A. - Criticidade: média 			



Foto 27.1. Vista geral da encosta.




Foto 27.2. Depósito de tálus na base da encosta.





Foto 27.3. Vista do afloramento.






Foto 27.4. Detalhe do siltito arenoso.



Ponto	Coordenadas			
	UTM E (m)	UTM N (m)	Cota (m)	Declividade (°)
ENC 28	405329	9665592	7	1
Descrição do ponto	<ul style="list-style-type: none"> - Afloramento (rocha alterada dura) no leito do rio de siltito cinza com estratificação plano-paralela. Apresenta coerência C2 e fraturamento F1. Nota-se, nessa região, a predominância de encostas com declividades muito baixas e vegetação bem preservada. - Formação Curuá. - Processo ativo: erosão e desagregação superficial. - Criticidade: baixa. 			
 <p>Foto 28.1. Vista da encosta.</p>		 <p>Foto 28.2. Detalhe do siltito com estratificação plano-paralela.</p>		




Ponto	Coordenadas			
	UTM E (m)	UTM N (m)	Cota (m)	Declividade (°)
ENC 29	408251	9661259	7	4
Descrição do ponto	<ul style="list-style-type: none"> - Talude em areia inconsolidada com pouca argila, sem vegetação, com aproximadamente 20m de extensão. - Depósito aluvionar. - Processo possível: erosão, devido ao escoamento de água do reservatório. - Criticidade: média. 			
 <p>Foto 29.1. Detalhe de sedimento inconsolidado.</p>				



Ponto	Coordenadas			
	UTM E (m)	UTM N (m)	Cota (m)	Declividade (°)
ENC 30	408187	9659194	6	6
Descrição do ponto	<ul style="list-style-type: none"> - Talude em areia inconsolidada com pouca argila, sem vegetação, com aproximadamente 2 metros de altura. Essas condições são observadas por quase 300m na margem do rio. - Depósito aluvionar - Processo possível: erosão, devido ao escoamento de água do reservatório.. - Criticidade: média. 			
 <p>Foto 30.1. Vista da encosta.</p>		 <p>Foto 30.2. Detalhe de material inconsolidado no leito do rio.</p>		


Ponto	Coordenadas			
	UTM E (m)	UTM N (m)	Cota (m)	Declividade (°)
ENC 31	411777	9656130	8	4
Descrição do ponto	<ul style="list-style-type: none"> - Talude aproximadamente vertical no leito do rio em areia inconsolidada com pouca argila, com aproximadamente 2 metros de altura. - Depósito aluvionar - Processo possível: erosão, devido ao escoamento de água do reservatório. - Criticidade: média. 			
 <p>Foto 31.1. Vista geral do corte.</p>				



Ponto	Coordenadas			
	UTM E (m)	UTM N (m)	Cota (m)	Declividade (°)
ENC 32	412117	9655603	6	2
Descrição do ponto	<ul style="list-style-type: none"> - Talude aproximadamente vertical no leito do rio em areia inconsolidada com pouca argila, com aproximadamente 2 metros de altura. - Depósito aluvionar - Processo possível: erosão, devido ao escoamento de água do reservatório. - Criticidade: média. 			
				
Foto 32.1. Vista geral do corte.		Foto 32.2. Detalhe de sedimento inconsolidado.		


Ponto	Coordenadas			
	UTM E (m)	UTM N (m)	Cota (m)	Declividade (°)
ENC 33	412924	9655361	6	1
Descrição do ponto	<ul style="list-style-type: none"> - Banco de areia (ilha) inconsolidada, com estratificação cruzada, sem vegetação. - Depósito aluvionar - Processo possível: erosão, devido ao escoamento de água do reservatório. - Criticidade: média. 			
				
Foto 33.1. Vista do banco de areia.		Foto 33.2. Detalhe de estratificação cruzada.		

Ponto	Coordenadas			
	UTM E (m)	UTM N (m)	Cota (m)	Declividade (°)
ENC 34	410464	9659393	5	3
Descrição do ponto	<ul style="list-style-type: none"> - Afloramento vertical no leito do rio de arenito branco de granulação média. Trata-se de uma rocha alterada dura/rocha sã, de coerência C2/C3 e grau de fraturamento F1/F2. - Fm. Alter do Chão - Processo ativo: <i>piping</i> e erosão por solapamento - Processo possível: erosão, devido ao escoamento de água do reservatório. - Criticidade: média. 			
				
<p>Foto 34.1. Vista geral do afloramento.</p>		<p>Foto 34.2. Detalhe do arenito branco.</p>		
				
<p>Foto 34.3. Detalhe de feições de <i>piping</i>.</p>				


Ponto	Coordenadas			
	UTM E (m)	UTM N (m)	Cota (m)	Declividade (°)
ENC 35	409674	9660122	2	1
Descrição do ponto	- Solo transportado argilo-arenoso alaranjado ocorrente por aproximadamente 50m ao longo do leito do rio, podendo atingir até 2m de altura. - Depósito aluvionar - Processo possível: erosão, devido ao escoamento de água do reservatório. - Criticidade: média.			
				
Foto 35.1. Vista geral.		Foto 35.2. Detalhe de material inconsolidado.		


Ponto	Coordenadas			
	UTM E (m)	UTM N (m)	Cota (m)	Declividade (°)
ENC 36	409547	9660251	2	1
Descrição do ponto	- Afloramento no leito do rio de arenito branco de granulação média, estratificação plano-paralela espaçada decimetricamente. Trata-se de uma rocha alterada dura/rocha sã, de coerência C2/C3 e grau de fraturamento F1. - Fm. Alter do Chão. - Processo possível: erosão, devido ao escoamento de água do reservatório. - Criticidade: média.			
				
Foto 36.1. Vista geral de encosta semelhante.		Foto 36.2. Detalhe de arenito com estratificação cruzada.		

Ponto	Coordenadas			
	UTM E (m)	UTM N (m)	Cota (m)	Declividade (°)
ENC 37	409015	9662521	2	2
Descrição do ponto	- Solo transportado argilo-arenoso alaranjado, em talude vertical de 2m de altura e aproximadamente 50m de extensão. - Depósito aluvionar. - Processo ativo: erosão por sulcos e ravinas - Criticidade: baixa.			
 <p>Foto 37.1. Vista geral da encosta.</p>		 <p>Foto 37.2. Detalhe de talude vertical em argila-arenosa.</p>		


Ponto	Coordenadas			
	UTM E (m)	UTM N (m)	Cota (m)	Declividade (°)
ENC 38	408976	9663102	3	2
Descrição do ponto	- Corte em areia inconsolidada com pouca argila, sem vegetação, com aproximadamente 2 metros de altura. - Depósito aluvionar - Processo possível: erosão, devido ao escoamento de água do reservatório. - Criticidade: média.			
 <p>Foto 38.1. Vista geral do corte.</p>				



Ponto	Coordenadas			
	UTM E (m)	UTM N (m)	Cota (m)	Declividade (°)
ENC 39	409326	9665433	2	2
Descrição do ponto	<ul style="list-style-type: none"> - Encosta de baixa declividade em areia inconsolidada com pouca argila, já mostrando feições de erosão. - Depósito aluvionar - Processo ativo: erosão por sulcos e ravinas - Criticidade: baixa. 			
				
Foto 39.1. Área com feições de erosão.		Foto 39.2. Vista geral do corte.		



Ponto	Coordenadas			
	UTM E (m)	UTM N (m)	Cota (m)	Declividade (°)
ENC 40	408826	9666014	2	2
Descrição do ponto	<ul style="list-style-type: none"> - Corte em areia inconsolidada com pouca argila, sem vegetação, com aproximadamente 1m de altura. - Depósito aluvionar - Processo possível: erosão, devido ao escoamento de água do reservatório. - Criticidade: média. 			
				
Foto 40.1. Vista geral do corte.				


Ponto	Coordenadas			
	UTM E (m)	UTM N (m)	Cota (m)	Declividade (°)
ENC 41	416434	9640740	77	9
Descrição do ponto	<ul style="list-style-type: none"> - Encosta com grande quantidade de matacões residuais de rocha cristalina quartzo-feldspática na superfície. Morro que será uma ilha após o enchimento do reservatório. - Unidade IV do embasamento. - Processo possível: rolamento de matacões. - Criticidade: baixa. 			
				
Foto 41.1. Encosta com matacões na superfície. Foto tirada para N340.				





Ponto	Coordenadas			
	UTM E (m)	UTM N (m)	Cota (m)	Declividade (°)
ENC 42	416907	9639922	98	11
Descrição do ponto	<ul style="list-style-type: none"> - Encosta com grande quantidade de matacões residuais de rocha cristalina quartzo-feldspática na superfície. - Unidade IV do embasamento. - Processo possível: rolamento de matacões. - Criticidade: média. 			
				
Foto 42.1. Vista de matacões no topo do morro.				


Ponto	Coordenadas			
	UTM E (m)	UTM N (m)	Cota (m)	Declividade (°)
ENC 43	416965	9637972	90	8
Descrição do ponto	<ul style="list-style-type: none"> - Encosta vegetada (pasto) com matacões residuais de rocha cristalina quartzo-feldspática na superfície. - Unidade III do embasamento. - Processo possível: rolamento de matacões. - Criticidade: baixa. 			
				
<p>Foto 43.1. Encosta com matacões na superfície. Foto tirada para N340.</p>				


Ponto	Coordenadas			
	UTM E (m)	UTM N (m)	Cota (m)	Declividade (°)
ENC 44	417000	9637183	82	10
Descrição do ponto	<ul style="list-style-type: none"> - Encosta vegetada (pasto) em solo eluvionar areno-siltoso marrom com matacões residuais de rocha cristalina quartzo-feldspática na superfície. - Unidade III do embasamento. - Processo possível: rolamento de matacões. - Criticidade: baixa 			
				
<p>Foto 44.1. Vista da encosta com matacões na superfície para N130.</p>		<p>Foto 44.2. Detalhe de solo eluvionar.</p>		



Ponto	Coordenadas			
	UTM E (m)	UTM N (m)	Cota (m)	Declividade (°)
ENC 45	416540	9634468	97	5
Descrição do ponto	<ul style="list-style-type: none"> - Encosta vegetada (pasto) em solo eluvionar areno-siltoso marrom com matacões residuais de rocha cristalina quartzo-feldspática na superfície. - Unidade III do embasamento. - Processo possível: rolamento de matacões. - Criticidade: muito baixa 			
				
<p>Foto 45.1. Vista da encosta com matacões na superfície para N190.</p>		<p>Foto 45.2. Vista da encosta com matacões na superfície para N250.</p>		


Ponto	Coordenadas			
	UTM E (m)	UTM N (m)	Cota (m)	Declividade (°)
ENC 46	416770	9632752	73	9
Descrição do ponto	<ul style="list-style-type: none"> - Encosta vegetada (pasto) com matacões residuais de rocha cristalina quartzo-feldspática na superfície. - Unidade III do embasamento. - Processo possível: rolamento de matacões. - Criticidade: baixa. 			
				
<p>Foto 46.1. Encosta com matacões na superfície.</p>				



Ponto	Coordenadas			
	UTM E (m)	UTM N (m)	Cota (m)	Declividade (°)
ENC 47	415107	9632955	98	10
Descrição do ponto	<ul style="list-style-type: none"> - Solo de alteração areno-argiloso marrom alaranjado, proveniente de rocha cristalina quartzo-feldspática, de granulação média a grossa, equigranular, homogêneo, de estrutura maciça. Nota-se a presença de matacões residuais na superfície. - Unidade III do embasamento - Processo possível: rolamento de matacões - Criticidade: baixa 			
				
<p>Foto 47.1. Superfície do morro com matacões residuais. Foto tirada para N95.</p>		<p>Foto 47.2. Detalhe de matacão.</p>		
				
<p>Foto 47.3. Detalhe do solo de alteração.</p>		<p>Foto 47.4. Detalhe do Biotita granito.</p>		



Ponto	Coordenadas			
	UTM E (m)	UTM N (m)	Cota (m)	Declividade (°)
ENC 48	413299	9634003	97	6
Descrição do ponto	<ul style="list-style-type: none"> - Encosta vegetada (pasto) com matacões residuais de rocha cristalina quartzo-feldspática na superfície. - Unidade III do embasamento. - Processo possível: rolamento de matacões. - Criticidade: baixa. 			
				
<p>Foto 48.1. Encosta com matacões na superfície. Foto com vista para encosta do outro lado da drenagem que será inundada (na direção N135).</p>				




Ponto	Coordenadas			
	UTM E (m)	UTM N (m)	Cota (m)	Declividade (°)
ENC 49	407247	9640248	107	12
Descrição do ponto	<ul style="list-style-type: none"> - Encosta vegetada (pasto) com matacões residuais de rocha cristalina quartzo-feldspática na superfície. - Unidade I do embasamento. - Processo possível: rolamento de matacões. - Criticidade: baixa. 			
				
<p>Foto 49.1. Encosta com matacões na superfície. Foto com vista para encosta do outro lado da drenagem (na direção N255).</p>				


Ponto	Coordenadas			
	UTM E (m)	UTM N (m)	Cota (m)	Declividade (°)
ENC 50	407357	9640066	93	13
Descrição do ponto	<ul style="list-style-type: none"> - Encosta vegetada (pasto) com matacões residuais de rocha cristalina quartzo-feldspática na superfície. - Unidade I do embasamento. - Processo possível: rolamento de matacões. - Criticidade: baixa. 			
				
<p>Foto 50.1. Encosta com matacões na superfície. Foto com vista para N320.</p>		<p>Foto 50.2. Encosta com matacões na superfície. Foto com vista para N130.</p>		


Ponto	Coordenadas			
	UTM E (m)	UTM N (m)	Cota (m)	Declividade (°)
ENC 51	407502	9639255	85	10
Descrição do ponto	<ul style="list-style-type: none"> - Encosta vegetada (pasto) com matacões residuais de rocha cristalina quartzo-feldspática na superfície. - Unidade I do embasamento. - Processo possível: rolamento de matacões. - Criticidade: baixa. 			
				
<p>Foto 51.1. Encosta com matacões na superfície. (Foto com vista para N270).</p>				

Ponto	Coordenadas			
	UTM E (m)	UTM N (m)	Cota (m)	Declividade (°)
ENC 52	407876	9636589	95	11
Descrição do ponto	<ul style="list-style-type: none"> - Encosta vegetada (pasto) com matacões residuais de rocha cristalina quartzo-feldspática na superfície. - Unidade III do embasamento. - Processo possível: rolamento de matacões. - Criticidade: baixa. 			
 <p>Foto 52.1. Encosta com matacões na superfície. Foto com vista para 210.</p>		 <p>Foto 52.2. Encosta com matacões na superfície. Foto com vista para N175.</p>		


Ponto	Coordenadas			
	UTM E (m)	UTM N (m)	Cota (m)	Declividade (°)
ENC 53	408534	9634996	95	3
Descrição do ponto	<ul style="list-style-type: none"> - Encosta vegetada (pasto) em solo eluvionar areno-siltoso marrom com matacões residuais de rocha cristalina quartzo-feldspático na superfície. - Unidade III do embasamento. - Processo possível: rolamento de matacões. - Criticidade: muito baixa 			
 <p>Foto 53.1. Vista da encosta com matacões na superfície para N145 (morro que será uma ilha após o enchimento do reservatório).</p>		 <p>Foto 53.2. Detalhe de solo eluvionar.</p>		





Ponto	Coordenadas			
	UTM E (m)	UTM N (m)	Cota (m)	Declividade (°)
ENC 54	408870	9630334	103	5
Descrição do ponto	<ul style="list-style-type: none"> - Encosta vegetada (pasto) em solo de alteração silto-argiloso marrom alaranjado com matacões residuais de granito rocha cristalina quartzo-feldspática na superfície. - Unidade V do embasamento. - Processo possível: rolamento de matacões. - Criticidade: muito baixa 			
				
<p>Foto 54.1. Detalhe de solo de alteração.</p>		<p>Foto 54.2. Vista da encosta com matacões na superfície para N205.</p>		
				
		<p>Foto 54.3. Vista da encosta com matacões na superfície para N140 (do outro lado da drenagem que será inundada).</p>		



Ponto	Coordenadas			
	UTM E (m)	UTM N (m)	Cota (m)	Declividade (°)
ENC 55	410496	9644067	96	13
Descrição do ponto	- Encosta vegetada (pasto) com matacões residuais de rocha cristalina quartzo-feldspática na superfície. - Unidade I do embasamento. - Processo possível: rolamento de matacões. - Criticidade: baixa.			
				
Foto 55.1. Encosta com matacões na superfície. Foto com vista para N250.				


Ponto	Coordenadas			
	UTM E (m)	UTM N (m)	Cota (m)	Declividade (°)
ENC 56	409940	9644128	83	8
Descrição do ponto	- Encosta vegetada (pasto) com matacões residuais de rocha cristalina quartzo-feldspática na superfície. - Unidade I do embasamento. - Processo possível: rolamento de matacões. - Criticidade: baixa.			
				
Foto 56.1. Encosta com matacões na superfície. Foto com vista para N210.				



Ponto	Coordenadas			
	UTM E (m)	UTM N (m)	Cota (m)	Declividade (°)
ENC 57	409267	9644003	95	12
Descrição do ponto	- Solo de alteração areno-siltoso marrom claro de pequena espessura e rocha alterada mole abaixo. Processo erosivo cobrindo uma extensão de aproximadamente 15 x 10m em área sem vegetação. - Unidade I do embasamento. - Processo ativo: erosão por sulcos e ravina. - Criticidade: baixa.			
				
Foto 57.1. Porção erodida da encosta.		Foto 57.2. Detalhe do solo de alteração.		



Ponto	Coordenadas			
	UTM E (m)	UTM N (m)	Cota (m)	Declividade (°)
ENC 58	409437	9644068	104	12
Descrição do ponto	<ul style="list-style-type: none"> - Solo coluvionar areno-siltoso, marrom claro com seixos lateríticos. Talude com altura variando entre 1,5 e 2,0m e inclinação entre 60 e 90°, com erosão superficial. - Unidade I do embasamento. - Processo ativo: erosão por sulcos e ravina - Processo possível: rolamento de matacões (encosta do outro lado da drenagem). - Criticidade: baixa. 			
				
<p>Foto 58.1. Vista geral do talude.</p>		<p>Foto 58.2. Detalhe de solo coluvionar.</p>		
				
<p>Foto 58.3. Vista da encosta com matacões na superfície para N360 (do outro lado da drenagem que será inundada).</p>				

Ponto	Coordenadas			
	UTM E (m)	UTM N (m)	Cota (m)	Declividade (°)
ENC 59	383558	9623676	101	12
Descrição do ponto	<ul style="list-style-type: none"> - Encosta vegetada (pasto) com matacões residuais de rocha cristalina quartzo-feldspática (muito quartzosa), equigranular. - Unidade III do embasamento. - Processo possível: rolamento de matacões. - Criticidade: baixa. 			
 <p>Foto 59.1. Vista geral da encosta.</p>		 <p>Foto 59.2. Detalhe de matacão residual.</p>		
 <p>Foto 59.3. Detalhe do Biotita granito quartzoso.</p>		 <p>Foto 59.4. Vista para encosta do outro lado da drenagem que será inundada (para N225).</p>		

Ponto	Coordenadas			
	UTM E (m)	UTM N (m)	Cota (m)	Declividade (°)
ENC 60	403813	9635511	97	10
Descrição do ponto	<ul style="list-style-type: none"> - Solo eluvionar silto-arenoso marrom, de aproximadamente 0,5m de espessura, com solo de alteração, abaixo, areno-siltoso alaranjado provenientes da alteração de rocha cristalina quartzo-feldspática. Nota-se a presença de matacões residuais na superfície. - Unidade V do embasamento. - Processo possível: rolamento de matacões - Criticidade: baixa 			
 <p>Foto 60.1. Superfície do morro com matacões residuais. Foto tirada do ponto PC83 para ENC60.</p>		 <p>Foto 60.2. Detalhe de solo eluvionar.</p>		

Ponto	Coordenadas			
	UTM E (m)	UTM N (m)	Cota (m)	Declividade (°)
ENC 61	373457	9643859	120	8
Descrição do ponto	<ul style="list-style-type: none"> - Encosta com porção superior erodida, expondo solo avermelhado. - Fm. Curuá. - Processo ativo: erosão por sulcos e ravinas. - Criticidade: média. 			
 <p>Foto 61.1. Vista para encosta na margem direita do rio com superfície erodida.</p>				

Ponto	Coordenadas			
	UTM E (m)	UTM N (m)	Cota (m)	Declividade (°)
ENC 62	377783	9640005	104	9
Descrição do ponto	<ul style="list-style-type: none"> - Afloramento vertical (~ 4m de altura) de arenito grosso silicificado (rocha alterada dura, coerência C2/C3, fraturamento F1/F2), coberto na base por depósito de tálus e, mais próximo do rio, areia inconsolidada. Notam-se feições de <i>piping</i> no afloramento. - Fm. Maecuru - Processo ativo: <i>piping</i> - Processo possível: queda de blocos, instabilização de tálus devido à elevação do N.A. - Criticidade: média. 			
				
Foto 62.1. Imagem geral do afloramento da Fm. Maecuru.		Foto 62.2. Detalhe de feição de <i>piping</i> no afloramento.		

Ponto	Coordenadas			
	UTM E (m)	UTM N (m)	Cota (m)	Declividade (°)
ENC 63	377842	9640195	101	6
Descrição do ponto	<ul style="list-style-type: none"> - Afloramento vertical (~ 7m de altura) de arenito grosso silicificado (rocha alterada dura, coerência C2/C3, fraturamento F1/F2) coberto na base por depósito aluvionar. - Fm. Maecuru. - Processo ativo: queda de blocos - Criticidade: baixa. 			
 <p>Foto 63.1. Imagem geral de parede vertical em encosta da Fm. Maecuru.</p>		 <p>Foto 63.2. Exemplo de porção com ocorrência de queda blocos.</p>		

10.4 Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios

10.4.1 Introdução

10.4.1.1 Aspectos Gerais

Feições e estruturas geológicas de elevadas condutividades hidráulicas, que se interconectam com as águas dos reservatórios, localizadas em encostas opostas às margens desses reservatórios, permitem condições de percolação com altos gradientes hidráulicos e possibilidades de impactos relativos à fuga de água. As cavidades subterrâneas desenvolvidas em arenitos – como é o caso de parte da margem esquerda do Reservatório Intermediário da UHE Belo Monte – são feições particulares que podem possibilitar efeitos indesejáveis gerados pela percolação de água a partir deste reservatório.

Os reservatórios devem ser necessariamente estanques e as percolações de água devem ser controladas tanto pelas fundações das barragens, como também pelas ombreiras e margens dos reservatórios. Para o conhecimento dessas condições e adoção de medidas de controle, sempre que forem necessárias, deve ser efetuada a caracterização detalhada quanto aos aspectos geológicos, estruturais, hidrogeológicos, espeleológicos e geotécnicos da área, incluindo, necessariamente, uma avaliação quantitativa das alterações do nível freático. Assim, deve ser implantado um programa de monitoramento sistemático e contínuo, a ser priorizado e concentrado principalmente nas áreas de maior criticidade.

10.4.1.2 Aspectos Gerais da Região da UHE Belo Monte

Os aspectos da região da UHE Belo Monte relacionados ao Programa de Controle de Estanqueidade dos Reservatórios constam do relatório de Espeleologia do EIA/RIMA – Atendimento ao TR do CECAV/ICMBIO. Nesse documento, além dos aspectos de estanqueidade do reservatório devido à presença de cavidades subterrâneas no Arenito Maecuru, são abordados todos os demais aspectos referentes à espeleologia da área.

A AID e ADA da UHE Belo Monte estão superpostas à porção leste da Província Espeleológica Altamira – Itaituba que acompanha os principais afloramentos da Formação Maecuru em faixas ENE-WSW e apresenta diversas feições pseudo-cársticas, incluindo cavernas e abrigos rochosos.

No EIA/RIMA da UHE Belo Monte foi apresentado o inventário das cavidades subterrâneas da AID/ADA, com enfoque de patrimônio espeleológico e também considerando todas as demais características dessas cavernas, importantes para a elevação do freático e suas conseqüências no ambiente das cavidades e também para a estanqueidade dos reservatórios foram considerados os seguintes aspectos:

- Geoespacialização das cavidades no contexto regional;
- Prospecção exocárstica nas áreas de influência;
- Prospecção endocárstica na ADA;
- Diagnóstico ambiental;
- Principais aspectos geológicos, geomorfológicos, estruturais e hidrogeológicos;
- Aspectos espeleogenéticos e origem das cavernas;
- Estanqueidade do reservatório;
- Uso atual das cavernas;
- Análises interativas e conclusivas.

Em julho de 2010 foi efetuada viagem à região da UHE Belo Monte com a finalidade de se levantar informações complementares sobre os aspectos espeleológicos, subsidiando a elaboração deste Programa referente à estanqueidade da área. Nessa viagem foram inspecionados os locais referenciados no Parecer 10/2010 do IBAMA, relativos à vistoria feita pela equipe técnica do CECAV. O detalhamento e refinamento dos estudos espeleológicos terá continuidade com o desenvolvimento do presente Programa.

10.4.2 Justificativa

O Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios já estava previsto no EIA da UHE Belo Monte (Volume 33, capítulo 12, pág. 66).

A existência de cavidades subterrâneas e de outras feições menores de *piping* associadas aos arenitos permeáveis da Formação Maecuru indica a possibilidade de ocorrência de fuga de água do Reservatório Intermediário, como previsto na abordagem de impactos constante do EIA/RIMA da UHE Belo Monte (Volume 31, pág. 132), e recomenda a implantação desse Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios.

A faixa de rochas sedimentares da Bacia do Amazonas aflorante nas escarpas entre os igarapés Santo Antonio e Santa Helena, na margem esquerda do Reservatório Intermediário, com comprimento de 9,2 km, o que representa uma porcentagem de 3,37 % em relação ao comprimento da margem desse reservatório, apresenta a Formação Maecuru portadora de cavidades subterrâneas e de outras feições menores desenvolvidas a partir de processos de *piping*. Essa faixa corresponde àquela do setor 29 do Mapa de Estabilidade das Encostas Marginais da Área de Influência Direta apresentado nos estudos do EIA/RIMA da UHE Belo Monte e também no PBA de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais e Processos Erosivos.

Observa-se que, a princípio, a Caverna Kararaô, Abrigo Novo Kararaô, Gruta do China e Caverna Kararaô Novo (as duas últimas identificadas nos levantamentos do EIA/RIMA) são as cavidades subterrâneas com possibilidades de fuga d'água do reservatório e que deverão ser objeto de estudos complementares com ações preventivas de monitoramento e/ou de mitigação. Serão contempladas também as cavidades de pequenas dimensões identificadas na viagem de julho de 2010, além de outras feições de *piping* menores. Essas feições estão em áreas localizadas dentro do setor de 9,2 km da faixa de rochas sedimentares.

Os reservatórios devem ser necessariamente estanques e não devem apresentar fugas de água significativas. Assim, o Projeto de Engenharia deverá apresentar um sistema de controle para prevenir a possibilidade ou para reduzir o risco de ocorrência desse impacto a níveis desprezíveis, tendo como base os resultados obtidos com o desenvolvimento desse Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios. Várias alternativas são visualizadas, entre elas, tapetes de argila e/ou outros dispositivos de impermeabilização comumente empregados em soluções para condicionantes de percolação através de fundação de barragem, tal como já contemplado no EIA/RIMA. O estudo dessas alternativas e a seleção da alternativa mais adequada dependem de estudos complementares previstos nesse Programa de Controle de Estanqueidade dos Reservatórios.

No Parecer 102/2009 e na Nota Técnica 10/2010 do IBAMA foi solicitado e/ou reforçado, pois muitas dessas solicitações de atividades já constavam do EIA/RIMA, a necessidade de desenvolvimento das atividades indicadas a seguir sempre que relativas ao presente programa. Paralelamente à citação das solicitações do Ibama, são abordadas as providências adotadas ou a serem adotadas pelo empreendedor:

- Área de Arenito Maecuru a sul do Abrigo do Chuveiro, sem cavidades apontadas, e que devido a falta de informação no texto e da informação dos caminhamentos gerados por GPS, não se pode assegurar qual a favorabilidade da citada área para cavidades (Parecer 102/2009).
- Foram efetuadas inspeções complementares nessa área, na viagem de julho de 2010, e os resultados obtidos e caminhamentos efetuados serão apresentados no relatório específico relativo ao detalhamento e refinamento dos estudos espeleológicos.
- Faltam medições sistemáticas de variação de fluxo hídrico nas cavernas, especialmente na Kararaô que apresenta uma nascente no seu interior e estaria sujeita à influência do aumento no nível hidrostático local após o enchimento do Reservatório Intermediário. É assinalada a necessidade de estudos de detalhe das propriedades hidráulicas do maciço rochoso e do comportamento hidrológico no interior das cavidades que apresentam cursos subterrâneos, especialmente no caso das cavidades localizadas na região 1 (Parecer 102/2009).

- Esses aspectos serão contemplados no presente programa. Observa-se que as cavidades localizadas na região 1 são aquelas das proximidades do povoado Santo Antonio, na margem esquerda do rio Xingu, próximo à localidade de Belo Monte.
- Na região 2 não está definida a real situação de contato entre o reservatório e os arenitos Maecuru, o que deve ser detalhado em estudos posteriores propostos no Programa de Monitoramento das Encostas Marginais e Processos Erosivos (Parecer 102/2009).
 - A posição do reservatório em relação à base do Arenito Maecuru foi esclarecida durante as inspeções feitas na viagem de julho de 2010, cujos resultados serão apresentados no relatório relativo ao detalhamento e refinamento dos estudos espeleológicos.
 - Observa-se que as cavidades localizadas na região 2 são aquelas da região compreendida entre a Agrovila Leonardo da Vinci até a região do travessão do Km 27 da BR-230.
- Foi observada a existência de imprecisão quanto à localização do contato litológico entre os arenitos Maecuru portador das cavidades e a Formação Trombetas e solicitado que a informação seja obtida, pois é preponderante para o entendimento da evolução do fluxo de água subterrânea na fase de monitoramento (Parecer 102/2009).
 - Serão efetuados levantamentos geofísicos, mapeamentos geológicos e sondagens para se efetuar esse detalhamento, tal como indicados nesse programa.
- O risco de alteração de condições ambientais e geológicas deve ser assumido como alto, especialmente na Caverna Kararaô e, portanto, as medidas de controle têm de ser detalhadas no PBA (Parecer 102/2009).
- Para cumprir exigência legal, quanto à Caverna Kararaô, considerada de relevância máxima quanto a aspectos do meio biótico, e face à possibilidade de fuga de água, o Empreendedor deverá realizar todas as ações de mitigação e controle dos processos de fuga de água propostos antecipadamente no EIA e que deverão ser oportunamente detalhados no PBA (Parecer 102/2009).
- A Gruta do China está no mesmo contexto geológico da caverna Kararaô e passível de sofrer impactos pela elevação do lençol freático local. Por essa razão, deverão ser efetivamente protegidas com a aplicação de todas as medidas mitigadoras definidas no Programa de Controle de Estanqueidade dos Reservatórios, a ser detalhado durante o PBA (Parecer 102/2009).
 - O detalhamento das medidas de controle deverá ser feito pelo Projeto de Engenharia, com base nas complementações das caracterizações a serem obtidas com o desenvolvimento das ações desse programa.
- A equipe técnica do CECAV, a partir de vistoria efetuada ao local, destacou a ocorrência de duas novas cavidades dentro da ADA, sendo uma delas um abrigo nas

proximidades da Caverna Kararaô e a outra, uma gruta localizada próximo à margem direita do rio Xingu, a jusante de Altamira, utilizada por moradores locais. Destacou também outras cavidades suspeitas em alto de paredão rochoso. Essas ocorrências denotam que ainda há algum potencial para a existência de cavidades na área, especialmente dentro da faixa da ADA, apesar dos esforços prospectivos (Nota Técnica 10/2010).

- O relatório relativo ao detalhamento e refinamento dos estudos espeleológicos apresentará os resultados relativos às inspeções feitas em julho de 2010 para fins de apresentação dos resultados dos estudos complementares de espeleologia, onde essas cavidades serão contempladas.
- Realizar um refinamento da prospecção espeleológica para fins de classificação do grau de relevância e para subsidiar o Programa de Controle de Estanqueidade dos Reservatórios (Parecer 102/2009 e Nota Técnica 10/2010).
 - Na viagem de julho de 2010, foi iniciado esse detalhamento e refinamento dos estudos espeleológicos, cujos resultados serão apresentados em relatório específico. Essa atividade também terá continuidade durante o desenvolvimento do presente programa.
- Realizar o Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios concebido nos estudos apresentados e que necessariamente deverá ser aperfeiçoado. Como previsto no Programa, deverão ser concebidos os locais prioritários de ação e adequadas às medidas de mitigação e controle em função do risco de fuga de água (Nota Técnica 10/2010)
 - A apresentação desse programa contempla a priorização de locais sendo a escarpa da Caverna Kararaô, Gruta do China e Kararaô Novo priorizada para o desenvolvimento das atividades do presente programa. O detalhamento as medidas de controle deverá ser feito pelo Projeto de Engenharia, com base nas complementações das caracterizações a serem obtidas com o desenvolvimento das ações previstas nesse programa.
- O Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios deverá ser implementado de forma especial na região 1, onde ocorre a Caverna Kararaô contendo no mínimo todas as ações tal qual previstas nos estudos do EIA/RIMA. Além dessas ações tal como já previstas, foi também solicitado um programa de monitoramento da dinâmica hídrica, sedimentológica e evolução de processos espeleogenéticos no interior das cavidades. Foi reforçada necessidade de detalhar o contato basal da Formação Maecuru e sua relação com o nível d'água dos reservatórios, apresentando em mapas e perfis geológico-estruturais da serra que contém as cavidades Abrigo do Kararaô, Gruta do China, Caverna Kararaô e Caverna Kararaô Novo, as relações entre as estruturas, cavernas, reservatório, gradiente hidráulico e locais de amostragem (Nota Técnica 10/2010).

O detalhamento da posição da base do Arenito Maecuru em relação ao reservatório e nível de inundação será obtido com o desenvolvimento das atividades do presente programa.

O presente programa contempla também o monitoramento da dinâmica hídrica sedimentológica e da evolução dos processos espeleogenéticos no interior das cavidades.

10.4.3 Objetivos

O programa de controle da estanqueidade dos reservatórios é dirigido para a identificação, caracterização e monitoramento dos locais onde podem existir riscos associados à fuga d'água dos reservatórios, em regiões onde os reservatórios fazem limite com litologias sabidamente permeáveis da Formação Maecuru, notadamente onde ocorrem alinhamentos estruturais que favorecem o aparecimento de cavidades subterrâneas e outras feições menores originadas por *piping*, identificadas e caracterizadas nos temas Espeleologia e Estabilidade das Encostas Marginas da Área de Influência Direta do EIA/RIMA da UHE Belo Monte.

Durante o desenvolvimento do programa, a depender do grau de relevância a riscos de fuga de água, serão detalhadas medidas de controle, precedidas de estudos de alternativas, e estabelecidas as recomendações e detalhamentos sobre tratamentos, bem como sobre a continuidade do monitoramento.

10.4.4 Metas

As principais metas do presente projeto são as seguintes:

- Efetuar investigações, instalar e manter a rede de monitoramento para fins de desenvolvimento desse Programa de Controle de Estanqueidade dos Reservatórios.
- Efetuar o detalhamento da caracterização geológica, estrutural, hidrogeológica e espeleológica nas áreas de interesse. Está incluído o detalhamento do contato basal da Formação Maecuru.
- Efetuar caracterização detalhada dos níveis de água dos aquíferos nas áreas de interesse e obter suas variações antes, durante e após o enchimento dos reservatórios.
- Identificar as possíveis interferências do empreendimento na elevação do nível d'água/cargas hidráulicas do aquífero Maecuru portador das cavidades subterrâneas.
- Identificar e caracterizar os locais de maior relevância para os processos de fuga d'água devido à elevação do nível de água do aquífero Maecuru.
- Possibilitar estudos e detalhamento de medidas de controle e de tratamentos necessários, a serem incorporadas ao projeto, para evitar fugas de água e/ou percolações indesejáveis pelas cavidades subterrâneas a partir dos reservatórios.
- Obter o monitoramento da dinâmica hídrica, sedimentológica e da evolução dos processos espeleogenéticos no interior das cavidades.
- Fornecer subsídios e orientação para a continuidade do programa.

10.4.5 Etapas do Empreendimento nas quais deverá ser Implementado

O Projeto de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios deverá ser implementado durante as etapas de Construção, Enchimento e Operação.

10.4.6 Área de Abrangência

O Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios será implementado na ADA e AID da UHE Belo Monte.

A área objeto das ações do presente programa é o Reservatório Intermediário, notadamente o trecho a partir da ombreira da barragem Santo Antonio até a montante da caverna Kararaô, na região das escarpas do arenito Maecuru, correspondente à faixa de rochas sedimentares da Bacia do Amazonas, aflorante nas escarpas entre os igarapés Santo Antonio e Santa Helena. Essa faixa corresponde àquela do setor 29 do Mapa de Estabilidade das Encostas Marginais da Área de Influência Direta, parcialmente reproduzido na **FIGURA 10.4.6-1**.

A Caverna Kararaô, Abrigo Novo Kararaô, Gruta do China e Caverna Kararaô Novo (as duas últimas identificadas nos levantamentos do EIA/RIMA da UHE Belo Monte para atendimento ao TR do CECAV/ICMBIO) são cavidades subterrâneas a serem contempladas necessariamente pelo presente programa. Serão contempladas também cavidades de pequenas dimensões identificadas na viagem de julho de 2010 e uma delas referendadas na Nota Técnica 10/2010 do IBAMA e no Relatório de Vistoria 01 CECAV/ICMBIO, além de outras feições menores de *piping*. O setor do Reservatório Intermediário contendo essas cavidades foi priorizado para a implantação do presente programa, onde serão desenvolvidas todas as atividades previstas e todas as investigações e levantamentos mostrados no **ANEXO 1** e no detalhe da **FIGURA 10.4.6-2**. A **FIGURA 10.4.6-3** refere-se aos levantamentos endocársticos previstos para a Caverna Kararaô para fins da avaliação da dinâmica hídrica e sedimentológica.

Outros setores da borda do Reservatório Intermediário e/ou das suas proximidades com ocorrência da Formação Maecuru, com ou sem registros de cavidades, correspondentes aos setores 14, 22, 24 e 26 do Mapa de Estabilidade das Encostas Marginais, parcialmente reproduzido na **FIGURA 10.4.6-1**, também deverão ser objeto do programa. Para esses setores, primeiramente serão feitos os mapeamentos geológico, geológico-geotécnico, estrutural e hidrogeológico e o detalhamento dos estudos espeleológicos. A depender dos resultados poderá ser intensificado o monitoramento de forma similar ao que está especificado para o setor da Caverna Kararaô.

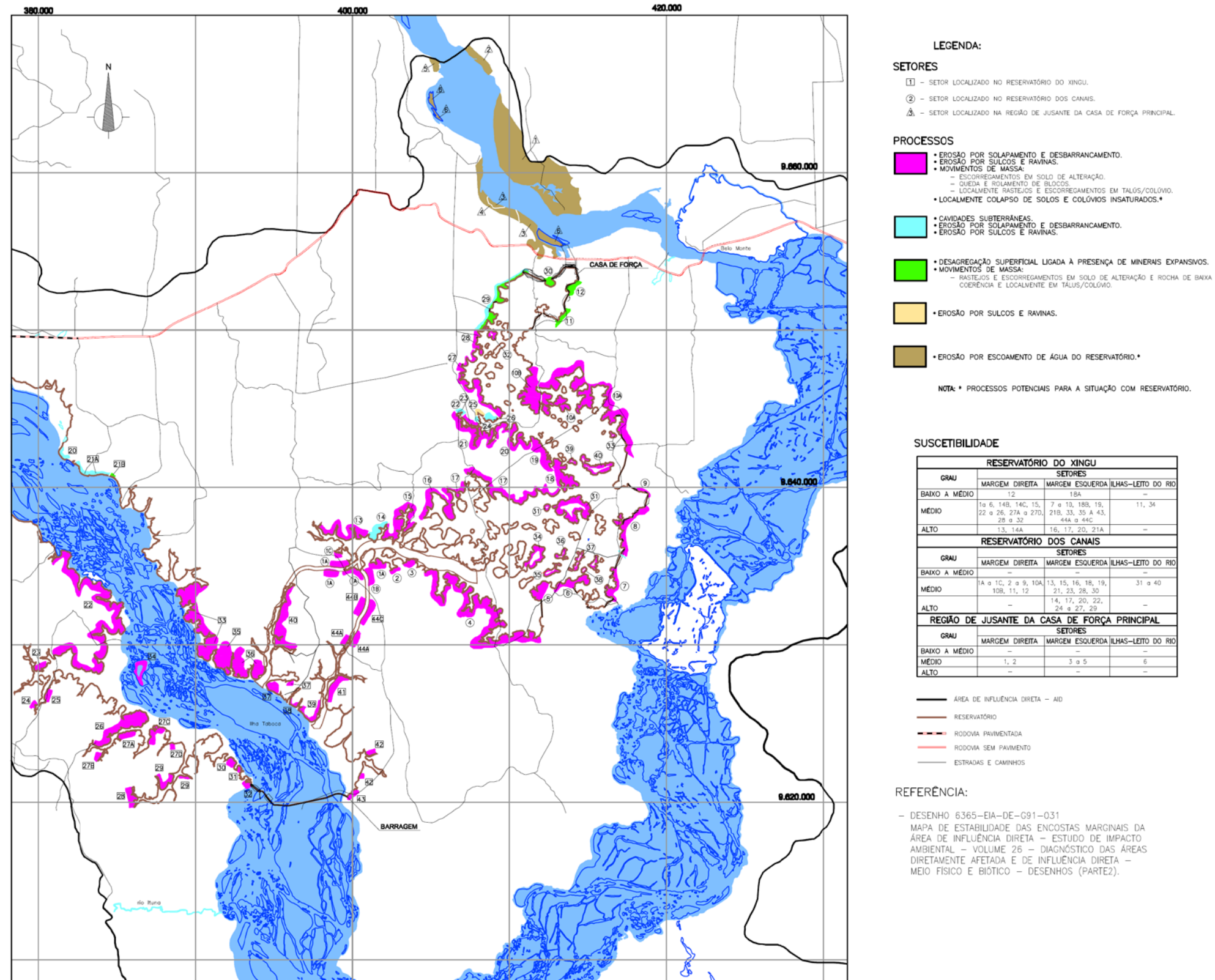


FIGURA 10.4.6-1 - Mapa de Estabilidade das Encostas Marginais da Área de Influência Direta (Parcial).

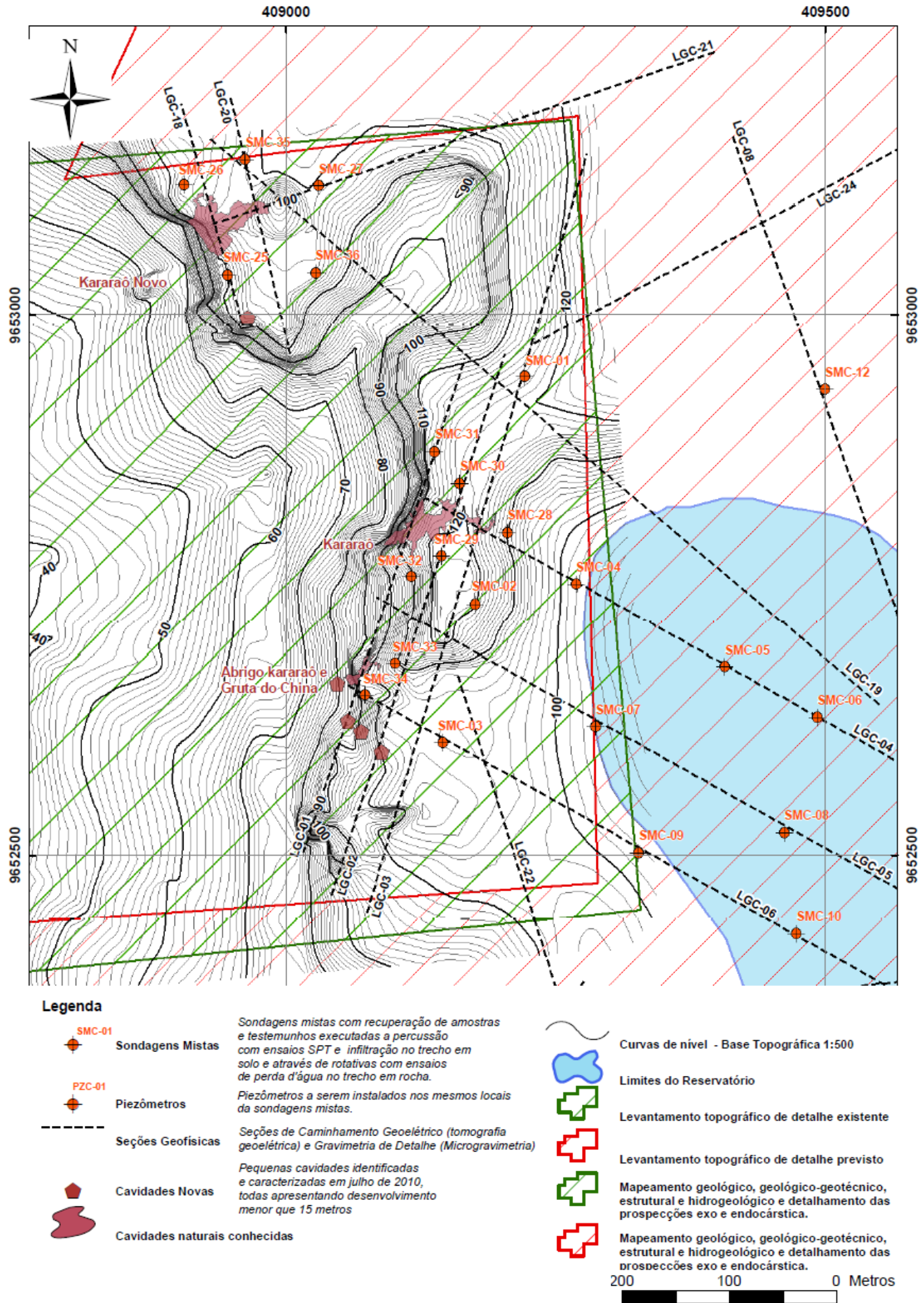


FIGURA 10.4.6-2 – Localização de levantamentos topográficos e geofísicos, sondagens e piezômetros na escarpa da caverna Kararaô.

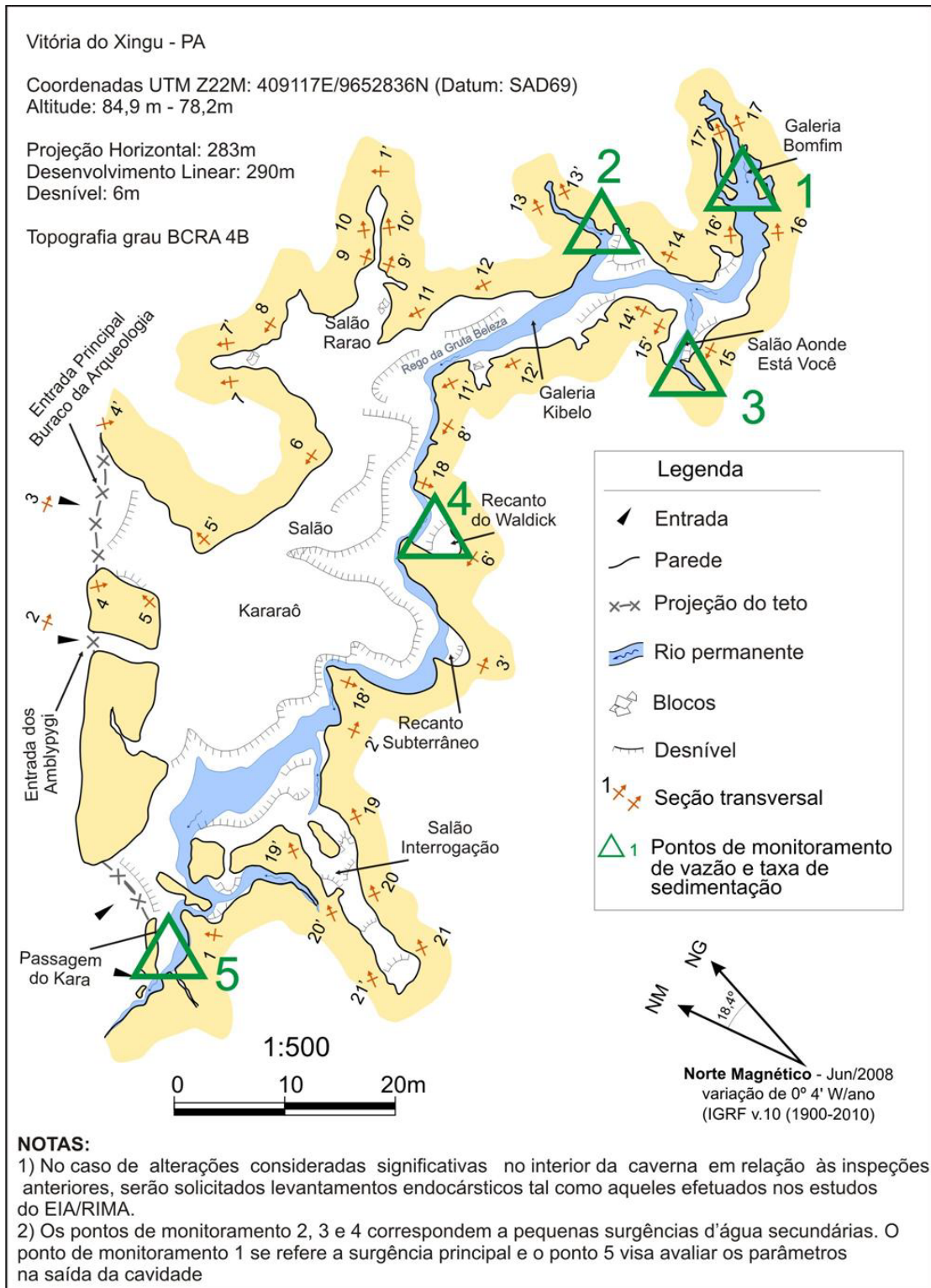


FIGURA 10.4.6-3– Planta de monitoramento da dinâmica e sedimentológica da caverna Kararaô

10.4.7 Base Legal E Normativa

No ano de 2003 foi aprovado o Projeto de Lei nº 1.181. Esta lei estabelece diretrizes para verificação da segurança de barragens de cursos d'água para quaisquer fins e define obrigações dos empreendedores de barragens. Em 18 de julho de 2005 foi aprovada e em 1º de setembro de 2005 foi publicada a proposta de substitutivo ao Projeto de Lei nº 1.181, de 2003, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens – PNSB e cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens – SNISB.

Para as atividades previstas nesse programa de controle da estanqueidade dos reservatórios é fundamental que sejam seguidos os procedimentos para sondagem, ensaios e instalação de poços de monitoramento de acordo com as diretrizes para execução de sondagens (ABGE, 1999), ensaios de permeabilidade em solos - orientações para sua execução no campo (ABGE, 1996), ensaios de perda d'água sob pressão – diretrizes (ABGE, 1975).

Observa-se que não há necessidade de licença ou autorização prévia por parte dos órgãos ambientais para realização dos trabalhos de campo.

10.4.8 Metodologia

Apresentam-se a seguir os procedimentos metodológicos a serem adotados na execução das seguintes atividades:

Investigações de superfície incluindo levantamentos topográficos e mapeamentos de campo de detalhe dirigidos para diversos temas;

Investigações de subsuperfície indiretas, através de métodos geofísicos;

Investigações de subsuperfície diretas, através de sondagens mecânicas e instalação de monitores e piezômetros;

Detalhamento e refinamento dos estudos espeleológicos através de prospecções exo e endocársticas;

Ensaio hidrogeológicos especiais;

Análise dos resultados das investigações e de relevância quanto a riscos de fuga de água;

Estudo de alternativas e detalhamento das medidas de controle e de monitoramento;

Inspeções, levantamentos e leitura dos instrumentos;

Monitoramento das condições de estanqueidade e da dinâmica hídrica, sedimentológica e da evolução dos processos espeleogenéticos no interior das cavidades.

10.4.8.1 Investigações de Superfície

Deverão ser efetuados trabalhos de investigação de superfície, incluindo levantamentos topográficos e mapeamentos dirigidos para diversos temas.

a) **Levantamentos Topográficos**

Os levantamentos topográficos serão efetuados de acordo com a metodologia empregada quando da execução daqueles efetuados na região da caverna Kararaô, na ocasião dos estudos espeleológicos do EIA/RIMA da UHE Belo Monte, pois devem complementar os levantamentos previamente efetuados.

Deverão ser de detalhe nas áreas limítrofes do reservatório, com pontos de levantamento a cada 20m para possibilitar a apresentação de curvas de nível de metro em metro. Deverão ser cadastradas todas as cavidades subterrâneas identificadas e suas cotas de boca deverão ser amarradas e niveladas.

Esses levantamentos deverão ser feitos em toda região 1 de ocorrência das cavidades subterrâneas, ou seja, em toda a faixa de ocorrência dos arenitos da Formação Maecuru, desde a ombreira da arragem Santo Antônio até a montante da caverna Kararaô, na margem esquerda do Reservatório Intermediário, em uma faixa com extensão aproximada de 9,2 km e área de aproximadamente 73 km². Deverão ser contempladas claramente as regiões de escarpas e os relevos abruptos e deverão ser estendidos desde as escarpas areníticas até a posição prevista para o nível d'água do reservatório e até além dessa posição, no interior da área inundada, sempre que a Formação Maecuru se localizar na área inundada, de forma a abranger a área de contato entre essa formação e as litologias das formações subjacentes – Formação Trombetas ou unidades do Complexo Xingu. O **ANEXO 1** apresenta a área a ser submetida a esse levantamento.

Todas as sondagens efetuadas e os monitores de vazão deverão ser amarrados e nivelados topograficamente. Os piezômetros deverão ser nivelados na superfície do terreno e no tubo interno, devendo ser instalada uma marca indelével no tubo interno a ser nivelada, de forma que todas as futuras leituras de nível d'água possam ser efetuadas em relação a essa marca.

Poços de abastecimento de água do tipo cacimba e do tipo tubular rasos e profundos, cadastrados durante o mapeamento hidrogeológico para as leituras dos níveis d'água, deverão ser identificados no campo e nas fichas de cadastro, amarrados e nivelados, de acordo com os mesmos procedimentos adotados no caso das sondagens e dos monitores. Poderão também ser solicitados levantamentos topográficos para detalhar situações específicas identificadas durante os mapeamentos geológico-geotécnico, estrutural e hidrogeológico.

b) **Mapeamentos Geológico, Geológico-Geotécnico, Estrutural e Hidrogeológico**

Além dos levantamentos topográficos, deverão ser feitos mapeamentos geológico, geológico-geotécnico, estrutural e hidrogeológico dos locais de estudo indicados no **ANEXO 1** e também dos setores 14, 22, 24 e 26 da borda do Reservatório Intermediário, com ocorrência da Formação Maecuru, apresentados no Mapa de Estabilidade das Encostas Marginais do EIA/RIMA, parcialmente reproduzido na **FIGURA 10.4.6-1**. Esses mapeamentos serão feitos através de:

Processamento e interpretação de imagens de satélite recentes e atualizadas e fointerpretação geológica utilizando fotos aéreas, plantas de restituição aerofotogramétrica e de levantamentos topográficos disponíveis e específicos e modelos digitais de terreno.

Trabalhos de campo de detalhe dirigidos para os diversos temas dos mapeamentos: geológico, geológico-geotécnico, estrutural e hidrogeológico.

Os mapeamentos geológico, geológico-geotécnico, estrutural e hidrogeológico deverão ser efetuados tendo por base plantas topográficas na escala 1:1.000 a 1:2000.

Deverão ser efetuados levantamentos e caracterizações de cortes, afloramentos, escavações em geral, como aquelas para fins de instalação de poços de água. Se necessário, serão efetuadas sondagens a trado para auxiliar na definição das unidades geológicas, geotécnicas e hidrogeológicas.

Os poços de água eventualmente identificados na área deverão ser cadastrados de acordo com os mesmos procedimentos utilizados nos trabalhos do EIA /RIMA referentes a essa atividade e nos trabalhos especificados no Projeto de Monitoramento da Dinâmica das Águas Subterrâneas.

Os pontos de inspeção deverão estar indicados por números em plantas bases, amarrados por GPS e caracterizados em fichas ou em cadernetas de campo. Deverão ser identificadas as diversas unidades geológicas, geológico-geotécnicas e hidrogeológicas, bem como as principais estruturas, destacando os seus aspectos de interesse para o presente programa e também para Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas e para o Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais e Processos Erosivos.

10.4.8.2 Levantamentos Geofísicos

As investigações indiretas, com o emprego de técnicas geofísicas, para investigar as escarpas do arenito Maecuru deverão contemplar os seguintes métodos:

Caminhamento geoeletrico de alta resolução (tomografia geoeletrica);

Gravimetria de detalhe (microgravimetria).

A escolha dos métodos a serem aplicados nas investigações indiretas teve como base não só o contexto geológico, geomorfológico, hidrogeológico e geotécnico das áreas de estudo, mas principalmente a potencialidade destes para identificar feições e anomalias de interesse direto para a avaliação da estanqueidade do reservatório.

A técnica de caminhamento geoeletrico de alta resolução (tomografia geoeletrica) permite através da passagem de uma corrente elétrica pelos materiais em subsuperfície identificar contrastes de resistividade/condutibilidade elétrica, que por sua vez, podem ser associados diretamente com a profundidade do nível d'água, contatos geológicos, estruturas geológicas além da presença de vazios em subsuperfície.

Especificamente neste programa a técnica de caminhamento elétrico visa fornecer dados importantes do contato entre os arenitos da Formação Maecuru e a unidade geológica subjacente, seja a Formação Trombetas ou o embasamento cristalino, já que estas rochas apresentam porosidades primárias muito distintas. O método também pode fornecer informações sobre zonas preferenciais de percolação de água, seja através de fraturas abertas ou condutos de *pipping*. Por fim, o caminhamento elétrico pode apontar anomalias de resistividade que podem ser diretamente associadas com cavidades subterrâneas.

O método de gravimetria de detalhe (microgravimetria) permite identificar variações sutis da aceleração da gravidade derivada de alterações na densidade dos materiais em subsuperfície. A ocorrência de cavidades subterrâneas proporciona uma redução relativa da densidade do meio e conseqüentemente tendem a refletir anomalias gravimétricas.

O método de levantamento gravimétrico de detalhe já vem sendo amplamente usado pela engenharia para esta finalidade e, portanto, a sua aplicação no estudo da estanqueidade dos reservatórios é altamente indicada para identificação de eventuais cavidades subterrâneas que não apresentam conexões aparentes com a superfície.

Estão previstos aproximadamente 20 km de linhas geofísicas com a aplicação dos dois métodos previstos, em cada uma das seções geofísicas apresentadas no **ANEXO 1** e no detalhe apresentado na **FIGURA 10.4.6-2**. A **TABELA 10.4.8-1** apresenta as seções geofísicas e suas extensões.

TABELA 10.4.8-1
Seções geofísicas e extensões

SEÇÃO GEOFÍSICA	Extensão (metros)	ORIENTAÇÃO (em relação à escarpa)
LGC-01	394	longitudinal
LGC-02	449	longitudinal
LGC-03	733	longitudinal
LGC-04	643	transversal
LGC-05	644	transversal
LGC-06	641	transversal
LGC-07	519	transversal
LGC-08	856	transversal
LGC-09	1046	transversal
LGC-10	829	transversal
LGC-11	483	transversal
LGC-12	787	transversal
LGC-13	706	transversal
LGC-14	855	transversal
LGC-15	769	transversal
LGC-16	579	transversal
LGC-17	578	transversal
LGC-18	230	transversal
LGC-19	820	transversal
LGC-20	300	transversal
LGC-21	490	longitudinal
LGC-22	960	longitudinal
LGC-23	2700	longitudinal

LGC-24	2400	longitudinal
--------	------	--------------

As especificações, metodologias, técnicas e equipamentos a serem utilizados em cada um dos métodos estão descritos a seguir:

a) Caminhamento Geométrico de Alta Resolução (Tomografia Geométrica)

A técnica do caminhamento elétrico está baseada na realização de medidas de resistividade aparente ao longo de uma linha, com o objetivo de investigar variações em um ou mais níveis em profundidade.

As resistividades elétricas das camadas de subsuperfície podem ser calculadas através do espaçamento dos eletrodos e da geometria de seus posicionamentos, da corrente elétrica aplicada no solo e das medidas de voltagem. A profundidade atingida depende do meio que a corrente elétrica atravessa e da distância entre os eletrodos de corrente, sendo que quanto maior for essa separação, maiores profundidades poderão ser investigadas.

São várias as possibilidades de arranjos entre eletrodos AB e MN no ensaio de caminhamento elétrico. O arranjo que deverá ser utilizado é o dipolo-dipolo. Este tipo de arranjo é um dos mais precisos e rápidos de serem executados no campo. Sua vantagem deve-se ao fato de que o estudo da variação lateral do parâmetro físico pode ser efetuado em vários níveis de profundidades obtendo-se uma caracterização dos materiais, em subsuperfície, tanto horizontal quanto verticalmente.

As principais características do arranjo dipolo-dipolo são: espaçamento entre os eletrodos AB e MN são iguais. Os centros dos dipolos AB e MN não permanecem fixos se deslocando ao longo da linha a ser levantada.

O parâmetro físico utilizado nesta técnica é a resistividade aparente, sendo esta obtida a partir da equação:

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \quad (\text{eq. 01})$$

onde,

$$K = 2\pi G a \quad (\text{eq. 02})$$

Sendo:

$$G = \frac{I}{\frac{1}{n} + \frac{2}{n+1} + \frac{1}{n+2}} \quad (\text{eq. 03})$$

Desenvolvendo esta equação temos:

$$K = \pi \cdot n \cdot (n+1) \cdot (n+2) \cdot a \quad (\text{eq. 04})$$

Onde:

ρ_a -	é a resistividade aparente do solo ($\Omega.m$)
K -	é o fator geométrico que depende do espaçamento entre os eletrodos (AB e MN)
ΔV - (mV)	é a diferença de potencial entre os eletrodos MN
I -	é a corrente injetada pelos eletrodos AB (mA)
n -	é o nível de investigação em profundidade
a -	é a distância entre os eletrodos em cada par (m).

Os equipamentos a serem utilizados podem ser:

Eletro-resistímetro fabricado pela Tectrol, com eletrodos de aço inox 9. Este equipamento é composto por um conversor CC/CC, com corrente de saída variando entre 0,5 a 1,0 A, e tensão comutável entre 0 e 1000 V.

Também pode ser utilizado o resistímetro digital, fabricado pela ABEM INSTRUMENT - AB da Suécia, modelo SAS – 1000, versão 2003 e seus acessórios.

Após a aquisição dos dados geofísicos deverá ser realizado o processamento dos dados, a fim de remover os ruídos e amplificar os sinais que possam auxiliar na interpretação da área em estudo.

De acordo com o método utilizado durante a aquisição e processamento dos dados podem ser utilizados os seguintes softwares: Res2D_inv desenvolvido pela Geotomo Software e Surfer 8.0.

b) Gravimetria de Detalhe (microgravimetria)

A técnica de microgravimetria consiste em medir variações no campo da gravidade terrestre, associada a curtos intervalos de amostragem, visando a interpretação de vazios e cavidades em subsuperfície.

Anomalias gravimétricas geradas por feições de dissolução são sobrepostas a variações maiores devido ao contexto geológico regional, e, virtualmente, podem não ser detectáveis em investigações gravimétricas convencionais. Estas anomalias não apenas revelam a localização de tais feições, mas também fornecem informações a respeito de suas formas e profundidades. Este método tem sido largamente empregado em investigações de engenharia para detectar cavidades naturais ou antrópicas.

A prospecção gravimétrica envolve medidas das variações do campo de gravidade terrestre. Deseja-se, com isso, identificar e caracterizar as massas locais de maior ou menor densidade que as formações encaixantes a partir de irregularidades do campo medido na superfície. Tais irregularidades, denominadas anomalias, são interpretadas como resultado das variações laterais na densidade dos materiais da subsuperfície, provocadas por estruturas geológicas ou corpos rochosos com diferentes densidades.

A interpretação do campo perturbador torna-se mais complicada devido ao fato de que a observação contém o efeito integral de todas as massas da Terra. Com o auxílio de informações topográficas, geológicas e geofísicas, as influências das massas conhecidas podem ser removidas através de reduções. Em particular, procedimentos de filtragem são utilizados para separar os grandes comprimentos de onda (campo regional) e os curtos comprimentos de onda (campo residual) das anomalias.

Os equipamentos que podem ser utilizados são:

- gravímetros analógicos:

- gravímetro absoluto Micro-g LaCoste FG-5 #223, precisão e exatidão melhores do que 0,003 mGal;
- gravímetro absoluto Micro-g LaCoste A-10 #011, precisão e exatidão melhores do que 0,01 mGal;
- gravímetros relativos LaCoste & Romberg modelos G257, G602 e G622, precisão de 0,02 mGal e exatidão de 0,04 mGal).

- gravímetro digital Scintrex CG-3.

Os gravímetros analógicos, por construção, conduzem a algumas fontes de erro, exigindo a necessidade de grande experiência do operador. Assim, um gravímetro digital permite a diminuição dos efeitos do operador sobre o processo de medida, como também a obtenção de várias amostras da gravidade em uma única estação em um tempo muito menor.

O gravímetro digital Scintrex foi desenvolvido para atender com relativa precisão atividades na área de gravimetria. A faixa de atuação do gravímetro digital Scintrex abrange todo o globo, 7000 mGals, possui resolução de leitura de 0,005 mGal no modelo CG-3 e de 0,001 mGal no modelo CG-3M e sua deriva é de 0,02 mGal/dia, tendo uma repetibilidade melhor que 10 Gal. O elemento sensor deste instrumento é baseado em um sistema elástico de quartzo fundido.

As leituras são feitas automaticamente após o equipamento estar nivelado sobre um ponto. O tempo de tomada de amostras de valores da gravidade é definido pelo operador, sendo a leitura final o valor médio das amostras acompanhado de seu respectivo desvio padrão.

Ao final deste processo, a leitura é armazenada na memória do equipamento juntamente com outras variáveis, tais como número da estação; desvio padrão da média; duração da leitura; correção devido a maré terrestre; número de amostras rejeitadas e as inclinações nos eixos X e Y . O gravímetro Scintrex não possui uma tabela de calibração para conversão de unidades, sua leitura já é dada em miligals. Um procedimento necessário neste caso é a determinação de um fator de correção da deriva instrumental.

Para a determinação deste fator, o equipamento é posto para operar no modo estático por um período superior a 12 horas amostrando valores de gravidade em intervalos de tempo regulares (e.g. 10 minutos) gerando um conjunto de dados que permitem calcular um novo fator. O cálculo é realizado com base na diferença entre as leituras final e inicial do ciclo de tempo no qual o gravímetro esteve em operação, dividida pelo tempo total do ciclo (e.g. 12/24 horas). Assim, tem-se o novo fator de correção para a deriva instrumental dado em mGals/dia. Como o instrumento apresenta uma deriva diária consideravelmente alta em relação aos gravímetros analógicos, recomenda-se a realização deste procedimento a cada dois meses.

Rigorosos testes de laboratório foram realizados pelo fabricante analisando a influência de fatores externos ao gravímetro. Os resultados mostram que a sensibilidade do gravímetro a variações de temperatura é menor que 0,001 mGal/°C, a variações de pressão de 0,03 mGal/atm e a máxima sensibilidade a variações no campo magnético não excede 0,00013 mGal/Gauss.

10.4.8.3 Sondagens, ensaios e instalação de monitores e piezômetros

Serão efetuadas sondagens mistas, nas quais serão instalados piezômetros. A princípio, prevê-se a coleta de amostras em 15 sondagens para a execução de ensaios de caracterização. Estão previstas 36 sondagens e piezômetros indicados no **Anexo 1** e no detalhe da **FIGURA 10.4.6-2** e na **TABELA 10.4.8-2**.

A localização das sondagens e dos piezômetros poderá ser ajustada com base nas indicações dos levantamentos topográficos, levantamentos geofísicos e mapas temáticos.

Logo após a implantação dos pontos de investigação no campo pela topografia, deverá ser realizada inspeção para se efetuar os devidos ajustes, no caso de necessidade.

TABELA 10.4.8-2
Localização das sondagens a serem efetuadas e dos piezômetros a serem instalados

SONDAGEM	Coordenadas	
	X	Y
SMC-01	409222	9652943
SMC-02	409176	9652733
SMC-03	409146	9652605
SMC-04	409269	9652751
SMC-05	409407	9652675
SMC-06	409493	9652628
SMC-07	409287	9652620
SMC-08	409462	9652521
SMC-09	409327	9652502
SMC-10	409473	9652428
SMC-11	409261	9652348
SMC-12	409500	9652931
SMC-13	409677	9652823
SMC-14	409791	9653127
SMC-15	409951	9652750
SMC-16	410131	9653248
SMC-17	410177	9653117
SMC-18	410497	9653442
SMC-19	410540	9653363
SMC-20	409337	9652108
SMC-21	409628	9652156
SMC-22	408940	9651674
SMC-23	408702	9651235
SMC-24	409095	9651240
SMC-25	408946	9653038
SMC-26	408906	9653120
SMC-27	409031	9653120
SMC-28	409206	9652799
SMC-29	409144	9652778
SMC-30	409162	9652845
SMC-31	409138	9652874
SMC-32	409116	9652759
SMC-33	409101	9652678
SMC-34	409074	9652649
SMC-35	408963	9653144
SMC-36	409028	9653040

a) Sondagens mistas e ensaios de campo e de laboratório

As sondagens deverão ser efetuadas nos diâmetros HW e NW. Deverão ser efetuadas a percussão, com execução de ensaios SPT a cada metro e recuperação de amostras para análise tátil visual a cada metro e sempre que ocorrer mudança de material e com execução de ensaios de infiltração em cada uma das unidades geológico-geotécnicas atravessadas. A partir do impenetrável ao ensaio SPT, a perfuração deverá prosseguir pelo método rotativo com recuperação de testemunhos e ensaios de perda d'água sob pressão. A pressão máxima de ensaio deverá ser limitada a $0,15\text{Kg/cm}^2/\text{m}$ de profundidade do obturador por se tratar de arenitos.

As sondagens deverão ser paralisadas apenas após atravessar o contato do arenito Maecuru com as litologias da Formação Trombetas/unidades do Complexo Xingu.

Deverá ser dispensada atenção especial às leituras dos níveis d'água, devendo ser medidos quando atingidos, 5 minutos após, diariamente antes do prosseguimento das sondagens e após 24 horas da conclusão das sondagens.

Em cinco sondagens selecionadas durante a execução dos trabalhos, em cada uma das unidades homogêneas atravessadas, deverão ser coletadas amostras para ensaios de caracterização com granulometria completa e determinação de índices físicos.

As sondagens e ensaios programados deverão ser conduzidos de acordo com as diretrizes para execução das sondagens e ensaios da ABGE (1999, 1996, 1975) e da ABNT - NBR 7181 (1988) e NBR 6484 (2001).

b) Instalação de monitores e piezômetros

Os piezômetros previstos deverão apresentar diâmetro mínimo de 1". Apresentam um trecho perfurado de tubos – filtros, seguindo-se os tubos lisos.

Os trechos de tubos filtros dos monitores e piezômetros deverão ser instalados abaixo do nível d'água registrado comumente na seca, no trecho mais permeável, conforme indicações da análise das amostras das sondagens e ensaios efetuados previamente à instalação. Apresentam um trecho perfurado com comprimento de 1 a 3 m envolto em areia grossa, seguindo-se selo de bentonita e calda de cimento. O comprimento do trecho perfurado deverá ser ajustado conforme as informações obtidas sobre a espessura da feição de maior permeabilidade, a partir da análise dos testemunhos e ensaios efetuados previamente nas sondagens.

Todos os piezômetros deverão ser protegidos por tubos metálicos providos de tampa com cadeado que abrem e fecham com chave única para todos os monitores instalados.

Após instalação, deverão ser submetidos a ensaios de recuperação, através do esgotamento e medidas de recuperação dos níveis de água até a posição original, anotando-se a posição desses níveis durante toda a recuperação, com frequência a cada minuto no início, passando para 2min, 15min e 30min, respectivamente após 10min, 30min e 60min do início do ensaio. Recomenda-se o uso de transdutores de pressão para estes ensaios, devido a sua maior precisão e confiabilidade. Esses dados deverão ser utilizados para cálculos de condutividades hidráulicas, além de fornecer uma avaliação do funcionamento dos poços.

A **FIGURA 10.4.8-1** apresenta o esquema para a instalação dos piezômetros.

No interior das cavidades que apresentam percolação de água (p.e. Caverna Kararaô) deverão ser instalados medidores de vazão ou dispositivos para medidas dessas vazões, bem como marcos para amarração e nivelamento topográfico e através dessas leituras obter as taxas de sedimentação. Os locais para esse monitoramento na Caverna Kararaô estão indicados na **FIGURA 10.4.6-3**.

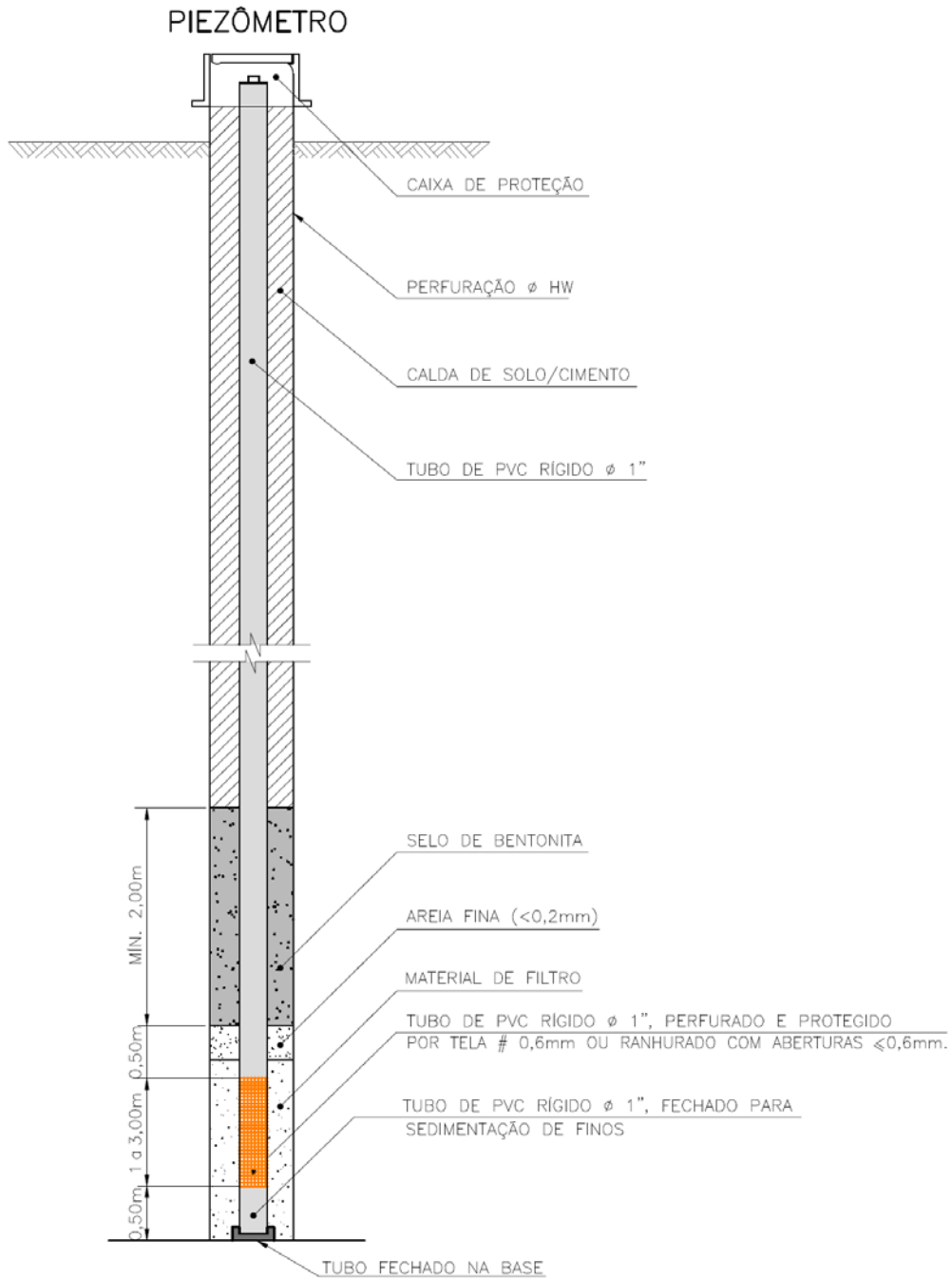


FIGURA 10.4.8-1 - Perfil típico de instalação de piezômetro

c) Quantitativos

A **Tabela 10.4.8-3** apresenta os quantitativos estimados referentes aos trabalhos de investigação e instalação de piezômetros. Esses quantitativos foram obtidos a partir de estimativas das cotas de boca das sondagens e da base da Formação Maecuru, bem como de estimativas de espessuras de solo e rocha nos locais das sondagens.

TABELA 10.4.8-3

Quantitativos referentes aos trabalhos de investigação e instalação de piezômetros

Atividades	Unidade	Quantitativo
Mobilização de equipes e equipamentos	un	4
Perfuração com amostragem em solo HW com ensaios SPT	m	180
Perfuração com amostragem em rocha HW	m	630
Perfuração com amostragem em rocha NW	m	270
Deslocamento entre sondagens	un	35
Ensaio de infiltração	un	54
Ensaio de perda d'água	un	300
Instalação de piezômetros no diâmetro 1"	m	720
Ensaio de recuperação em piezômetros	un	36
Ensaio de caracterização em laboratório	un	15
Marcos de concreto	un	36
Amarração e nivelamento topográfico de sondagens e piezômetros	un	36
Amarração e nivelamento topográfico de poços de água do tipo cacimba e tubulares	un	30

10.4.8.4 Detalhamento e Refinamento dos Estudos Espeleológicos

O detalhamento e refinamento dos estudos espeleológicos serão realizados conforme os estudos desenvolvidos no EIA/RIMA para atender ao Termo de Referência do CECAV/ICMbio. Serão efetuadas prospecções exocársticas e endocársticas em toda a área indicada no **ANEXO 1** e no detalhe da **FIGURA 10.4.6-2**.

Para cada cavidade identificada, serão obtidas as seguintes informações: nomenclatura, data de inspeção de campo, município e nome da fazenda em que se insere a cavidade, detalhamento da forma de acesso, vias de acesso, número e aspecto das entradas, altitude

e localização das entradas de cada cavidade, espeleotemas, aspectos hidrológicos e morfológicos e dossiê fotográfico. Serão apresentados também as plantas baixas das cavidades, seus cortes e perfis, sempre que forem efetuadas as prospecções endocársticas.

Nas prospecções exocársticas serão efetuados caminhamentos nas áreas de ocorrência do Arenito Maecuru, notadamente nas áreas de ocorrência de escarpas e paredões de arenito, mostradas no levantamento topográfico de detalhe. Serão efetuadas também consulta aos moradores. Os caminhamentos efetuados serão armazenados em GPS.

Nas prospecções endocársticas será efetuada a topografia espeleológica, precedida de uma exploração endocárstica detalhada, com representação gráfica contendo projeção horizontal, cortes, perfis, escalas gráfica e numérica, orientação magnética e localização geográfica. Serão obtidas informações sobre a geometria, posição espacial em relação ao terreno, morfologia, altitude das entradas e atributos ou feições relevantes como corpos de água, espeleotemas, relevo interno e principais acidentes topográficos, acúmulos sedimentares, presença de guano, recursos alimentares disponíveis, vestígios arqueológicos e paleontológicos, áreas degradadas, fraturas e locais com risco geotécnico.

10.4.8.5 Ensaios Hidrogeológicos Especiais

Os ensaios hidrogeológicos especiais deverão contemplar, preferencialmente, ensaios hidráulicos e analisada também a conveniência de se efetuar ensaios com traçadores. Esses ensaios serão efetuados apenas onde as análises dos dados obtidos nas investigações diretas e indiretas anteriormente especificadas mostrarem a necessidade dos mesmos. Esses ensaios podem ser do tipo pontual efetuados localmente, sem controle na região adjacente ao ensaio, e aqueles de intercomunicação tridimensionais ou 3D, com controle e monitoramento nas regiões adjacentes do ensaio.

Os ensaios hidráulicos 3D serão priorizados para a execução, especialmente, para se caracterizar as condutividades hidráulicas direcionais do maciço rochoso, caracterizar tensores de condutividade hidráulica do maciço rochoso, definir relações de anisotropia, e obter as direções preferenciais de fluxo e ainda avaliar a continuidade de feições e de estruturas geológicas de condutividades hidráulicas contrastantes com aquelas do maciço.

O ensaio de intercomunicação consta de ensaio de bombeamento a vazão constante feito isoladamente em um trecho de um furo/poço que atravessa o maciço rochoso ou a unidade geológica ensaiada, acompanhado de leituras dos níveis de água em outros furos/poços abertos nas proximidades do poço de bombeamento. O ensaio assim efetuado em um trecho de um dos poços de bombeamento (p.ex. P-01) deve ser efetuado também em outros trechos desse mesmo poço e também da mesma forma nos demais poços (p.ex. P-02, P-03, P-04, P-05, P-06), até que todos os poços abertos sejam submetidos a bombeamento. Um novo ensaio de bombeamento somente deve ser iniciado após a recuperação em todos os poços dos níveis d'água que foram rebaixados pelo ensaio anterior. Ensaios desse tipo têm sido feitos para estudos de percolação em fundações de barragem (Tressoldi et al, 1990; Tressoldi, 1991; Tressoldi, 1993).

As especificações detalhadas serão apresentadas durante o andamento dos trabalhos, caso se verifique a necessidade, fundamentadas nos resultados obtidos nas investigações efetuadas previamente.

10.4.8.6 Análise dos Resultados das Investigações e de Relevância Quanto ao Risco de Fuga d'água

O detalhamento e refinamento da caracterização geológica, geológico-geotécnica, estrutural, hidrogeológica e espeleológica das áreas de interesse serão obtidos no início do programa, através do desenvolvimento das atividades conforme procedimentos anteriormente apresentados, bem como através da análise dos resultados obtidos.

A análise para se obter as caracterizações desejadas, deverá considerar dados e resultados obtidos no Programa de Monitoramento das Encostas Marginais e Processos Erosivos e no Programa de Monitoramento Hidráulico, Hidrológico e Hidrossedimentológico.

O desenvolvimento das atividades como especificado anteriormente e a análise dos resultados obtidos permitirão a ordenação detalhada dos locais estudados de acordo com o grau de relevância quanto a risco de fuga d'água do reservatório. Esta ordenação orientará quanto à priorização dos locais para a implantação das medidas de controle, os estudos de alternativas e de detalhamento dessas medidas de controle, bem como o detalhamento e a continuidade do monitoramento das condições de estanqueidade iniciada com a implementação do presente programa.

10.4.8.7 Estudo de Alternativas e de Detalhamento das Medidas de Controle e de Monitoramento

O desenvolvimento das atividades como especificado anteriormente permitirão os estudos de alternativas de medidas de controle, a seleção da alternativa mais apropriada e o detalhamento sobre tratamentos, bem como estabelecer diretrizes para a continuidade do monitoramento.

Deverão ser definidos os locais de instalação de instrumentos, a princípio, representados por medidores de nível d'água, piezômetros e medidores de vazão nas cavernas, complementares àqueles já abordados no item referente às sondagens, ensaios e instalação de monitores e piezômetros. Se necessário, também poderá ser especificada a coleta de amostras de água de alguns piezômetros e de águas superficiais e das cavernas para análises físicas e químicas.

Esta atividade deverá ser desenvolvida pela equipe do Projeto de Engenharia, tendo por base os estudos desenvolvidos no presente programa.

10.4.8.8 Inspeções, Levantamentos e Leituras de Instrumentos

As inspeções, levantamentos e leituras de instrumentos compreendem procedimentos a serem aplicados às áreas externas e internas das cavidades.

Deverão ser medidas as profundidades dos níveis d'água nos piezômetros/monitores instalados, mostrados no **ANEXO 1**, no detalhe da **FIGURA 10.4.6-2** e na **TABELA 10.4.8-2**, e naqueles selecionados entre poços de água existentes na região. Essas profundidades medidas serão transformadas em cotas para fornecer as cargas hidráulicas dos aquíferos.

Paralelamente às leituras dos instrumentos instalados como indicados nos itens anteriores, deverão ser efetuadas inspeções geológica, geológico-geotécnica, hidrogeológica e espeleológica das escarpas da Formação Maecuru posicionadas na face contrária ao reservatório e das cavidades subterrâneas contidas nessas escarpas. Sempre que essas inspeções mostrarem alterações em relação à inspeção e levantamentos anteriores, essas alterações deverão ser quantificadas através de prospecções endocársticas, tal como aquelas desenvolvidas nos estudos do EIA/RIMA e constantes do relatório de Espeleologia – Atendimento ao TR CECAV/ICMBIO, incluindo necessariamente levantamentos topográficos do interior das cavidades.

Essas inspeções deverão ser acompanhadas de leituras de vazão nos medidores instalados nas cavernas e em todos os locais de infiltrações e/ou surgências d'água que forem constatadas no interior das cavernas e nas escarpas de arenito. Deverão ser efetuadas também leituras para avaliar as taxas de sedimentação no interior das cavidades com percolação de água. Os locais dessas leituras na Caverna Kararaô estão indicados na **FIGURA 10.4.6-3**.

Se necessário entender as relações entre as águas das cavernas, das escarpas e do reservatório através de elementos indicadores de origem das águas, durante essas inspeções, serão coletadas amostras de água dos piezômetros, do reservatório e das cavernas, para fins de análises físicas e químicas.

A implementação desses procedimentos deverá ser durante a implantação das obras, de forma que o período para leitura dos níveis d'água abranja o período antes do enchimento, todo o período de enchimento e prossiga após o enchimento, na Etapa de Operação, até 2 anos, no mínimo.

A princípio, a frequência de leituras deverá ser semanal, no período entre dois meses antes e até dois meses após o enchimento do reservatório (incluindo o período de enchimento) e a cada três meses ao longo de todo o período de monitoramento restante. Também deverão ser realizadas leituras ao final de instalação dos monitores e sempre quando da ocorrência de grandes variações no nível d'água do reservatório e no caso de precipitações significativas.

10.4.8.9 Monitoramento das Condições de Estanqueidade, da Dinâmica Hídrica e Sedimentológica e da Evolução dos Processos Espeleogenéticos

O monitoramento das condições de estanqueidade e da dinâmica hídrica será através da análise dos resultados obtidos com o desenvolvimento do presente programa. A análise dos resultados deverá fornecer informações sobre as condições de estanqueidade do reservatório, avaliar a eficiência das medidas de controle adotadas e nortear modificações ou medidas complementares, caso eventualmente sejam necessárias.

A análise dos resultados contemplará também a proposição de modelos hidrogeológicos que sintetizam as unidades presentes na área e suas características de interesse à elevação do nível de água subterrânea, as condições iniciais de nível d'água subterrânea nas épocas de cheia e de seca, bem como as condições iniciais referentes aos níveis d'água dos reservatórios Intermediário e do rio Xingu.

Esses estudos serão feitos através de análises de percolação com o uso de softwares usualmente empregados nos estudos de percolação pelas fundações de barragens. Os dados obtidos com o enchimento deverão ser utilizados na calibração e atualização dos modelos hidrogeológicos e nas avaliações de elevação do lençol freático efetuadas previamente.

A análise dos resultados permitirá o entendimento da dinâmica hídrica nas situações sem e com os reservatórios. Na interpretação dos resultados e proposição de modelos hidrogeológicos, deverão ser considerados, além dos dados do presente programa, aqueles do Programa de Monitoramento Hidráulico, Hidrológico e Hidrossedimentológico, tais como os níveis do rio e dos futuros reservatórios, bem como aqueles do Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais e Processos Erosivos.

10.4.9. Atividades a serem Realizadas

As atividades a serem desenvolvidas durante o presente programa estão apresentadas nos itens seguintes.

10.4.9.1 Investigações de Superfície incluindo Levantamentos Topográficos e Mapeamentos de Campo de Detalhe dirigidos para Diversos Temas

Os levantamentos topográficos de detalhe e os mapeamentos relativos aos vários temas serão efetuados em toda a área indicada no **Anexo 1** e no detalhe da **FIGURA 10.4.6-2**. Além de caracterizar a topografia da área e fornecer a localização das cavidades subterrâneas, fornecerão as bases para a elaboração e apresentação dos mapeamentos de detalhe geológico, geológico-geotécnico, estrutural, hidrogeológico e para os estudos espeleológicos complementares.

Os mapeamentos relativos aos vários temas, geologia, geologia-geotecnia, estrutural e hidrogeologia, serão efetuados em toda a área indicada no **Anexo 1** e no detalhe da **FIGURA 10.4.6-2**. Além dessa área, deverão também ser feitos nos setores 14, 22, 24 e 26 do Reservatório Intermediário, indicados no Mapa de Estabilidade das Encostas Marginais e Processos Erosivos do EIA/RIMA, parcialmente reproduzido na **FIGURA 10.4.6-1**. Paralelamente, serão efetuadas às atividades de investigações de subsuperfície e de instalação de monitores e piezômetros.

Essas investigações de superfície serão executadas na Etapa de Construção.

10.4.9.2 Investigações de Subsuperfície Indiretas Através de Métodos Geofísicos

As investigações geofísicas, com a aplicação de métodos gravimétricos e de eletroresistividade, serão efetuadas em toda a área do **Anexo 1** e no detalhe da **FIGURA 10.4.6-2** com a finalidade de pesquisar a existência de cavidades subterrâneas na escarpa que contém as cavernas Kararaô e Kararaô Novo e Gruta do China.

Essas investigações indiretas de subsuperfície serão realizadas paralelamente às investigações diretas e de instalação de monitores e piezômetros. A partir das anomalias geofísicas obtidas nesses levantamentos, poderão ser feitos ajustes na localização das sondagens mistas.

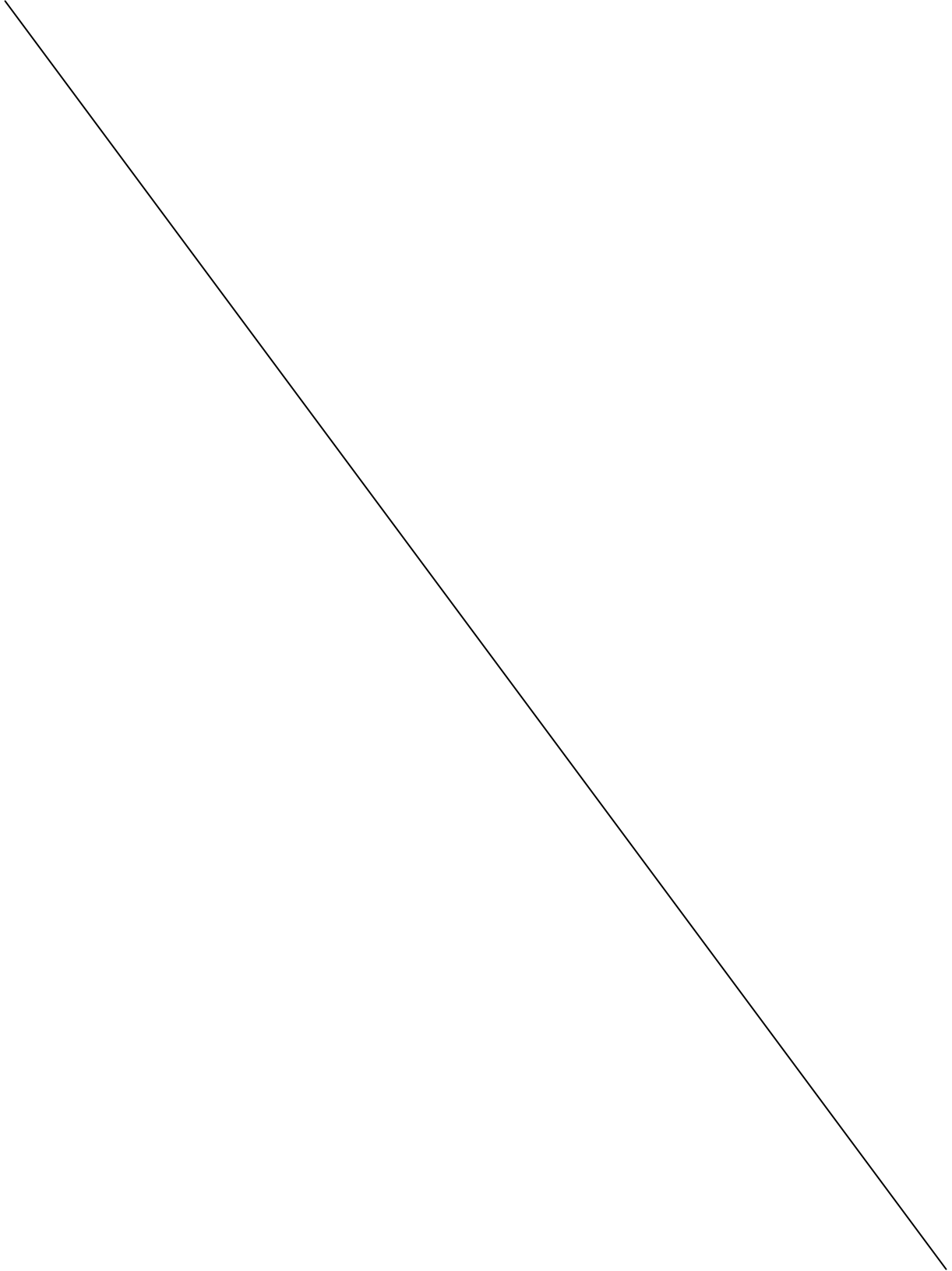
Essas investigações indiretas de subsuperfície ocorrem na Etapa de Construção.

10.4.9.3 Investigações de Subsuperfície Diretas Através de Sondagens Mecânicas e Instalação de Monitores e Piezômetros

Serão efetuadas sondagens mistas com a execução de ensaios *in situ* do tipo SPT, infiltração e perda d'água e com coleta de amostras e recuperação de testemunhos para caracterização tátil-visual e classificação de testemunhos. Nessas sondagens serão instalados piezômetros. Esses piezômetros, juntamente com poços de água rasos e profundos eventualmente existentes na área, comporão a rede de monitoramento externo, com a finalidade de medição do nível d'água e coleta de amostras de água para o desenvolvimento do presente Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios. A localização dessas investigações será ajustada no campo com base nos levantamentos topográficos e mapeamentos dos diversos temas.

Para as cavidades subterrâneas com percolação de água - Caverna Kararaô - como ilustrado na **FIGURA 10.4.6-3**, será efetuado o monitoramento das vazões e das taxas de sedimentação.

Essas investigações diretas de subsuperfície ocorrem na Etapa de Construção.



10.4.9.4 Detalhamento e Refinamento dos Estudos Espeleológicos através de Prospecções Exo e Endocársticas

Será feito o detalhamento e refinamento das prospecções exocársticas e endocársticas efetuadas durante os estudos espeleológicos do EIA/RIMA da UHE Belo Monte em toda a área indicada no **Anexo 1** e no detalhe da **FIGURA 10.4.6-2**. As prospecções exocársticas serão dirigidas para as áreas de ocorrência do Arenito Maecuru, notadamente áreas de ocorrência de escarpas e paredões de arenito, mostradas no levantamento topográfico de detalhe. As prospecções endocársticas serão dirigidas para novas cavidades eventualmente identificadas na área de estudo com o desenvolvimento dos levantamentos exocársticos.

O detalhamento e refinamento dos estudos espeleológicos ocorre na Etapa de Construção.

10.4.9.5 Ensaios hidrogeológicos especiais

Os ensaios hidrogeológicos especiais deverão contemplar preferencialmente ensaios hidráulicos, apesar de ser analisada também a conveniência de se efetuar ensaios com traçadores. Quanto aos ensaios hidráulicos devem ser priorizados aqueles de intercomunicação tridimensionais 3D, com controle e monitoramento nas regiões adjacentes.

Ensaios hidrogeológicos especiais serão efetuados apenas no caso onde as análises dos dados obtidos nas investigações diretas e indiretas especificadas mostrarem a necessidade dos mesmos, para fins de caracterizar as condutividades hidráulicas direcionais do maciço rochoso, caracterizar tensores de condutividade hidráulica do maciço rochoso, definir relações de anisotropia e obter as direções preferenciais de fluxo e ainda avaliar a continuidade de feições e de estruturas geológicas de condutividades hidráulicas contrastantes com aquelas do maciço rochoso.

Essa atividade, no caso de ser efetuada, ocorrerá na Etapa de Construção.

10.4.9.6 Análise dos Resultados das Investigações e de Relevância Quanto a Riscos de Fuga de água

Será obtido o detalhamento e refinamento da caracterização geológica, geológico-geotécnica, estrutural e hidrogeológica das áreas de interesse através da análise dos resultados obtidos com os estudos de superfície e de subsuperfície desenvolvidos no início do presente programa. Será obtido também a ordenação detalhada dos locais estudados de acordo com o grau de relevância quanto a risco de fuga d'água do reservatório, para fins de priorização dos locais para a implantação das medidas de controle.

Essa atividade será efetuada na Etapa de Construção.

10.4.9.7 Estudo de Alternativas e Detalhamento das Medidas de Controle e de Monitoramento

Serão efetuados pela equipe de Projeto de Engenharia estudos de alternativas das medidas de controle, a seleção da alternativa mais apropriada e o detalhamento dos tratamentos e de instrumentação adicional àquela especificada e implantada no início do programa.

Essa atividade será efetuada na Etapa de Construção.

10.4.9.8 Inspeções, Levantamentos e Leitura dos Instrumentos

Serão efetuadas leituras em todos os instrumentos da rede de monitoramento (incluindo todos os piezômetros, medidores de nível d'água, medidores de vazão instalados e pontos de surgência de água constatados e locais para avaliar taxa de sedimentação), tanto nos instrumentos instalados em superfície, indicados no **Anexo1** e no detalhe da **FIGURA 10.4.6-2**, como dos instrumentos e dispositivos instalados no interior das cavidades, apresentados na **FIGURA 10.4.6-3** para a Caverna Kararaô. As leituras terão frequência trimestral durante a Etapa de Construção e Operação. Para se identificar as variações decorrentes da formação do reservatório, a frequência das medições será semanal no período imediatamente antes, durante e imediatamente posterior ao enchimento.

Paralelamente às leituras dos instrumentos, serão efetuadas inspeções geológica, geológico-geotécnicas, estrutural, hidrogeológicas e espeleológicas das escarpas da Formação Maecuru da face contrária ao reservatório e das cavidades subterrâneas contidas nessas escarpas. No caso de se verificar alterações em relação ao período anterior, serão feitas também prospecções endocársticas, incluindo necessariamente levantamentos topográficos do interior das cavidades.

Durante essas inspeções, serão coletadas amostras de água dos piezômetros, do reservatório e das cavernas, para fins de análises físicas e químicas, caso seja necessário entender as relações entre as águas das cavernas, das escarpas e do reservatório.

Essa atividade será efetuada nas Etapas de Construção, Enchimento e Operação.

10.4.9.9 Monitoramento das Condições de Estanqueidade, da Dinâmica Hídrica, Sedimentológica e da Evolução dos Processos Espelogenéticos

Será efetuado o monitoramento das condições de estanqueidade, da dinâmica hídrica e sedimentológica e da evolução dos processos espeleogenéticos através da análise dos resultados obtidos com o desenvolvimento do presente programa. Essa análise permitirá obter:

- Modelos hidrogeológicos representativos das áreas de estudo nas situações antes e após o enchimento dos reservatórios;
- As condições de estanqueidade do reservatório;
- A avaliação da eficiência das medidas de controle adotadas e efetuar modificações ou adotar medidas complementares, caso eventualmente sejam necessárias.
- O entendimento da dinâmica hídrica, sedimentológica e da evolução dos processos espeleogenéticos no interior das cavidades nas situações antes e após o enchimento dos reservatórios.

Essa atividade será efetuada nas Etapas de Construção, Enchimento e Operação.

10.4.10 Resultados / Produtos a serem Gerados

Os resultados/produzidos a serem gerados são apresentados a seguir para cada uma das atividades previstas.

10.4.10.1 Investigações de Superfície incluindo Levantamentos Topográficos e Mapeamentos de Campo de Detalhe dirigidos para diversos temas

a) **Levantamentos Topográficos**

Os resultados obtidos com o desenvolvimento dessa atividade serão apresentados em relatório final, a ser disponibilizado para o Empreendedor e órgão ambiental, logo após a conclusão dos trabalhos.

Os resultados sob a forma de mapas topográficos serão apresentados na escala 1:1.000 a 1:2.000, contendo curvas de nível a cada metro. Além das plantas planialtimétricas em escala compatível com curvas de nível de metro em metro, serão apresentados:

- relação de marcos geodésicos oficiais (RN e vértices do IBGE utilizado como base de transporte e referência);
- esquema do transporte;
- monografia das estações e marcos geodésicos;
- fotografias e croquis de campo;
- lista de coordenadas geográficas e UTM de todos os marcos;
- mapa de localização das estações e marcos geodésicos;
- cadernetas de campo;
- arquivo rinex de todo o rastreamento;
- formulários de processamento;
- memorial descritivo de todos os serviços realizados, campo e escritório.

Os levantamentos topográficos do interior das cavidades deverão ser apresentados em escalas 1:100 a 1:500, a serem ajustados no caso de necessidade.

b) **Mapeamentos Geológico, Geológico-Geotécnico, Estrutural e Hidrogeológico**

Os resultados obtidos serão apresentados em documentos internos compostos por mapas de localização dos pontos inspecionados no campo, de tabelas com as caracterizações efetuadas além de mapas preliminares com a distribuição das diferentes unidades identificadas.

10.4.10.2 Investigações de Subsuperfície Indiretas Através de Métodos Geofísicos

Os resultados obtidos com o desenvolvimento dessa atividade serão apresentados em relatório final, a ser disponibilizado para o Empreendedor e órgão ambiental, logo após a conclusão dos trabalhos.

O relatório apresentará os resultados sob a forma de seções geoeletricas no caso dos levantamentos geoeletricos e através de mapas de contorno ou de perfis das anomalias

gravimétricas no caso dos levantamentos gravimétricos. A devida interpretação geológica será contemplada.

10.4.10.3 Investigações de Subsuperfície Diretas Através de Sondagens Mecânicas e Instalação de Monitores e Piezômetros

É uma atividade a ser desenvolvida principalmente no campo. Ao final dos trabalhos deverão ser emitidos relatórios internos contendo tabelas e mapas com a localização e cotas de boca das sondagens, piezômetros e poços de água rasos e profundos, eventualmente existentes na área e selecionados para fazer parte da rede de monitoramento, perfis individuais de sondagens e perfis construtivos dos piezômetros, além de tabelas e gráficos com os resultados dos ensaios de campo e de laboratório.

10.4.10.4 Detalhamento e Refinamento dos Estudos Espeleológicos através de Prospecções Exo e Endocársticas

Os resultados obtidos com o desenvolvimento dessa atividade serão apresentados em relatório final, a ser disponibilizado para o Empreendedor e órgão ambiental, logo após a conclusão dos trabalhos.

A apresentação dos resultados deverá ser conforme a apresentação constante do relatório referente aos estudos espeleológicos desenvolvidos nos estudos do EIA/RIMA da UHE Belo Monte para atender ao TR do CECAV /ICMBIO.

Para cada cavidade identificada, será apresentada uma ficha de cadastramento contendo informações quanto à nomenclatura, data de inspeção de campo, detalhamento da forma de acesso, vias de acesso, município e nome da fazenda em que se insere a cavidade, altitude e localização das entradas de cada cavidade, número e aspecto das entradas, espeleotemas, aspectos hidrológicos e morfológicos e dossiê fotográfico. Serão apresentados também as plantas baixas das cavidades, seus cortes e perfis, sempre que forem efetuadas prospecções endocársticas.

Serão apresentados os caminhamentos efetuados e armazenados em GPS, em planta topográfica e em tabelas. Será apresentada uma planta de geoespacialização das cavidades, tal como aquela dos estudos de EIA/RIMA, atualizada com os resultados dos levantamentos do presente programa.

No caso de levantamentos endocársticos, para cada cavidade, será apresentado um mapa topográfico, um mapa de bases topográficas e direcionamento das visadas e um mapa definindo os eixos morfológicos para dimensionamento da caverna. Observa-se que para as cavidades de pequenas dimensões serão apresentadas apenas as plantas baixas.

10.4.10.5 Ensaios Hidrogeológicos Especiais

Logo após o desenvolvimento dos trabalhos de campo referentes a ensaios tridimensionais 3D serão elaborados relatórios parciais internos contendo:

- perfis individuais dos poços de bombeamento/monitoramento;
- resultados dos ensaios de bombeamento na forma de tabelas, com as medidas de vazão e níveis d'água dos poços de bombeamento e de níveis d'água dos poços de monitoramento associados aos tempos em que foram efetuados;
- ocorrências diversas registradas durante os ensaios.

Os resultados obtidos com a execução de ensaios tridimensionais 3D e as respectivas análises serão apresentados em relatório final, a ser disponibilizado para o órgão ambiental. Os relatórios finais apresentarão a interpretação dos ensaios contendo gráficos de variação da carga hidráulica x tempo, os rebaixamentos estabilizados ao final dos ensaios, as condutividades hidráulicas direcionais (tensor, valores e direções principais), relações de anisotropia e seções e gráficos ilustrando os locais de bombeamento e leituras de níveis d'água.

10.4.10.6 Análise dos Resultados das Investigações e de Relevância Quanto a Riscos de Fuga de água

Ao final das atividades de mapeamentos, de investigação de campo e instalação de monitores e com as leituras de nível d'água efetuadas quando da conclusão da instalação dos piezômetros, tanto nesses monitores como nos poços existentes selecionados para a rede de monitoramento, será obtida a caracterização detalhada da geologia e da hidrogeologia da área.

Serão compilados todos os dados obtidos e constantes dos relatórios parciais indicados nos itens anteriores e elaborado um relatório consolidado a ser disponibilizado para o órgão ambiental, contendo mapas, seções e perfis geológicos, geológico-geotécnicos e hidrogeológicos. Nas seções serão mostradas as relações entre o nível d'água do reservatório e a base da Formação Maecuru. Será apresentado um modelo hidrogeológico conceitual da área de estudo.

10.4.10.7 Estudo de Alternativas e Detalhamento das Medidas de Controle e de Monitoramento

Serão apresentados pela equipe do Projeto de Engenharia desenhos de projetos referentes aos estudos de alternativas e ao detalhamento das medidas de controle.

Será elaborado um relatório consolidado a ser disponibilizado para o órgão ambiental, contendo todos os estudos efetuados.

10.4.10.8 Inspeções, Levantamentos e Leitura dos Instrumentos

A leitura dos piezômetros e poços permitirá o conhecimento das variações dos níveis de água nas diferentes épocas do ano e detalhar os impactos gerados pela criação do reservatório e conseqüente elevação dos níveis de água.

É uma atividade a ser desenvolvida no campo. Ao final de cada campanha serão emitidos relatórios trimestrais parciais, internos, contendo tabelas e gráficos com as profundidades e as cotas dos níveis d'água de todos os piezômetros instalados e de poços de água existentes. Esses relatórios apresentarão também os resultados das inspeções e mapeamentos, ilustrados através de tabelas, fichas, mapas, fotos.

10.4.10.9 Monitoramento das Condições de Estanqueidade e da Dinâmica Hídrica

Para cada ano de monitoramento, serão elaborados três relatórios parciais internos com os resultados obtidos durante cada trimestre e um relatório consolidado, com todos os dados do ciclo anual, a ser disponibilizado para o órgão ambiental.

Serão emitidos relatórios consolidados obrigatoriamente antes do enchimento dos reservatórios e ao final do período previsto para esse programa, após dois anos do

enchimento do reservatório Intermediário. Ao término do prazo previsto para o monitoramento, deverá ser elaborado um relatório específico justificando a continuidade ou não do presente programa. No caso de continuidade, serão apontadas as alterações necessárias.

Os relatórios consolidados apresentarão mapas potenciométricos obtidos a partir das leituras dos níveis de água para cada uma das campanhas. Esses relatórios conterão a análise da dinâmica hídrica e sedimentológica dos maciços nas situações antes e após o enchimento dos reservatórios, a análise do desempenho das medidas de controle da estanqueidade, bem como a calibração e atualização dos modelos hidrogeológicos.

10.4.11 Equipe Técnica Envolvida

A equipe técnica deverá ser alocada por empresa especializada na realização das ações previstas, e deve ser formada por geólogos de engenharia, hidrogeólogos e engenheiros geotécnicos sênior, pleno e júnior, por técnicos especializados em trabalhos de sondagens e ensaios de campo, instalação de poços de monitoramento, piezômetros e medidas de níveis de água subterrânea.

10.4.12 Interface com outros Planos, Programas e Projetos

Os resultados obtidos com as ações do presente programa serão compartilhados com os Programas de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais e Processos Erosivos e com o Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas, em especial com o Projeto da Dinâmica das Águas Subterrâneas e também com o Programa de Monitoramento Hidráulico, Hidrológico e Hidrossedimentológico.

10.4.13 Avaliação e Monitoramento

Os indicadores a serem utilizados no Programa de Controle da Estanqueidade são os gradientes hidráulicos entre o reservatório Intermediário e os maciços de arenitos da Formação Maecuru obtidos a partir dos piezômetros instalados. Os critérios para o estabelecimento dos níveis de gestão de rotina, gestão em alerta e gestão crítica serão apresentados no decorrer da implementação do programa.

10.4.14 Responsável pela Implementação

A implementação e desenvolvimento do presente projeto são de responsabilidade do Empreendedor. Para tanto, deverão ser contratados profissionais e empresas especializadas na área de Geologia de Engenharia, Hidrogeologia e Geotecnia. Deverão ser contratadas também empresas especializadas na execução de sondagens e instalação de piezômetros, na execução de levantamentos geofísicos e na execução de levantamentos topográficos.

10.4.15 Parcerias Recomendadas

As parcerias recomendadas para o Programa Controle da Estanqueidade dos Reservatórios são concessionárias de energia e instituições científicas, de pesquisa e universidades que estejam desenvolvendo trabalhos relacionados às atividades do presente programa.

10.4.16 Cronograma Físico

O cronograma para o desenvolvimento das atividades do presente programa está apresentado a seguir.

Os monitoramentos do Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios serão desenvolvidos durante um período mínimo de dois anos antes do enchimento do reservatório do Xingu e durante um período mínimo de dois anos após o enchimento do reservatório Intermediário, o que totaliza cinco anos de monitoramento. Para a execução desse monitoramento são necessárias a instalação prévia de piezômetros e a execução das investigações de campo (atividades que necessitam de aproximadamente um ano para serem desenvolvidas) e, portanto, esse projeto deve ser iniciado aproximadamente três anos antes do enchimento do reservatório do Xingu.

UHE BELO MONTE

PROGRAMA DE CONTROLE DA ESTANQUEIDADE DOS RESERVATÓRIOS

Marcos		Observações	2011				2012				2013				2014				2015				2016				2017				2018				2019				2020				2021				2022				2023				2024				2025			
			T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4								
Atividades			<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> Desvio do rio pelo vertedouro (sítio Pimental) Início enchimento Reserv. Xingu Início geração comercial CF Complementar Entrada operação última UG da CF Complementar Enchimento Reserv. Interim. Início geração comercial CF Principal Entrada operação comercial última UG CF Principal </div>																																																											
Item		Atividade	IMPLANTAÇÃO																								OPERAÇÃO COMERCIAL (A PLENA CARGA)																																			
ETAPAS																																																														
CRONOGRAMA DAS OBRAS																																																														
1	Obras para melhoria e abertura de acessos ao empreendimento																																																													
2	Implantação dos canteiros e instalações iniciais																																																													
3	Implantação de vilas residenciais																																																													
4	Implantação do Porto (Porto da Obra)																																																													
5	Lançamento das ensecadeiras principais (1a e 2a fases)																																																													
6	Implantação obras civis Sítio Pimental (barragens, vertedouro, circuito adução/geração e LT)																																																													
7	Início de operação do sistema provisório de transposição de embarcações																																																													
8	Implantação do sistema definitivo de transposição de embarcações																																																													
9	Implantação do sistema de transposição de peixes																																																													
9	Serviços de montagem no Sítio Pimental																																																													
9	Implantação obras civis Sítio Belo Monte (barragens e circuito adução/geração)																																																													
10	Serviços de montagem no Sítio Belo Monte																																																													
10	Escavação e demais obras relacionadas aos canais																																																													
11	Construção dos diques																																																													
12	Desmobilização total dos canteiros																																																													
CRONOGRAMA DOS CADASTROS																																																														
1	Cadastro Socioeconômico																																																													
1.1	Áreas de canteiros, linhas de transmissão e acessos para as obras	Concluído																																																												
1.2	Vila Santo Antônio, Porto e Sítio Belo Monte	Concluído																																																												
1.3	Trecho de Vazão Reduzida																																																													
1.4	Reservatório do Xingu																																																													
1.5	Reservatório Intermediário																																																													
1.6	Igarapés (Altamira)																																																													
2	Cadastro Físico-territorial (inclui avaliação de benfeitorias e medição)																																																													
2.1	Áreas de canteiros, linhas de transmissão e acessos para as obras	Concluído																																																												
2.2	Vila Santo Antônio																																																													
2.3	Reservatório do Xingu																																																													
2.4	Reservatório Intermediário																																																													
2.5	Igarapés (Altamira)																																																													
CRONOGRAMA DO PROGRAMA DE CONTROLE DA ESTANQUEIDADE DOS RESERVATÓRIOS																																																														
1	Levantamentos topográficos																																																													
2	Mapeamento geológico-geotécnico, estrutural e hidrogeológico																																																													
3	Levantamentos geofísicos																																																													
4	Sondagens, ensaios e instalação de monitores e piezômetros																																																													
5	Prospecções espeleológicas exo e endocársticas																																																													
6	Ensaio hidrogeológicos especiais																																																													
7	Análise dos resultados das investigações e de relevância do risco de fuga d'água																																																													
8	Estudos de alternativas e detalhamento das medidas de controle e de monitoramento																																																													
9	Inspeções, levantamentos e leitura de instrumentos																																																													
10	Monitoramento das condições de estanqueidade, dinâmica hídrica, sedimentológica e da evolução dos processos espeleológicos																																																													
11	Relatórios parciais e consolidados																																																													

10.4.17 Profissionais Responsáveis pela Elaboração do Programa ou Projeto

A elaboração deste programa é de responsabilidade da equipe técnica da Themag Engenharia, sob coordenação da geóloga Marilda Tressoldi (CREA 0600581382 e sub-coordenação dos geólogos Luiz Fernando Roldan (CREA 5062130080) e Talita Muzzi (CREA 5062474596).

10.4.18 Referências Bibliográficas

ABGE (Associação Brasileira de Geologia de Engenharia). 1999. Manual de Sondagens. Boletim nº 3, 4ª edição. São Paulo.

ABGE (Associação Brasileira de Geologia de Engenharia). 1975. Ensaio de Perda d'Água sob Pressão - Diretrizes, Boletim nº 02. São Paulo.

ABGE (Associação Brasileira de Geologia de Engenharia). Ensaio de permeabilidade em solos. Orientações para sua execução no campo. 3ª ed. São Paulo, 1996.

Tressoldi, M., Celestino, T. B., Costa, S. M., Vincenzo Jr. M.C.. Caracterização hidrogeológica e hidrogeotécnica de basaltos fraturados através de ensaios tridimensionais – O exemplo de Porto Primavera. 6 CBGE IX COBRAMSEF. Salvador, 1990. Vol 1, pg 79-86.

Tressoldi, M. Uma contribuição à caracterização de maciços rochosos fraturados visando a proposição de modelos para fins hidrogeológicos e hidrogeotécnicos.. Dissertação de mestrado apresentada ao Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. 1991, 291 p.

Tressoldi, M. Tensores de Condutividade hidráulica em aluvião e em Arenito Caiuá. 7 Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia. Poços de Caldas, 1993. vol 1, p.297-307.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6484 – Solo – Sondagens de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaios – Comitê Brasileiro de Construção Civil. 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7181 – Solo – Análise Granulométrica. Comitê Brasileiro de Construção Civil. Versão corrigida 1988.

10.4.19 Anexos

ANEXO 1 – Localização dos levantamentos topográficos e geofísicos, sondagens e piezômetros na escarpa da Caverna Kararaô.

ANEXO 1

Localização dos levantamentos topográficos e geofísicos, sondagens e piezômetros na
escarpa da Caverna Kararaô

