

## **PROJETO BÁSICO AMBIENTAL – UHE SÃO MANOEL**

### **Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais Sujeitas a Processos Erosivos**

| <b>CONTROLE DE REVISÃO</b> |                |             |
|----------------------------|----------------|-------------|
| <b>CÓDIGO</b>              | <b>REVISÃO</b> | <b>DATA</b> |
| P00.SM-007/14              | 00             | 30/01/2014  |
| P00.SM-007/14              | 01             | 30/04/2014  |
| P00.SM-007/14              | 02             | 08/10/2014  |

## **PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA ESTABILIDADE DAS ENCOSTAS MARGINAIS SUJEITAS A PROCESSOS EROSIVOS**

### **SUMÁRIO**

|       |                                                                                                           |    |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 7     | PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA ESTABILIDADE DAS ENCOSTAS<br>MARGINAIS SUJEITAS A PROCESSOS EROSIVOS .....   | 1  |
| 7.1   | Justificativa .....                                                                                       | 1  |
| 7.2   | Objetivos .....                                                                                           | 3  |
| 7.3   | Metas .....                                                                                               | 3  |
| 7.4   | Base Legal e Normativa .....                                                                              | 3  |
| 7.5   | Área de Abrangência do Programa .....                                                                     | 5  |
| 7.6   | Metodologia / Atividades a serem Desenvolvidas.....                                                       | 5  |
| 7.6.1 | Levantamento Bibliográfico .....                                                                          | 5  |
| 7.6.2 | Geoprocessamento, Fotointerpretação e Preparo de Mapas Base .....                                         | 6  |
| 7.6.3 | Mapeamento de Geológico-geotécnico e Caracterização dos Processos de<br>Instabilização das Encostas ..... | 6  |
| 7.6.4 | Investigações .....                                                                                       | 11 |
| 7.6.5 | Acompanhamento e Interpretação dos Resultados das Investigações.....                                      | 11 |
| 7.6.6 | Estudo e Análise das Medidas de Proteção das Encostas Marginais.....                                      | 12 |
| 7.6.7 | Inspeções, Levantamentos e Leitura de Instrumentos .....                                                  | 12 |
| 7.6.8 | Monitoramento das Condições de Erosão e Estabilidade das Encostas<br>Marginais .....                      | 13 |
| 7.7   | Indicadores .....                                                                                         | 14 |
| 7.8   | Produtos .....                                                                                            | 14 |
| 7.9   | Interface com outros Planos e Programas.....                                                              | 15 |
| 7.10  | Parcerias Recomendadas .....                                                                              | 16 |
| 7.11  | Equipe Técnica Envolvida .....                                                                            | 16 |
| 7.12  | Referências Bibliográficas .....                                                                          | 16 |
| 7.13  | Cronograma Físico.....                                                                                    | 16 |

## **7 PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA ESTABILIDADE DAS ENCOSTAS MARGINAIS SUJEITAS A PROCESSOS EROSIVOS**

### **7.1 Justificativa**

O Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais Sujeitas a Processos Erosivos foi elaborado com base no Estudo de Impacto Ambiental – EIA da UHE São Manoel (EPE/LEME-CONCREMAT, 2010) e nos Pareceres Técnicos PAR. 004510/2013 – COHID/IBAMA, de 02 de maio de 2013 e PAR. 007109/2013 – COHID/IBAMA, de 05 de novembro de 2013, que apresentam a análise técnica do EIA-RIMA e complementações advindas da análise do referido parecer e documentos entregues nas Audiências Públicas, com a finalidade de concluir sobre a viabilidade ambiental da UHE São Manoel.

O presente Programa atende às condicionantes 2.1 e 2.31 (a), (b) e (c) da Licença Prévia Nº 473/2013, de 29 de novembro de 2013 e as recomendações técnicas presentes no Parecer 2478/2014 COHID/IBAMA, conforme mencionado na Licença de Instalação Nº 1017/2014, item 2.2.

É de conhecimento técnico que a formação de reservatórios de empreendimentos hidrelétricos pode acarretar o aparecimento de processos erosivos e de movimentos de massa, tanto de materiais terrosos quanto rochosos, pela ação de uma série de agentes predisponentes que se caracterizam pelo conjunto de condições geológicas, geomorfológicas, hidrogeológicas, cobertura vegetal e de ação antrópica que caracterizam determinada região.

A ação de embate de ondas em taludes marginais, geralmente íngremes e caracterizados, principalmente, por materiais aluvionares e de solos de alteração de textura silto-arenosa acarretam o aparecimento de erosões significativas. Além disso, a formação de um reservatório pode ocasionar a aceleração ou a reativação de processos erosivos devido à elevação do lençol freático e aparecimento de surgências d'água nas paredes das erosões pré-existentes.

Em relação aos processos de movimentos de massa, a submersão parcial das encostas, a elevação e variações do nível freático e os efeitos de onda propiciam o desenvolvimento de novos processos ou a reativação de outros já instalados, dependendo das características geológico-geotécnicas dos materiais que compõem as referidas encostas, sejam de composição terrosa ou rochosa.

Adicionalmente, vale destacar que todos estes processos associados podem acarretar o aparecimento de problemas de assoreamento do próprio reservatório, afetando a plena operabilidade da usina hidrelétrica.

No diagnóstico ambiental do Estudo de Impacto Ambiental – EIA da UHE São Manoel, foram identificados e avaliados os principais processos e mecanismos potenciais de instabilização das encostas marginais, bem como avaliado o grau de suscetibilidade

dessas encostas a esses processos/mecanismos, a partir dos principais condicionantes geológico-geotécnicos, estruturais, de relevo e de uso e ocupação do solo (EIA/RIMA Volume 2, capítulo V). Vale destacar que os estudos para definição dos graus de suscetibilidade à erosão, levaram em conta a análise integrada dos condicionantes geológico-geomorfológicos e pedológicos existentes na AI.

Conforme observado no diagnóstico ambiental, geologicamente quase todo o perímetro do reservatório é composto por rochas da Suíte Colíder, caracterizadas por riolitos e microgranitos muito fraturados que estão aflorando na forma de lajeados e blocos *in situ* ou recobertos por argissolos.

Geomorfologicamente verifica-se que os terrenos na margem direita do futuro reservatório da UHE São Manoel apresentam um relevo mais acentuado, com ocorrência de cristas, colinas e morrotes, formas estas comumente rochosas, e relevos com topos planos (superfícies tabulares residuais e patamares). Alternados com essas áreas mais proeminentes, ocorrem, em trechos restritos, as vertentes mais suaves e as superfícies onduladas, onde podem ser encontradas formações coluviais. Já na margem esquerda do reservatório predominam as áreas onduladas, onde os relevos residuais tabulares, as colinas e os morrotes têm vertentes menos íngremes do que aquelas que ocorrem na margem direita. Praticamente em todo o entorno do futuro reservatório é observada uma expressiva cobertura vegetal, protegendo os solos dos processos erosivos, não havendo, portanto, intensa ação antrópica em suas margens.

Considerando essas características físicas e de cobertura vegetal, os possíveis processos de instabilização que podem vir a ocorrer estão relacionados a movimentos de massa caracterizados como escorregamentos em solos de alteração e a queda e rolamento de blocos. Trata-se, portanto, de rastejos e escorregamentos em depósitos coluviais e escorregamentos e deslocamentos rochosos, caracterizados como queda de blocos, condicionados pelas estruturas do maciço rochoso.

Conforme apresentado no Estudo de Impacto Ambiental – EIA da UHE São Manoel (EPE/LEME-CONCREMAT, 2010 - Volume 5, Capítulo VII), a margem direita do reservatório apresenta maiores extensões de trechos com alta suscetibilidade aos processos de instabilização (26,67 km) quando comparados com aqueles da margem esquerda (2,33 km). Considerando o predomínio de cristas e morrotes rochosos na margem direita, os processos de instabilização com maior possibilidade de ocorrência são a queda de blocos. Ainda na margem direita, na porção mediana do reservatório, trecho compreendido entre as ilhas da Perdição e Itaiçi, os processos de instabilização caracterizados como de alto grau estão localmente relacionados a escorregamentos em solos coluviais e em cones de detritos com altas declividades. Já na margem esquerda predominam os terrenos com baixa suscetibilidade aos processos de instabilização das encostas devido, principalmente, às baixas declividades. Os poucos trechos com alta suscetibilidade estão associados à presença de cristas rochosas com propensão à queda de blocos.

Os processos erosivos poderão ser intensificados logo a jusante do barramento, nas faixas marginais, em razão da ação da água desprovida de carga sólida efluente e pela

velocidade que a mesma é descarregada tanto pela Casa de Força quanto pela estrutura do Vertedouro. No entanto, a partir da foz do rio Apiacás, não é esperada intensificação destes processos, devido a mudanças do arcabouço geológico e morfologia fluvial – passagem de domínio de rochas graníticas para areníticas e o rio deixando de ser encaixado e passando a ser mais largo, ou seja, com suas águas apresentando menores velocidades de escoamento.

Diante de todas as possibilidades levantadas, das possíveis ocorrências 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, destaca-se que a implementação do presente Programa é considerada de grande importância para assegurar a integridade das encostas marginais da UHE São Manoel.

## **7.2 Objetivos**

O Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais tem como objetivo fundamental a caracterização e identificação, de forma pormenorizada, das condicionantes, processos e mecanismos de instabilização das encostas marginais do reservatório, bem como de trechos a jusante do barramento da UHE São Manoel. Ademais, deve permitir a determinação dos graus de suscetibilidade 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 sobre as mesmas.

Adicionalmente, o desenvolvimento do programa possibilitará a definição e proposição de medidas de proteção contra os processos ativos de instabilização e erosão identificados durante as atividades de monitoramento implantadas, possibilitando o estabelecimento de recomendações e detalhamentos de tratamentos de engenharia específicos para cada caso, nestes locais de alta suscetibilidade e de criticidade relevante.

## **7.3 Metas**

Como metas para este programa foram estabelecidas:

- Mapear 100% das margens do futuro reservatório;
- Monitorar todos os pontos críticos identificados e acompanhar o grau de suscetibilidade à ocorrência de processos de instabilização, assim como suas criticidades, em períodos antes e após o enchimento;
- Indicar medidas de prevenção para 100% das intervenções necessárias.

## **7.4 Base Legal e Normativa**

Do ponto de vista ambiental, destaca-se a Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012, a qual instituiu o Novo Código Florestal e conceituou as Áreas de Preservação Permanente como sendo: “área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas”.

No que se refere às Áreas de Preservação Permanente no entorno dos reservatórios, o Novo Código Florestal assim dispôs:

Art. 4º Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta Lei:

(...)

III - as áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento.

Cumprе ressaltar que este diploma legal inovou no ordenamento jurídico ambiental ao estipular um limite máximo e mínimo para a referida área de preservação permanente dos reservatórios, veja-se:

Art. 5º Na implantação de reservatório d'água artificial destinado a geração de energia ou abastecimento público, é obrigatória a aquisição, desapropriação ou instituição de servidão administrativa pelo empreendedor das Áreas de Preservação Permanente criadas em seu entorno, conforme estabelecido no licenciamento ambiental, observando-se a **faixa mínima de 30 (trinta) metros e máxima de 100 (cem) metros em área rural, e a faixa mínima de 15 (quinze) metros e máxima de 30 (trinta) metros em área urbana.**

Seguindo esta mesma linha, é importante abordar as Resoluções emitidas pelo CONAMA e vigentes à época da Lei nº 4.771/65, antigo Código Florestal, com as devidas ressalvas nas disposições que são contrárias ao novo diploma florestal, são elas: a Resolução CONAMA nº 303 de 20 de Março de 2002 que dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanentes - APPs de um modo geral; e a Resolução CONAMA nº 302, também de 20 de Março de 2002, que 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.

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 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.

Este programa tem como referencial legal ainda as disposições da Licença Prévia Nº473/2013, expedida pelo IBAMA em 29/11/2013, que estabelece em seu item 2.1 a necessidade de detalhar no Projeto Básico Ambiental (PBA) o Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais Sujeitas a Processos Erosivos, bem como especifica em seu item 2.31 as ações referentes ao Programa. Do mesmo modo serão observadas as disposições do IBAMA contidas nos Pareces emitidos para o empreendimento.

## **7.5 Área de Abrangência do Programa**

De acordo o Estudo de Impacto Ambiental – EIA da UHE São Manoel (EPE/LEME-CONCREMAT, 2010) e LP Nº473/2013 (item 2.31, c), as áreas objeto das ações do presente programa são aquelas das encostas marginais, assim como trechos a jusante do barramento, trechos do rio estrangulado pelo lançamento das ensecadeiras de primeira e segunda fase e ilhas centrais presentes no rio Teles Pires na área de influência do empreendimento.

Portanto, de maneira geral, o Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais e Processos Erosivos será implementado na Área Diretamente Afetada (ADA) e de Influência Direta (AID) da UHE São Manoel.

## **7.6 Metodologia / Atividades a serem Desenvolvidas**

Para que as ações previstas no Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais Sujeitas a Processos Erosivos sejam eficientes, será necessária a implantação de estudos e análises para a proposição de medidas mitigadoras a serem adotadas nas encostas marginais, caso sejam verificados processos ativos de instabilização e erosão. Estudos prévios já foram realizados no Estudo de Impacto Ambiental – EIA da UHE São Manoel (EPE/LEME-CONCREMAT, 2010 - Volume 5 – Capítulo VII – Página 59).

Apresentam-se a seguir, as atividades a serem realizadas no âmbito do Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais Sujeitas a Processos Erosivos.

### **7.6.1 Levantamento Bibliográfico**

Para o início do programa deverá ser realizado um levantamento bibliográfico de todos os dados e resultados obtidos durante a fase de elaboração do EIA/RIMA do empreendimento e das investigações geológico-geotécnicas executadas no âmbito do projeto básico de engenharia. Também serão considerados os dados relativos aos pontos

de monitoramento das encostas marginais da UHE Teles Pires, caso os mesmos estejam na área de abrangência deste Programa e sejam disponibilizados para consulta.

A partir dessas informações, deverá ser realizada uma análise e interpretação prévia de todas as características geológico-geotécnicas, geomorfológicas, hidrogeológicas e pedológicas já levantadas dos materiais terrosos e rochosos da região, para que se possa estabelecer uma definição preliminar das unidades geológico-geotécnicas existentes e os possíveis problemas de instabilização que possam se desenvolver na referida área.

### **7.6.2 Geoprocessamento, Fotointerpretação e Preparo de Mapas Base**

As atividades de imageamento e fotointerpretação de imagens de satélite, fotos aéreas, plantas de restituição aerofotogramétrica, modelos digitais do terreno e ortofotocartas serão realizadas inicialmente com a finalidade no preparo de mapas bases (topográficos e de declividade) para o desenvolvimento do presente Programa.

Adicionalmente, informa-se que esta atividade integrada com as informações obtidas nos levantamentos bibliográficos possibilitará o início da análise prévia dos estudos geológico-geotécnicos e dos processos de instabilização das encostas, que irão auxiliar nas atividades de campo a serem realizadas posteriormente.

Esta integração irá viabilizar a definição preliminar dos setores críticos de instabilização de encostas embasados nas características das unidades geológico-geotécnicas previamente definidas e que serão devidamente refinadas, a partir do detalhamento de campo que será realizado durante a execução das atividades de mapeamento geológico-geotécnico.

Além disso, nesta etapa do Programa, destaca-se a importância na elaboração do mapa de declividade das encostas que também auxiliará tanto nas atividades de mapeamento geológico-geotécnico, quanto na definição e caracterização dos processos de instabilização das encostas.

Após a etapa inicial, esta atividade continuará a ser desenvolvida durante todo o período de monitoramento do programa e consistirá principalmente na atualização periódica do mapa geológico-geotécnico gerado originalmente, em função da dinâmica intrínseca ao Programa, principalmente após a formação do reservatório do empreendimento.

Em função do que foi exposto, informa-se que esta atividade, em consonância com as atividades de mapeamento geológico-geotécnico e caracterização dos processos de instabilização das encostas, poderá efetuar ajustes e otimizações na área de abrangência indicada no item 7.4 (ADA/AID) para implantação do referido Programa.

### **7.6.3 Mapeamento de Geológico-geotécnico e Caracterização dos Processos de Instabilização das Encostas**

Os levantamentos de campo de superfície realizados no âmbito do mapeamento geológico-geotécnico compreendem a caracterização e identificação das unidades geológico-geotécnicas e dos processos de instabilização das encostas marginais (queda de blocos ou detritos, solapamento de margens, escorregamentos, rastejos, trincas, entre outros) para entendimento dos condicionantes e mecanismos destes processos, bem como do grau de suscetibilidade e criticidade da região estudada.

Os levantamentos de campo deverão ser prioritariamente iniciados nas áreas definidas, preliminarmente, como críticas na etapa anterior (7.5.2 Geoprocessamento, Fotointerpretação e Preparo de Mapas Base), levando-se em conta os graus de suscetibilidade à erosão definidos no EIA/RIMA para as unidades litológicas ocorrentes na região da ADA e AID. A caracterização também deverá levar em consideração possíveis áreas sujeitas a ações de ondas por ventos em regiões mais amplas do reservatório, mesmo considerando que a probabilidade de ocorrência desses eventos erosivos seja mínima.

Vale destacar que este primeiro levantamento de campo deverá contemplar um estudo mais detalhado das encostas marginais visando à definição e caracterização dos principais pontos e regiões suscetíveis aos processos de instabilização, assim como na execução e elaboração do mapa geológico-geotécnico da região em estudo com a identificação das unidades geológico-geotécnicas existentes. Os levantamentos de campo posteriores (inspeções relacionadas ao **item 7.5.7** deste relatório) deverão monitorar os pontos detectados no primeiro levantamento realizado, sendo que novos pontos de controle podem ser incorporados ao programa dependendo destas vistorias, sendo que o mapa geológico-geotécnico original deverá ser continuamente atualizado com estas novas informações.

Os pontos de inspeção de campo deverão ser identificados (letra e número), plotados em mapas 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. Ressalta-se que a elaboração de um acervo fotográfico é de grande importância para avaliação dos processos erosivos ao longo do tempo.

Vale ressaltar que pontos de controle de erosão deverão ser definidos, obrigatoriamente, nas ilhas centrais existentes no rio Teles Pires, assim como na região próxima e de influência do eixo da UHE São Manoel, principalmente durante a fase de construção das enseadeiras do empreendimento, conforme estabelecido na condicionante 2.31 (b) e (c) da Licença Prévia N° 473/2013, de 29/11/2013.

No Estudo de Impacto Ambiental – EIA da UHE São Manoel (EPE/LEME-CONCREMAT, 2010 - Volume 2, Capítulo V, Páginas 158-164) é apresentado o estudo de Suscetibilidade à Erosão dos Terrenos (item 2.8), onde são definidas as condicionantes relacionadas ao tipo geológico-geomorfológico e pedológico.

A classificação final dos graus estabelecidos pelas condicionantes supracitadas é apresentada no **Quadro 7 - 1**.

**Quadro 7 - 1 – Classificação final dos graus de suscetibilidade à erosão**

| CONDICIONANTE<br>GEOLÓGICO-<br>GEOMORFOLÓGICA | CONDICIONANTE<br>PEDOLÓGICA  | CLASSIFICAÇÃO<br>FINAL<br>GRAU DE<br>SUSCETIBILIDADE |
|-----------------------------------------------|------------------------------|------------------------------------------------------|
| Planície fluvial/Aluvião                      | Plintossolos Hápicos         | Alto                                                 |
| Planície fluvial/Aluvião                      | Argissolos Vermelho-Amarelos | Alto                                                 |
| Depressão Interplanáltica/<br>Biotita granito | Argissolos Vermelho-Amarelos | Médio                                                |
| Depressão Interplanáltica/<br>Riolitos        | Argissolos Vermelho-Amarelos | Médio                                                |
| Depressão Interplanáltica/<br>Arenitos        | Neossolos Litólicos          | Alto                                                 |
| Planalto Dissecado/ Riolitos                  | Argissolos Vermelho-Amarelos | Médio                                                |
| Planalto Dissecado/ Biotita<br>granito        | Argissolos Vermelho-Amarelos | Alto                                                 |
| Planalto dos Apiacás/<br>Arenitos             | Neossolos Litólicos          | Muito Alto                                           |

Fonte: EIA UHE São Manoel (EPE/LEME-CONCREMAT, 2010)

Através dessas análises, o grau de suscetibilidade dos terrenos da UHE São Manoel (AII, AID e ADA) foi classificado como médio, alto e muito alto, sendo 70% médio e 30% alto e muito alto, como indicados no EIA UHE São Manoel (EPE/LEME-CONCREMAT, 2010) e confirmados pela condicionante 2.31 (a) da LP Nº473/2013, de 29/11/2013.

A partir dos dados apresentados, tem-se para a área de abrangência (ADA/AID) para a implementação da atividade de mapeamento geológico-geotécnico do Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais e Processos Erosivos, representada pela **Figura 7 - 1**: 80% da área total classificada como de médio grau de suscetibilidade à erosão, sendo que a área restante, correspondente a 20% do total, classificada como de alto a muito alto grau de suscetibilidade à erosão.

Entretanto, vale destacar que a região de encostas marginais que será efetivamente monitorada no âmbito deste Programa, abrangerá basicamente as margens do rio Teles Pires e tributários compreendendo a maior parte da Área Diretamente Afetada, com exceção do canteiro de obras contemplado pelo PAC (integração de dados entre programas e planos), e uma parte mais restrita da Área de Influência Direta. Acrescenta-se que, de acordo com o Parecer 2478/2014 COHID/IBAMA, página 47, o trecho compreendido entre a foz do Rio Apiacás e a foz do rio São Benedito será monitorado por este Programa. Observa-se na **Figura 7 - 1**, que a referida região de encostas marginais, a ser efetivamente monitorada, se caracteriza por terrenos de médio a alto grau de suscetibilidade à erosão, sendo que a região classificada com alto grau de suscetibilidade à erosão (cor vermelha) encontra-se afastada desta região de interesse, estando sobre influência da implantação do canteiro de obras da UHE São Manoel e, portanto, está inserida no âmbito do PAC.

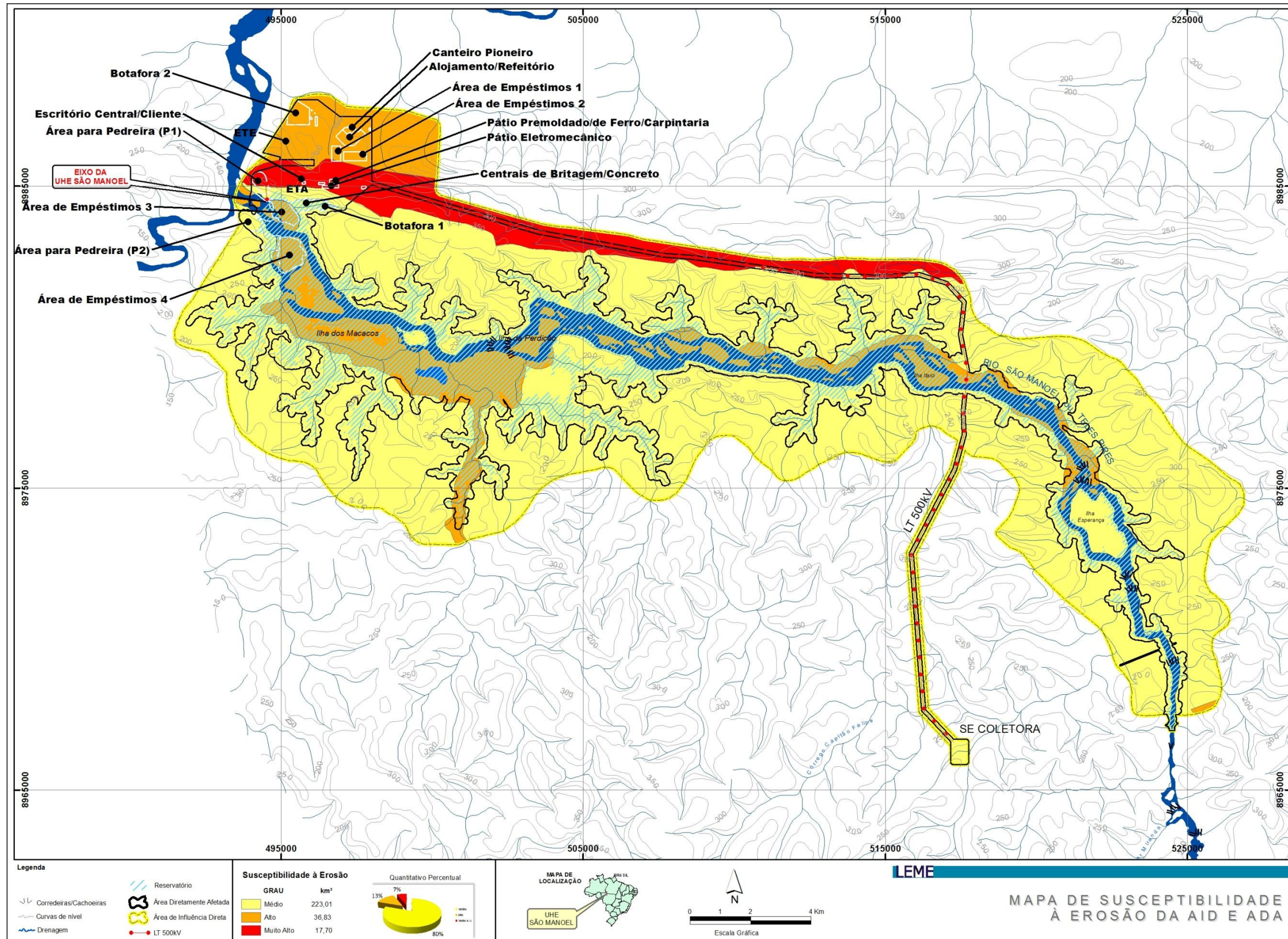


Figura 7 - 1 – Mapa de Susceptibilidade à Erosão ADA/AID UHE São Manoel.

#### **7.6.4 Investigações**

A realização de levantamentos topográficos planialtimétricos de detalhe, em escala 1:1.000 e 1:2.000, e execução de sondagens manuais e mecânicas (incluindo trados, poços de inspeção e sondagens a percussão) poderão ser realizados para os pontos de controle classificados como críticos durante a fase de mapeamento geológico-geotécnico.

Caso necessário, em encostas de elevada suscetibilidade à instabilização poderão ser coletadas amostras para execução de ensaios de laboratório de caracterização (granulometria, limites de Atterberg, massa específica e umidade).

Os pontos de controle críticos a serem monitorados e analisados, serão especificados durante as campanhas de campo realizadas (mapeamento geológico-geotécnico e dos monitoramentos periódicos) no âmbito deste Programa, conforme necessidade indicada. Eventualmente, em pontos de maior criticidade, a avaliação de campo poderá indicar a necessidade de implantação de monitoramentos mais específicos, como instalação de medidores de nível d'água para monitoramento do lençol freático ou instalação de referências visuais (estacas) para controle dos processos instabilizatórios mais críticos.

Para a realização das investigações de campo, serão considerados os procedimentos metodológicos, especificações e padrões normativos aplicáveis.

Em relação às áreas de empréstimo, alojamentos, canteiro industrial, bota-fora, vias de acesso e outras regiões relacionadas às obras que estão situadas predominantemente em áreas de alta suscetibilidade à erosão, conforme pode ser visualizado na **Figura 7 - 1**, o presente Programa irá trabalhar de forma conjunta ao PAC. Destacando-se que atividades de controle dos processos erosivos das obras civis não estão contempladas no escopo do Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais Sujeitas a Processos Erosivos que concentrará suas atividades prioritariamente nas margens do rio Teles Pires e tributários, abrangendo tanto a ADA quanto AID.

#### **7.6.5 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 a integração com os dados e resultados obtidos no presente Programa com outros programas, tais como: Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas, Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico e Programa de Monitoramento Climatológico.

Deverá ser efetuada, quando necessária, a determinação de outros locais/setores críticos e sua ordenação segundo uma escala de prioridades para o monitoramento e estudos de medidas de proteção. 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.

#### **7.6.6 Estudo e Análise 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 que podem ocorrer, tanto antes quanto após o enchimento do reservatório.

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, retaludamento, 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. O tipo e a natureza da ocorrência da instabilização da encosta observada deverá definir o tipo de tratamento a ser estabelecido.

Para eventuais casos de constatação de edificações em locais de alto risco de criticidade, devido à elevação do reservatório, poderão ser recomendadas medidas de desapropriação e de remoção dos seus ocupantes, sendo que para cada caso específico deverá ser feito um estudo geotécnico detalhado com a elaboração de um laudo descritivo do ponto em questão.

#### **7.6.7 Inspeções, Levantamentos e Leitura de Instrumentos**

Deverão ser efetuadas inspeções semestrais sobre as condições de erosão e de instabilidade das encostas marginais, sendo uma delas obrigatoriamente ao final da estação chuvosa, sendo que esta periodicidade deverá passar para trimestral durante o período de um ano, logo após o enchimento do reservatório e início de operação da

usina. Passado um ano do enchimento e início de operação da usina, a periodicidade das inspeções deve voltar para frequência semestral, por mais 3 anos.

Também deverão ser realizadas inspeções específicas 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 criticidade, conforme os indicadores apresentados no Programa de Monitoramento da Sismicidade. Essas inspeções devem ser realizadas em todas as áreas definidas no Programa, a fim de verificar a surgência de novos processos em regiões que, anteriormente ao reservatório, apresentavam média suscetibilidade.

As bases de trabalho para as inspeções a serem efetuadas são os mapas topográficos, batimétricos e geológico-geotécnicos disponíveis ou específicos, elaborados nas atividades caracterizadas no **item 7.5.2** (Geoprocessamento, Fotointerpretação e Preparo de Mapas Base) deste programa. Todas as inspeções deverão ser adequadamente realizadas, sendo que os pontos de controle observados deverão ser devidamente georreferenciados e acompanhados por fichas descritivas e fotos ilustrativas atualizadas a cada campanha de campo executada (atualização do mapa geológico-geotécnico da região).

As inspeções deverão ser acompanhadas, quando necessário, de levantamentos topográficos e topobatimétricos para acompanhamento e monitoramento da evolução ao longo do tempo de encostas suscetíveis ao surgimento ou reativação de processos erosivos ou instabilizatórios.

Nas 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 e 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. Deve-se atentar para áreas desmatadas que possam aparecer na região, assim como possíveis áreas garimpeiras localizadas nas margens do rio Teles Pires.

#### **7.6.8 Monitoramento das Condições de Erosão e Estabilidade das Encostas Marginais**

O monitoramento das condições de erosão e de estabilidade das encostas marginais será implantado, através da análise dos resultados obtidos com a execução e desenvolvimento de todas as atividades previstas para o presente Programa. Em função desta premissa, esta atividade será executada durante a etapa de implantação das obras, da fase de enchimento e formação do reservatório e durante a etapa inicial de operação da UHE São Manoel. O monitoramento deve ser iniciado 2 anos antes do enchimento do reservatório e deve se estender por mais 4 anos, englobando tanto o período propriamente dito do enchimento, quanto o período após a formação do reservatório do

empreendimento, totalizando 6 anos consecutivos de monitoramento. Quatro anos após o enchimento, o Ibama reavaliará quais ações ainda serão necessárias (Parecer 2478/2014 COHID/IBAMA, p. 47 e 121).

Portanto, a análise dos resultados prevista nesta atividade fornecerá informações sobre as condições de erosão e de estabilidade das encostas marginais, antes, durante e após o enchimento do reservatório, além de possibilitar a avaliação e determinação de possíveis medidas de controle e proteção a serem adotadas de forma eficiente, caso sejam necessárias, contra os processos instabilizatórios instalados (detalhamento de tratamentos de estabilidade de encostas), principalmente após o enchimento do reservatório e início de operação da usina. Sendo que medidas complementares também poderão ser sugeridas, caso estas análises indiquem tal necessidade.

Adicionalmente, o monitoramento fornecerá subsídios técnicos para adoção de medidas de proteção de encostas que sofram risco de instabilização em função da elevação do lençol freático da região após o enchimento do reservatório. Possibilitará também a elaboração de mapas de monitoramento de áreas de risco ambiental, baseados no mapeamento geológico-geotécnico executado, onde serão identificados os locais (através de pontos de controle) com maior propensão ao aparecimento e desenvolvimento de processos instabilizatórios.

## **7.7 Indicadores**

São adotados os seguintes indicadores de desempenho para este programa:

- Número de pontos identificados para o monitoramento;
- Percentual de monitoramento dos pontos críticos identificados;
- Número das intervenções necessárias para estabilização das encostas marginais.

## **7.8 Produtos**

A caracterização das atividades implementadas, assim como a análise e interpretação dos dados e resultados obtidos ao longo do Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais Sujeitas a Processos Erosivos serão apresentados para avaliação do IBAMA na forma de relatórios técnicos com frequência semestral, caracterizando de forma consistida a atividade do **item 7.5.8** (Monitoramento das Condições de Erosão e Estabilidade das Encostas Marginais).

Vale destacar, que serão gerados diversos produtos, de acordo com as atividades previstas em cada atividade deste programa que são apresentados de forma objetiva e resumida no **Quadro 7 - 2**.

## Quadro 7 - 2 – Quadro Resumo dos produtos gerados

| RESUMO DOS PRODUTOS GERADOS PARA CADA ATIVIDADE INERENTE AO PROGRAMA                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 - Levantamento Bibliográfico                                                                    | Relatório descritivo interno com a caracterização geológico-geotécnica, pedológica, hidrogeológica e geomorfológica da região de interesse baseado em trabalhos já existentes                                                                                                                                  |
| 2 - Geoprocessamento, Fotointerpretação e Preparo de Mapas Base                                   | Elaboração de mapas base (topográficos e declividade), mapa geológico-geotécnico, modelo digital do terreno, entre outros produtos relacionados ao geoprocessamento                                                                                                                                            |
| 3 - Mapeamento Geológico-geotécnico e Caracterização dos Processos de Instabilização das Encostas | Relatório descritivo interno contendo a caracterização dos processos de instabilização de encostas (descrição dos pontos de controle) e o mapa geológico-geotécnico da região da ADA/AID baseado nas atividades de campo.                                                                                      |
| 4 - Investigações                                                                                 | Atividades essencialmente de campo que deverão ser caracterizadas de acordo com sua evolução através de relatórios descritivos periódicos, conforme cronograma do Programa.                                                                                                                                    |
| 5 - Acompanhamento e Interpretação dos Resultados das Investigações                               | Relatórios parciais contendo a compilação das atividades de investigações que englobam as atividades anteriores.                                                                                                                                                                                               |
| 6 - Estudo e Análise de Medidas de Proteção das Encostas Marginais                                | Desenhos de projeto das medidas de proteção e relatório descritivo dos pontos a serem implementadas estas medidas.                                                                                                                                                                                             |
| 7 - Inspeções, Levantamentos e Leituras de Instrumentos                                           | Relatórios parciais semestrais contendo caracterização e atualização contínua dos pontos de monitoramento e do mapa geológico-geotécnico. Relatórios parciais trimestrais por 1 ano durante e logo após o enchimento do reservatório, posteriormente volta dos relatórios parciais semestrais por mais 3 anos. |
| 8 - Monitoramento das Condições de Erosão e Estabilidade das Encostas Marginais                   | Elaboração de Relatórios Semestrais com todos os resultados e dados obtidos nas atividades anteriores que deverão ser encaminhados ao IBAMA.                                                                                                                                                                   |

### 7.9 Interface com outros Planos e Programas

Avaliando todos os programas ambientais previstos para o PBA da UHE São Manoel, de forma integrada, com os objetivos estabelecidos para o Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais Sujeitas a Processos Erosivos verifica-se que o mesmo terá interface com os seguintes programas e planos:

- Plano Ambiental para Construção – PAC;
- Programa de Implantação da Área de Preservação Permanente do Reservatório – APP;
- Programa de Recomposição Florestal;
- Plano Ambiental de Conservação e Uso do Entorno de Reservatório Artificial – PACUERA;
- Programa de Monitoramento de Águas Subterrâneas;
- Programa de Monitoramento da Sismicidade;

- Programa de Acompanhamento das Atividades Minerárias;
- Programa de Monitoramento Climatológico;
- Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico.

#### **7.10 Parcerias Recomendadas**

Recomenda-se para o presente Programa a busca de parcerias com os futuros empreendedores da AHE Foz do Apicás e da UHE Teles Pires que se localizam respectivamente a jusante e a montante da UHE São Manoel.

#### **7.11 Equipe Técnica Envolvida**

A equipe técnica para o presente Programa deve ser constituída por profissionais na área de Geologia, Engenharia e Geotecnia.

Caso se verifique a necessidade durante o desenvolvimento do programa, deverão ser contratados demais profissionais para a execução de atividades específicas.

#### **7.12 Referências Bibliográficas**

Estudo de Impacto Ambiental – EIA - Usina Hidrelétrica São Manoel – EPE, LEME/CONCREMAT 2010.

Estudo de Impacto Ambiental – EIA - Usina Hidrelétrica de Teles Pires – EPE, 2010.

Manual de Segurança e Inspeção de Barragens – Ministério da Integração Nacional/Secretaria de Infraestrutura Hídrica – PROÁGUA/SEMI-ÁRIDO (UGPO)/Departamento de Projetos e Obras Hídricas (DPOH), Brasília (DF), julho/2002.

NBR 16682 – Estabilidade de Taludes, ABNT, 2009.

Projeto Básico Ambiental da UHE Teles Pires – “Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais Sujeitas a Processos Erosivos”. Versão Final 2011.

Projeto Básico Ambiental da UHE Belo Monte – “Planos, Programas e Projetos”. Versão Final 2011. Volume IV, pg 52-118.

#### **7.13 Cronograma Físico**

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

