

SUMÁRIO – 10.3 PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA ESTABILIDADE DAS ENCOSTAS MARGINAIS E PROCESSOS EROSIVOS

| | |
|--|---------|
| 10.3. PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA ESTABILIDADE DAS ENCOSTAS MARGINAIS E PROCESSOS EROSIVOS..... | 10.3-1 |
| 10.3.1. ANTECEDENTES..... | 10.3-1 |
| 10.3.2. EVOLUÇÃO DAS ATIVIDADES..... | 10.3-2 |
| 10.3.2.1. CRONOGRAMA GRÁFICO..... | 10.3-3 |
| 10.3.3. RESULTADOS E AVALIAÇÃO..... | 10.3-5 |
| 10.3.3.1. GEOPROCESSAMENTO, FOTOINTERPRETAÇÃO E PREPARO DE MAPAS BASE..... | 10.3-5 |
| 10.3.3.2. INVESTIGAÇÕES E INSTALAÇÃO DE MONITORES..... | 10.3-6 |
| 10.3.3.2.1. INVESTIGAÇÕES DE CAMPO E ENSAIOS LABORATORIAIS | 10.3-6 |
| 10.3.3.3. INSTALAÇÃO DE MONITORES..... | 10.3-14 |
| 10.3.3.4. MAPEAMENTO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO E CARACTERIZAÇÃO DOS PROCESSOS DE INSTABILIZAÇÃO DAS ENCOSTAS..... | 10.3-15 |
| 10.3.3.5. INSPEÇÕES, LEVANTAMENTOS E LEITURA DOS INSTRUMENTOS..... | 10.3-17 |
| 10.3.3.6. ACOMPANHAMENTO E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS DAS INVESTIGAÇÕES..... | 10.3-18 |
| 10.3.3.7. FATORES DE RISCO: CARTA DE ERODIBILIDADE DA AID DA UHE BELO MONTE..... | 10.3-19 |
| 10.3.3.8. FENÔMENOS OBSERVADOS AO LONGO DOS PONTOS VISTORIADOS..... | 10.3-20 |
| 10.3.3.9. ESTUDO DAS MEDIDAS DE PROTEÇÃO DAS ENCOSTAS MARGINAIS..... | 10.3-25 |
| 10.3.4. EQUIPE RESPONSÁVEL PELA IMPLEMENTAÇÃO NO PERÍODO..... | 10.3-29 |
| 10.3.5. ANEXOS..... | 10.3-30 |

10.3. PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA ESTABILIDADE DAS ENCOSTAS MARGINAIS E PROCESSOS EROSIVOS

10.3.1. ANTECEDENTES

A implantação do Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais e Processos Erosivos se faz necessário na região de influência direta do empreendimento devido aos impactos que podem ser causados pela formação dos reservatórios do Xingu e Intermediário. Estes impactos podem ocasionar o desenvolvimento de processos de movimentos de massa devido ao embate das ondas nas margens dos reservatórios em aluviões ou solos de alteração de textura silto arenosa, assim como devido à elevação do lençol freático e aparecimento de surgências d'água nos taludes da região afetada.

No escopo deste programa devem-se considerar as possibilidades de alteração na circulação das águas subterrâneas, de ocorrência de surgências d'água em discontinuidades pré-existentes e desenvolvimento ou surgimento de processos de *pipping* em cavidades e feições subterrâneas areníticas decorrentes da elevação do lençol freático acarretada pela formação dos reservatórios da UHE Belo Monte.

Durante o primeiro semestre de 2012 foram desenvolvidas as atividades de geoprocessamento caracterizadas pelo processamento e interpretação de imagens de satélite, fotos aéreas, de plantas de restituição aerofotogramétrica e ortofotocartas e de levantamentos topográficos, além de modelos digitais do terreno. A partir destes processamentos, foram confeccionados os mapas base que subsidiaram os mapeamentos geológico-geotécnico e pedológico da AID.

Fundamentada na análise conjunta de documentos cartográficos, que representam o meio físico da AID, foi elaborada metodologia para a confecção do Mapa de Erodibilidade Potencial, que teve como principal objetivo delimitar áreas suscetíveis aos fenômenos erosivos na região.

O Mapa de Erodibilidade Potencial foi confeccionado com o cruzamento/integração de dados e apresentou a potencialidade de ocorrência de processos erosivos, oferecendo subsídios para as inspeções a serem realizadas trimestralmente. Este mapa apresentou o risco potencial ou suscetibilidade das áreas ao desenvolvimento de processos erosivos, mas não o risco efetivo o qual é definido a partir das inspeções de campo. Ressalta-se que o referido mapa será atualizado com os resultados dos ensaios geotécnicos laboratoriais que se encontram em desenvolvimento.

Foram realizados mapeamento geológico e pedológico da AID da UHE Belo Monte para definição de unidades geológicas, pedológicas e geotécnicas (o detalhamento dessas atividades, bem como os mapas gerados, foram apresentados no 2º Relatório Consolidado).

As investigações foram realizadas sondagens a trado mecanizado cujos resultados auxiliaram na definição dos perfis de solo durante a etapa de mapeamento.

A primeira Inspeção Trimestral foi realizada em maio de 2012, sendo visitados trechos do Reservatório Intermediário situados ao longo das estradas marginais da região (áreas prioritárias 1, 2 e 3 conforme definido no PBA). Visitou-se também a região do Reservatório principal da barragem e do trecho de jusante da Casa de Força Principal, ao longo do perímetro de borda do (futuro) lago e da saída de água do canal, na região da AID da UHE Belo Monte.

10.3.2. EVOLUÇÃO DAS ATIVIDADES

O Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais e Processos Erosivos vem sendo desenvolvido de acordo com o cronograma discutido e aprovado junto ao IBAMA (conforme Ofício Nº 411/2012 COHID/CGENE/DILIC/IBAMA, de 12 de julho de 2012). Neste cronograma ficou determinado que todas as atividades programadas no PBA original seriam antecipadas.

Durante o segundo semestre de 2012 foi confeccionado o mapa geológico-geotécnico da AID e executadas as coletas de amostras indeformadas, as quais foram encaminhadas para realização de ensaios geotécnicos laboratoriais e início do levantamento geofísico complementar, sendo suas metodologias apresentadas no item 10.3.3.

De acordo com o previsto, foram realizadas 2 Inspeções Trimestrais (uma em agosto/12 e outra em novembro/12), sendo apresentadas neste documento as descrições dos pontos visitados (georreferenciados) durante o segundo semestre de 2012, com apresentação de documentação fotográfica e resumo das características geológicas, pedológicas e de risco qualitativo ao desenvolvimento de futuros processos erosivos ou à continuidade dos já instalados. Estas inspeções deram continuidade aos serviços iniciados no primeiro semestre de 2012.

Foi realizada a integração das características técnicas apresentadas no PBA com as levantadas em campo durante as inspeções trimestrais. Assim sendo, alguns pontos foram acrescentados (basicamente os pontos ENC, sugeridos no PBA), dos quais alguns coincidem com pontos georreferenciados na primeira vistoria (denominados R, RI ou CS), sendo, portanto, descritos com as mesmas fotos características da situação atual.

Ressalta-se que alguns locais não puderam ser visitados na Inspeção Trimestral 2, devido a condição do rio Xingu, que se encontrava em época de vazante (baixo nível), impedindo o acesso. São eles: ENC07 a ENC12, ENC21, ENC23, ENC25, ENC40, ENC59 e R8, R15, R21, R32, R33, R34, R35, e R37. Já os pontos ENC01, 20 e 60 não puderam ser vistoriados devido à inexistência de estradas ou vias de acesso. Por fim, os pontos ENC32, R16, RI3 e CS2 foram modificados e descaracterizados, estando sem acesso previamente autorizado.

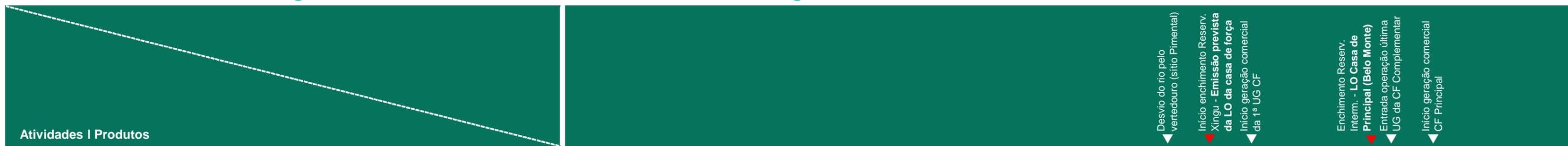
Durante a Inspeção Trimestral 3, devido ao impedimento de acesso os seguintes pontos não foram vistoriados: ENC41 a ENC44, RI1; RI2.

10.3.2.1. CRONOGRAMA GRÁFICO

A seguir ilustra-se o desenvolvimento das atividades no cronograma atual que foi aprovado junto ao IBAMA em março de 2012, sendo que as linhas com as lacunas atestadas em laranja o que foi estabelecido e proposto e as linhas com as lacunas preenchidas em amarelo o que já foi executado. Ademais, as lacunas amarelas hachuradas são as atividades previstas e ainda não executadas até o final do programa.

As atividades têm se desenvolvido normal e continuamente, sem qualquer tipo de adequação ou alteração a ser implantada.

PACOTE DE TRABALHO: 10.3 Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais e Processos Erosivos



| Item | Descrição | 2011 | | | | 2012 | | | | 2013 | | | | 2014 | | | | 2015 | | | | 2016 | | | |
|------|-----------|------|----|----|----|------|----|----|----|------|----|----|----|------|----|----|----|------|----|----|----|------|----|----|----|
| | | T1 | T2 | T3 | T4 |

CRONOGRAMA DO PACOTE DE TRABALHO

| Item | Descrição | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 |
|------|---|------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 10 | 10. PLANO DE ACOMPANHAMENTO GEOLÓGICO/GEOTÉCNICO E DE RECURSOS MI | | | | | | |
| 10.3 | 10.3 Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais e Processos Erosivos | | | | | | |
| 1 | Geoprocessamento, fotointerpretação e preparo de mapas base | | Realizado | Realizado | | | |
| 1 | Geoprocessamento, fotointerpretação e preparo de mapas base | | Realizado | Realizado | | | |
| 2 | Mapeamento geológico-geotécnico e caracterização dos processos e instabilização | | Realizado | Realizado | | | |
| 2 | Mapeamento geológico-geotécnico e caracterização dos processos e instabilização | | Realizado | Realizado | | | |
| 3 | Investigações e instalação de monitores | | Realizado | Realizado | | | |
| 3 | Investigações e instalação de monitores | | Realizado | Realizado | | | |
| 4 | Acompanhamento e interpretação dos resultados das investigações | | Realizado | Realizado | Realizado | Realizado | Realizado |
| 4 | Acompanhamento e interpretação dos resultados das investigações | | Realizado | Realizado | Realizado | Realizado | Realizado |
| 5 | Estudo das medidas de proteção das encostas marginais | | Realizado | Realizado | Realizado | Realizado | Realizado |
| 5 | Estudo das medidas de proteção das encostas marginais | | Realizado | Realizado | Realizado | Realizado | Realizado |
| 6 | Inspeções, levantamentos e leitura de instrumentos | | Realizado | Realizado | Realizado | Realizado | Realizado |
| 6 | Inspeções, levantamentos e leitura de instrumentos | | Realizado | Realizado | Realizado | Realizado | Realizado |
| 7 | Monitoramento das condições de erosão e de estabilidade das encostas marginais | | Realizado | Realizado | Realizado | Realizado | Realizado |
| 7 | Monitoramento das condições de erosão e de estabilidade das encostas marginais | | Realizado | Realizado | Realizado | Realizado | Realizado |
| 8 | Monitoramento das áreas revegetadas no âmbito o PRAD | | | | | | Realizado |
| 8 | Monitoramento das áreas revegetadas no âmbito o PRAD | | | | | | Realizado |
| 9 | Relatórios semestrais consolidados | | Realizado | Realizado | Realizado | Realizado | Realizado |
| 9 | Relatórios semestrais consolidados | | Realizado | Realizado | Realizado | Realizado | Realizado |

LEGENDA Linha de Base - Aprovação do IBAMA Realizado Previsto até fim do produto

10.3.3. RESULTADOS E AVALIAÇÃO

10.3.3.1. GEOPROCESSAMENTO, FOTOINTERPRETAÇÃO E PREPARO DE MAPAS BASE

Ressalta-se que apesar desta atividade estar indicada como concluída no cronograma do PBA, a mesma se desenvolverá continuamente por todo o período previsto no programa, pois é uma ferramenta fundamental na elaboração, confecção e atualização dos produtos gerados nas atividades de campo que são executadas, principalmente no que se refere ao mapa geológico-geotécnico da região de influência do empreendimento.

Durante o segundo semestre de 2012, foram desenvolvidas atividades para a confecção do mapa geológico-geotécnico **Anexo 10.3 – 3**, sendo que para tanto foi utilizado o Sistema Unificado de Classificação dos Solos – SUCS, descrito no **Anexo 10.3 - 2** (Metodologias Aplicadas). O **Quadro 10.3 - 1** apresenta as características utilizadas para a classificação geotécnica dos solos, bem como a classificação geotécnica utilizada no mapa geológico-geotécnico, sendo utilizada a classificação definida sem flocculante, isto é, com características naturais. Ressalta-se que outros ensaios geotécnicos específicos estão em andamento e de posse desses novos resultados o mapa geológico-geotécnico apresentado poderá ser atualizado.

Quadro 10.3 - 1 – Características utilizadas para a classificação geotécnica dos solos.

| CLASSES PEDOLÓGICAS | CLASSIFICAÇÃO GEOTÉCNICA - SUCS |
|--|--|
| Cambissolo Háptico Distrófico (Eutrófico): textura silto argilosa, com rochosidade comum e estrutura granular no horizonte A. Relevo ondulado a forte ondulado. | SM – baixa colapsividade e plasticidade, alta erodibilidade e baixa condutividade hidráulica. |
| Gleissolo Háptico Distrófico: textura argilosa, relevo plano. Material parental pelitos e aluviões silto-argilosos. | CH - solo altamente plástico com matéria orgânica no horizonte superficial, sujeito a inundação, condutividade hidráulica muito alta. |
| Latossolo Vermelho Distrófico: textura argilosa, com estrutura grumosa e granular nos horizontes superficiais. Há mancha de Latossolo Vermelho Perférico onde basaltos representam o material parental. Relevo suave ondulado. | SM1 – alta colapsividade, baixa plasticidade e erodibilidade moderada a alta quando submetido a fluxos concentrados. |
| Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico: textura arenosa, com estrutura grumosa nos horizontes superficiais. Material parental representado por arenitos diversos. Relevo suave ondulado. | SM2 – baixa colapsividade e plasticidade, erodibilidade alta quando submetido a fluxos concentrados. Elevada condutividade hidráulica. |
| Neossolo Flúvico - RY: textura arenosa a silto-argilosa, sem estruturação. Relevo plano. Material parental aluviões neógenos a quaternários. | ML – solo pouco plástico, não colapsível, com potencial de acumulação de matéria orgânica nos horizontes superficiais. |
| Neossolo Flúvico em associação com Neossolo | GP - baixa colapsividade, não plástico, |

| CLASSES PEDOLÓGICAS | CLASSIFICAÇÃO GEOTÉCNICA - SUCS |
|--|---|
| Litólico: relevo plano, e constantes exposições rochosas ao longo de áreas de ocorrência. Material parental representado por gnaisses do Complexo Xingu e aluviões. | alta erodibilidade e baixa condutividade hidráulica. Quando há pedregosidade a erodibilidade é atenuada. |
| Neossolo Quartzarênico: textura arenosa, sem estruturação. Relevo suave ondulado, material parental representado por arenitos das unidades basais da Bacia do Amazonas. | SP - extrema erodibilidade, baixa colapsividade, baixa plasticidade e elevada condutividade hidráulica em todo o perfil |
| Nitossolo Háplico eutrófico: textura argilosa a franca, estrutura granular média e grande bem desenvolvida. Relevo ondulado a forte ondulado. Material parental predominante representado por gnaisses e granitos do Complexo Xingu. | SC - moderada colapsividade, elevada plasticidade e erodibilidade alta principalmente quando submetido a fluxos concentrados. |
| Plintossolo Pétrico Concrecionário: cascalhamento, relevo suave ondulado, material parental biotita gnaisses do Complexo Xingu e aluviões. | GC - solo não colapsível, não plástico, com baixa erodibilidade e condutividade hidráulica variável. |

10.3.3.2. INVESTIGAÇÕES E INSTALAÇÃO DE MONITORES

10.3.3.2.1. INVESTIGAÇÕES DE CAMPO E ENSAIOS LABORATORIAIS

a) Resultados Laboratoriais da Classificação Geotécnica

Os ensaios laboratoriais foram realizados no Laboratório de Geotecnia da Universidade de Brasília, com base nas amostras indeformadas e deformadas retiradas nos pontos aqui especificados como AI-01, AI-02, AI-04, AI-05 e AI-06.

O **Quadro 10.3 - 2** apresenta os resultados consolidados dos ensaios laboratoriais de caracterização de solo realizados. Estes pontos estão respectivamente associados aos seguintes solos sob o ponto de vista pedológico:

- AI-01: Cambissolo Háplico
- AI-02: Nitosolo Vermelho
- AI-04: Latossolo Vermelho
- AI-05: Neossolo Flúvico
- AI-06: Neossolo Flúvico sem plintita

Quadro 10.3 - 2 – Resultados Consolidados dos Ensaios Laboratoriais de Caracterização.

| Amostra | Gs(g/cm ³) | W(%) | Limites de Consistência (%) | | | Granulometria, Sedimentação e Classificação Unificada | | | | | | | | | | | |
|---------|------------------------|------|-----------------------------|-----|-----|---|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|-------|
| | | | | | | Porcentagem passante na peneira (%) | | | | | | | | | | | |
| | | | W L | W P | I P | A | S | A F | A M | A G | U S C | A | S | A F | A M | A G | U S C |
| 1 | 2.6 | 8.4 | 33 | 24 | 9 | 0.0 | 10.7 | 27.5 | 28.6 | 24.7 | SM | 29.1 | 6.5 | 16.7 | 17.2 | 19.6 | SM |
| 2 | 2.6 | 21.2 | 61 | 41 | 20 | 1.9 | 7.6 | 33.4 | 24.3 | 28.4 | SM | 65.3 | 3.6 | 7.0 | 9.3 | 10.4 | OH |
| 4 | 2.8 | 15.7 | 40 | 29 | 11 | 0.0 | 9.3 | 30.1 | 35.4 | 25.1 | SM | 58.2 | 9.8 | 11.8 | 14.8 | 2.8 | OL |
| 5 | 2.6 | 7.6 | 44 | 32 | 22 | 2.5 | 22.0 | 64.1 | 2.1 | 9.0 | ML | 49.6 | 29.9 | 16.8 | 1.5 | 1.9 | OL |
| 6 | 2.4 | 10.0 | 33 | 27 | 6 | 2.6 | 20.8 | 69.7 | 4.8 | 2.0 | OL | 44.5 | 16.8 | 37.0 | 1.6 | 0.1 | OL |

Observações:

Gs = massa específica dos grãos, W = umidade natural, WL = limite de liquidez, WP = limite de plasticidade; IP = índice de plasticidade, A = argila, S = silte, AF = areia fina, AM = areia grossa; USC = Unified soil Classification System / Sistema de Classificação Unificado.

Todas as amostras estão em processo de preparação para ensaios mais específicos, como os ensaios de expansibilidade, colapso e erodibilidade tipo Inderbitzen. Com base na caracterização realizada, cujas planilhas de resultados se encontram no **Anexo 10.3 – 4** e podem ser notados os seguintes pontos:

1. Todas as amostras ensaiadas tem baixa plasticidade e consistência dura, e possuem umidade natural inferior ao limite de plasticidade, ou seja, estão em estado semi-sólido. Ao se avaliar o índice de atividade conforme proposto por Skempton (1953) para os materiais finos (argilas, ou siltes como considerado neste Relatório), nota-se que se tratam de amostras “ativas”, portanto com grande possibilidade de armazenamento de água adsorvida na superfície de suas partículas minerais;
2. Todas as amostras (embora em algumas, como no caso da AI-01, ou cambissolo, a classificação unificada não se altere) tem a peculiaridade de mudança de granulometria quando defloculadas, ou seja, a matriz de solo no estado natural possui estruturação e ligações cimentícias que podem ser rompidas pela presença do agente defloculante, dispersando as partículas minerais do solo e aumentando a parcela de finos. Observa-se no **Quadro 10.3 - 2** que a porcentagem de argila no estado natural é extremamente baixa, e que a mesma se altera, aumentando consideravelmente, nos ensaios com defloculante;
3. Todas as amostras puderam ser classificadas no sistema unificado de classificação dos solos (SUCS ou USC em inglês), sendo que, em algumas, a classificação se altera conforme o solo se desestrutura durante o processo de

sedimentação com agente defloculante. Com base nos resultados do **Quadro 10.3 - 2** os seguintes resultados puderam ser alcançados:

- Amostra AI-01: Areia siltosa ou mistura de areia ou silte mal graduado em qualquer estado;
 - Amostra AI-02: Areia siltosa a mistura de areia no estado natural ou argila orgânica de plasticidade média no estado defloculado;
 - Amostra AI-04: Areia siltosa a mistura de areia no estado natural ou silte orgânico a argila siltosa no estado defloculado;
 - Amostra AI-05: Silte inorgânico a areia muito fina no estado natural ou silte orgânico a argila siltosa no estado defloculado;
 - Amostra AI-06: Silte orgânico a argila siltosa em qualquer estado;
4. Todas as amostras em seu estado *natural* têm classificações para materiais que são considerados “críticos” em relação à erosão superficial (nota-se que esta observação é para canais de terra) segundo Wagner (1957);
 5. Todas as amostras têm massas específicas dos grãos dentro das faixas comumente obtidas na prática (como comparação vale o valor de 2.67 g/cm^3 para o quartzo puro). Entretanto nota-se um valor levemente superior para a amostra AI-04 (latossolo) o que pode estar associado ao processo de laterização e formação de óxidos de ferro – embora tal fato careça de averiguação complementar por ensaios que não estão previstos neste Trabalho.

Portanto, de maneira geral, podem ser aqui dispensados comentários genéricos sobre o provável comportamento dos materiais pedogenéticos típicos existentes (e aqui ora ensaiados) da AID da UHE Belo Monte quando em contato com fluxo contínuo, variável ou concentrado de água:

1. Estes solos tem grande capacidade de absorção de água em seus poros ou ao longo da superfície aparente de suas partículas minerais em sua condição atual, natural ou *in situ*, porém podem sofrer processos erosivos (ou são susceptíveis à erodibilidade) com certa facilidade por suas características naturais de granulometria, donde se nota uma elevada parcela de material granular de baixa plasticidade e pouco coesivo, duro (ou seja, friável) e, em geral, mal graduado;
2. Estes solos tem também a possibilidade de desestruturação e mudança de estrutura, com perda de ligações cimentíceas, quando submetidos ao contato com água na presença de elementos químicos, tóxicos ou poluentes, em fenômeno similar ao processo de defloculação simulado em laboratório. Tal ocorrência pode eventualmente instabilizar, colapsar e facilitar o fenômeno

erosivo no material terroso quando este estiver, simultaneamente, submetido a fluxos concentrados de água.

Conclui-se, finalmente, que a cobertura vegetal e/ou proteção superficial dos materiais ensaiados e solos existentes na AID da UHE Belo Monte é fundamental à sua boa preservação e performance durante a vida útil do Reservatório, fato este direta ou indiretamente já observado ao longo das fotos comentadas em Anexo, donde se percebe claramente que processos erosivos e de instabilidade de talude superficial estão sempre associados aos trechos em que há a presença de atividade pastoril, antrópica ou agrônômica. Exceções existem com poucos ou limitados trechos onde há o natural rolamento de blocos, fraturamento e deslocamento da rocha local, porém tais processos não se caracterizam como a principal preocupação de risco geotécnico da área em estudo.

As regiões nas quais existem blocos graníticos esféricos sob solos erodíveis e colapsáveis serão destacados após a avaliação dos resultados dos ensaios laboratoriais, porém adianta-se que o risco de rolamento poderá ocorrer com a formação do lago, pois se formarão as ondas e com a chegada das mesmas as margens poderão lixiviar o solo que sustenta os blocos. Porém, esse problema poderá se desenvolver somente na linha d'água e sua flutuação.

Ressalta-se que a maioria das áreas, nas quais são observados blocos rochosos, é representada por áreas utilizadas para pastagem. As observações feitas durante as inspeções trimestrais mostram que há perceptível mudança na cobertura vegetal, sem haver, no entanto, qualquer mudança de origem geotécnica, ou seja, ao aparecimento de processos relacionados à erosão, ao deslizamento ou ao rolamento de blocos no talude.

Por fim, informa-se que o **Anexo 10.3-2** descreve a Classificação de Solos segundo Sistema Unificado de Classificação dos Solos (SUCS) que foi utilizada na determinação geotécnica dos tipos de solo do presente estudo. Adicionalmente, é também apresentado neste anexo a metodologia de Classificação Táctil e Visual que subsidiou os ensaios laboratoriais aqui apresentados.

b) Sondagens a Trado

Foram realizadas sondagens a trado nos pontos apresentados no **Quadro 10.3 - 3**. Já os relatórios de sondagem a trado são apresentados no **Anexo 10.3 - 5**. Além disso, o **Anexo 10.3 - 6** apresenta a localização dos pontos nos quais foram realizadas as sondagens, bem como os pontos nos quais foram coletadas as amostras indeformadas para os ensaios geotécnicos em laboratório específico.

Quadro 10.3 – 3 – Localização dos pontos nos quais foram realizadas sondagens a trado

| CÓDIGO | LOCALIZAÇÃO/REFERÊNCIA | COORDENADA UTM E | COORDENADA UTM N | DESCRIÇÃO DE CAMPO |
|---------|--|------------------|------------------|---|
| BM-ST1 | Área do Lixão | 363216 | 9646981 | Solo avermelhado argiloso (em superfície), amarelado (em profundidade) de 0 – 59 cm Avermelhado 50 cm – 2 m amarelado com areia fina até 4,80m. |
| BM-ST2 | Próximo ao local de instalação do PZ 18 | 365017 | 9644332 | Solo Cinza escuro até 70 cm, depois amarelo argiloso com areia fina até 4,80m. |
| BM-ST3 | Escritório da Ambiental Tecnologia em Altamira | 365505 | 9644898 | Solo Amarelo Argiloso, homogêneo até 4,80m. |
| BM-ST4 | Premem | 364472 | 9644720 | Aterro de 0-50 cm, após solo cinza argiloso homogêneo até 4,80m. |
| BM-ST5 | Usina de asfalto | 366222 | 9646366 | Amarelo, argiloso com pequena fração areia fina até 4,80m. |
| BM-ST6 | Estádio municipal | 363963 | 9644304 | Solo Marrom Argiloso, com pequena fração areia fina até 4,80m. |
| BM-ST7 | Canteiro central av Djalma Dutra | 364854 | 9644990 | Aterro 0-40 cm, após cinza escuro, homogêneo até 4,80m. |
| BM-ST8 | Praça Av. Brig Ed Gomes | 364621 | 9644026 | Aterro 0-60cm, após solo cinza argiloso com pequena fração areia fina até os 4,80m. |
| BM-ST9 | Próximo à estação rodoviária | 364443 | 9645688 | Marrom acinzentado, homogêneo, argiloso. Aos 2 m nível concrecionário, após, solo cinza argiloso homogêneo até 4,80m. |
| BM-ST10 | Clube recreativo da ARESSA | 366045 | 9647332 | Marrom claro, argiloso com uma pequena fração areia fina a media até 4,80m. |
| BM-ST11 | Fundos da Escola Saint Clair | 363822 | 9645450 | Marrom escura, após 70 cm cinza escuro mudando para cinza claro e homogêneo 1,20m - 4,80m. |
| BM-ST12 | Casa fininho Orla | 366065 | 9645609 | Solo Cinza escuro até 70 cm, depois cinza claro argiloso com areia fina até 4,80m. |
| BM-ST13 | Praça ao lado da UFPA | 365340 | 9644870 | Solo cinza amarelado 0-60cm, após 60cm solo cinza claro, ambos argilosos com pequena fração areia fina, homogêneo até 4,80m. |

| CÓDIGO | LOCALIZAÇÃO/ REFERÊNCIA | COORDENADA UTM E | COORDENADA UTM N | DESCRIÇÃO DE CAMPO |
|---------|----------------------------|---------------------|---------------------|---|
| BM-ST14 | LM Transportadora | 363956 | 9645052 | Solo cinza amarelado, 0-30cm, após solo cinza claro, argiloso com pequena fração areia fina, homogêneo até 4,80m. |

c) Coleta de Amostras Indeformadas

No trabalho de campo realizado no mês de novembro/2012, além de outras atividades, foram coletadas 6 amostras indeformadas para a realização de 24 análises de parâmetros geotécnicos (4 determinações em cada amostra – Ensaio Inderbitzen, Expansibilidade, Colapsibilidade e de Caracterização). A escolha dos locais que foram amostrados privilegiou os diferentes tipos de materiais, incluindo Cambissolo Háplico, Nitossolo Vermelho, saprolito argiloso, Latossolo Vermelho e Neossolo Flúvico.

Foram adicionalmente retiradas amostras deformadas compostas das “lascas” laterais do núcleo indeformado, que iam se acumulando ao redor da amostra indeformada durante o processo de lapidação. Para cada ponto amostrado foram retirados cerca de 5 kg de amostra. Esta amostra serviu para a realização de ensaios geotécnicos de caracterização completa, que podem ser executados com amostras em que a estrutura original do material terroso já tenha sido destruída.

As amostras foram enviadas para o Laboratório de Geotecnia da Universidade de Brasília onde estão atualmente preservados em câmara úmida.

Os resultados dos ensaios de erodibilidade, granulometria, limite de liquidez, limite de plasticidade, limite de Atterberg dentre outros serão integrados ao Sistema de Informação Geográfica desenvolvido para qualificar o potencial erosivo das áreas adjacentes às obras para implantação da UHE Belo Monte. Estes índices deverão ser aplicados à ponderação das classes de solos de forma a tornar o resultado do SIG mais realista e mais preciso.

Quadro 10.3 - 4 – Pontos de coleta das amostras indeformadas

| CÓDIGO | COORDENADA UTM E | COORDENADA UTM N | TIPO DE SOLO |
|--------|------------------|------------------|--------------------|
| AI-1 | 406614 | 9649689 | Cambissolo Háplico |
| AI-2 | 408315 | 9636371 | Nitossolo Vermelho |
| AI-3 | 408442 | 9634496 | Saprolito argiloso |
| AI-4 | 363992 | 9648647 | Latossolo Vermelho |
| AI-5 | 364251 | 9642629 | Neossolo Flúvico |
| AI-6 | 366305 | 9624512 | Neossolo Flúvico |

Por fim, informa-se que a metodologia aplicada nas atividades de coleta das amostras indeformadas está devidamente explicitada e ilustrada no **Anexo 10.3-2**.

d) Levantamento Geofísico Complementar

Com a finalidade de identificar o topo do nível d'água entre os poços de monitoramento instalados dentro da área urbana de Altamira/PA, foram realizadas seções de GPR com o equipamento SIR-3000 (fabricado pela *Geophysical Survey Systems Inc.*), que consiste em um módulo de aquisição conectado a um par de antenas blindadas de 200 MHz (**Figura 10.3 - 1**). Ressalta-se que a metodologia aplicada nos levantamentos geofísicos é dissertada no **Anexo 10-3.2**.

Todos os perfis de GPR foram adquiridos no modo *common offset* (afastamento comum), e os parâmetros de aquisição de dados foram:

- 1024 amostras por traço, correspondendo a um intervalo de amostragem temporal de 0,1953 ns;
- A frequência de amostragem temporal foi de 2550 MHz, resultando em uma janela temporal de 200 ns;
- O intervalo de amostragem entre os traços foi de 5 cm. Esta amostragem foi realizada automaticamente com o uso de um odômetro eletrônico (roda);

A distribuição dos perfis foi feita na área em função da distribuição dos poços de monitoramento, com o objetivo de verificar o comportamento do nível d'água e correlacionar com maior detalhamento as interfaces geológicas entre os mesmos, possibilitando assim elaborar um modelo hidrogeológico mais preciso.

Até a presente data foram coletados 23 perfis, totalizando 5505,8 (cinco mil e quinhentos e cinco metros e oitenta centímetros) metros de aquisição de GPR (**Quadro 10.3 - 5**).



Figura 10.3 - 1 – Fotografias ilustram a aquisição de dados de GPR ao longo da área urbana de Altamira/PA.

Quadro 10.3 - 5 – Identificação e comprimento das seções de GPR realizadas no município de Altamira/PA.

| IDENTIFICAÇÃO | COMPRIMENTO (m) | IDENTIFICAÇÃO | COMPRIMENTO (m) |
|---------------|-----------------|---------------|-----------------|
| FILE_096 | 8.2 | FILE_108 | 858.7 |
| FILE_097 | 270.5 | FILE_109 | 104.2 |
| FILE_098 | 208.2 | FILE_110 | 31.6 |
| FILE_099 | 23.3 | FILE_111 | 111.3 |
| FILE_100 | 10.1 | FILE_112 | 39.5 |
| FILE_101 | 267.1 | FILE_113 | 20.6 |
| FILE_102 | 308.5 | FILE_114 | 397.1 |
| FILE_103 | 8.0 | FILE_115 | 162.2 |
| FILE_104 | 526.0 | FILE_116 | 278.6 |
| FILE_105 | 553.3 | FILE_117 | 276.9 |
| FILE_106 | 299.5 | FILE_118 | 332.3 |
| FILE_107 | 410.6 | TOTAL | 5505.8 |

Destaca-se que os levantamentos geofísicos ainda estão em fase de execução, sendo que seus resultados serão devidamente analisados e apresentados no próximo Relatório Consolidado.

10.3.3.3. INSTALAÇÃO DE MONITORES

Durante a Inspeção Trimestral 3, foram instalados conforme previsto, alguns monitores (vergalhões que funcionam como réguas, graduadas de 10 em 10 cm) que auxiliarão na observação e acompanhamento dos processos erosivos ativos durante todo o desenvolvimento do Programa de Monitoramento (**Figura 10.3.2 a 10.3-4**). Novos monitores serão instalados na próxima inspeção, prevista para fevereiro/13, bem como sempre que a equipe técnica achar necessária a instalação de monitores em pontos nos quais forem observados processos ativos.

Portanto, esta atividade que estava programada para ser concluída no quarto trimestre de 2012 conforme cronograma do PBA deve ser estendida ao longo de todo monitoramento previsto no programa, sendo uma atividade de suma importância para o pleno desenvolvimento do controle dos processos erosivos presentes e que futuramente possam aparecer na região em estudo.



Figura 10.3 - 2 - Ponto R10 (coordenadas UTM 391985/9624116), local de instalação de monitor vertical



Figura 10.3 - 3 - Ponto CS122 (coordenadas UTM 413523/9657292), local de instalação de monitor vertical



Figura 10.3 - 4 - Ponto AI 05 (coordenadas UTM 364251/9642629), local de retirada de amostra indeformada e de instalação de monitor vertical



10.3.3.4. MAPEAMENTO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO E CARACTERIZAÇÃO DOS PROCESSOS DE INSTABILIZAÇÃO DAS ENCOSTAS

As inspeções de campo e avaliações qualitativas dos materiais, bem como a verificação *in loco* dos processos instabilizatórios permitem propor algumas mudanças na forma de obtenção do mapa de potencial de perda de solos gerado de forma preliminar nas etapas anteriores do estudo.

As duas principais mudanças são:

- Diminuição do buffer junto às vias de acesso de 500 metros para 100 metros. A experiência em campo mostra que os processos lineares são apenas

observados nas proximidades das estradas, de forma que 100 metros são suficientes para agregar toda a área considerada de máximo risco e;

- Diminuição dos pesos das classes de declividade, uma vez que a cobertura vegetal proporciona uma ampla proteção contra a ação dos processos erosivos e instabilizatórios.

Até o presente momento foram caracterizados três tipos de processos erosivos-instabilizatórios que ocorrem em ambientes específicos:

- Processo de erosão do tipo 2 ou tipo linear desenvolvido em função da acumulação e concentração de escoamento superficial em vias de acesso situadas em locais mais inclinados sobre solos mais arenosos ou em taludes que tiveram a vegetação suprimida (**Figura 10.3 - 5**);
- Processo de queda vertical de barrancos compostos por materiais silto-argiloso em decorrência da retirada da vegetação ou de usos mais intensivos da APP do rio Xingu (**Figura 10.3 - 6**);
- Processo de erosão da base do talude em função da atuação de pequenas ondas naturais ou geradas pela movimentação de embarcações. Este tipo de processo pode ser desenvolvido em taludes suportados por material silto-argiloso não litificado ou em talude suportado por arenitos friáveis (**Figura 10.3 - 7**).



Figura 10.3 - 5 – Exemplos de processos erosivos lineares condicionados à presença de via de acesso e taludes desmatados nos quais há concentração de escoamento pluvial



Figura 10.3 - 6 – Vista de processos de queda de barranco compondo taludes verticais em decorrência do uso intensivo da APP do rio Xingu



Figura 10.3 - 7 – Erosão desenvolvida pela ação de ondas no pé do talude. O processo poderá evoluir para queda de blocos caso a erosão da base do talude não seja contida

10.3.3.5. INSPEÇÕES, LEVANTAMENTOS E LEITURA DOS INSTRUMENTOS.

Para o desenvolvimento deste programa, são realizadas inspeções trimestrais; tendo sido realizadas no segundo semestre de 2012 duas inspeções: uma em agosto e a outra em novembro.

As inspeções se dão sempre a partir da cidade de Altamira, no Pará, donde a equipe sai a visitar os trechos do Reservatório Intermediário situados ao longo das estradas marginais da região (áreas de prioridade 1, 2 e 3); a região do Reservatório principal da barragem e do Trecho de jusante da Casa de Força Principal, ao longo do perímetro de borda do (futuro) lago e da saída de água do canal, na região da AID da UHE Belo Monte.

As inspeções contam com o auxílio de transporte fluvial, que facilita a visualização dos aspectos geográficos, geológicos e geotécnicos, e possibilita a obtenção de um panorama geral dos processos atuais de erodibilidade, ora ativamente instalados na

região. Aspectos potencializadores de possíveis processos erosivos futuros (de risco baixo a muito alto) ao longo da AID da UHE Belo Monte também são observados e fotografados.

Os objetivos da inspeção são:

- Verificar qualitativamente o grau de risco ao desenvolvimento de processos erosivos ao longo da AID da UHE Belo Monte, com base em critérios fundamentados na geologia, na pedologia e na geotecnia locais, além de outros aspectos (como efeitos antrópicos, uso do solo, características geográficas como declividade, e alguns aspectos subjetivos). Este grau de risco, representado no Mapa de Erodibilidade Potencial da AID (apresentado no 2º Relatório Consolidado), foi dividido em quatro classes, a saber: Baixo, Médio, Alto e Muito Alto;
- Determinar as causas principais, e seus pesos relativos (em termos de importância), que determinam e desencadeiam os processos erosivos degradatórios das encostas marginais ao longo da região de influência direta dos reservatórios da UHE Belo Monte. Estes fatores qualitativos e quantitativos serão posteriormente utilizados em um processo georreferenciado de cruzamento de informações que gerará o mapa final de Erodibilidade Potencial;
- Avaliar as possíveis ações de minimização e/ou eliminação dos efeitos deletérios da erosão do solo, ações estas que serão incluídas em Relatórios Posteriores a depender do desenvolvimento (atenuação ou aceleração) dos processos erosivos;
- Verificar aspectos de aceleração, estabilização, ou regressão dos efeitos deletérios da erosão do solo em sua atual situação quando comparado ao observado anteriormente.

O registro fotográfico dos pontos vistoriados é apresentado no **Anexo 10.3 – 7**, conforme descrição das áreas representativas, no qual é feita comparação da situação atual com as observações de campo realizadas em agosto/2012. São detalhados todos os pontos visitados com uma descrição sumária dos mesmos (abaixo das fotos), contendo alguns aspectos “chaves” (ou mais marcantes) sob o ponto de vista atual e futuro de propensão desta região de margem a possíveis fenômenos de erodibilidade geotécnica.

10.3.3.6. ACOMPANHAMENTO E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS DAS INVESTIGAÇÕES

De maneira sucinta, os processos atuais de risco observados na AID da UHE Belo Monte podem ser associados a aspectos relacionados (entre outros fatores) com a possibilidade de rolamento de blocos de pequenas e grandes dimensões, acúmulo de blocos rochosos e cavidades naturais, predominantemente por suas características

geológicas e geográficas; (b) erosão linear composta por sulcos ou ravinamento com regiões de erodibilidade existentes, já instalados, de pontos da encosta, predominantemente por suas características pedológicas, geográficas e geotécnicas; e (c) degradação superficial do solo com (ou em vários casos sem) um processo incipiente de erosão laminar instalada de forma localizada ou generalizada, processos estes causados predominantemente por fenômenos antrópicos associados ao uso do solo como culturas de subsistência, pastagens, criação de animais, ancoradouros, áreas de passagem e transporte, etc.

10.3.3.7. FATORES DE RISCO: CARTA DE ERODIBILIDADE DA AID DA UHE BELO MONTE

A partir da criteriosa análise da bibliografia sobre o assunto, e considerando-se a experiência, os atributos, a metodologia e os pesos expressos nos trabalhos apresentados no 2º Relatório Consolidado, em particular no de Paes *et al.* (2005), foram definidas para o Mapa de Erodibilidade Potencial da AID da UHE Belo Monte 4 classes de Risco, que seguem abaixo discriminadas:

- Risco BAIXO: Regiões com material que pode ser geotecnicamente classificado como solo de matriz predominantemente fina em sua estrutura, seja ela siltosa ou argilosa, ou granular em sua estrutura, ou seja, arenosa. Em geral, neste tipo de material, a ocorrência de fenômenos naturais ou induzidos de erodibilidade laminar e linear (e/ou ravinamento ou voçorocamento) é baixa ou até inexistente, caso as características naturais do meio físico (geografia e vegetação) forem mantidas, e se este material estiver localizado em região de baixa declividade, ocupação e densidade de drenagem;
- Risco MÉDIO: Regiões com material que pode ser geotecnicamente classificado como solo de matriz predominantemente fina em sua estrutura, seja ela siltosa ou argilosa. Em geral, neste tipo de material, a ocorrência de fenômenos naturais ou induzidos de erodibilidade laminar e linear (e/ou ravinamento ou voçorocamento) é média se as características naturais do meio físico (geografia e vegetação) tiverem sido modificadas por ação antrópica, e se este material estiver localizado em região de média declividade, ocupação e densidade de drenagem – ou - Regiões com material que pode ser geotecnicamente classificado como solo de matriz predominantemente granular em sua estrutura, arenosa;
- Risco ALTO: Regiões com material que pode ser geotecnicamente classificado como solo de matriz predominantemente fina em sua estrutura, seja ela siltosa ou argilosa. Em geral neste, tipo de material, a ocorrência de fenômenos naturais ou induzidos de erodibilidade laminar e linear (e/ou ravinamento ou voçorocamento) é alta se as características naturais do meio físico (geografia e vegetação) tiverem sido modificadas por ação antrópica, e se este material estiver localizado em região de alta declividade, ocupação e densidade de drenagem – ou - Regiões com material que pode ser geotecnicamente

classificado como solo de matriz predominantemente granular em sua estrutura, arenosa;

- Risco MUITO ALTO: Regiões com material que pode ser geotecnicamente classificado como solo de textura argilosa a muito argilosa e estrutura predominantemente granular. Em geral, neste tipo de material, a ocorrência de fenômenos naturais ou induzidos de erodibilidade laminar e linear (e/ou ravinamento ou voçorocamento) é muito alta se as características naturais do meio físico (geografia e vegetação) tiverem sido modificadas por ação antrópica e se este material estiver localizado em região de alta declividade, ocupação e densidade de drenagem.

A análise de risco pode ser realizada a partir de diferentes perspectivas, como, por exemplo, de um Sistema de Informação Geográfica que gera a análise de risco a partir de cruzamento, adição ou intersecção de diferentes planos de informações, ou a partir da verificação *in loco* das feições que definem o risco.

Como mencionado no 2º Relatório Consolidado, o risco determinado pelo SIG pode ser denominado de “risco potencial”, uma vez que sua determinação depende da qualidade e da escala dos mapas utilizados em sua composição. Desta forma, trata-se de um risco mais qualitativo e pode apresentar incoerências locais em decorrência, principalmente, de distorções nos mapas de declividade e imprecisões nos mapas de solos. Entretanto, este tipo de avaliação é muito útil, pois permite uma visão integrada do risco de toda a área e pode ser refinado a partir da aplicação de informações geotécnicas pontuais.

O risco efetivo é determinado pela avaliação local das feições geotécnicas e, portanto, é mais preciso, uma vez que pode verificar os usos, as modificações antrópicas e efeitos naturais localizados (exemplo: concentração de escoamento superficial). Por outro lado, a análise do risco efetivo é apenas aplicável para pequenas áreas e para estudos de grande escala, o que limita seu bom emprego para avaliação de grandes áreas.

10.3.3.8. FENÔMENOS OBSERVADOS AO LONGO DOS PONTOS VISTORIADOS

Enfatiza-se fortemente neste Relatório que não foram observadas modificações significativas no risco geotécnico efetivo para os locais que foram revisitados, ou seja, na comparação da situação de risco avaliada nas duas primeiras inspeções para o quadro atual. Exemplos “típicos” desta afirmativa são apresentados no **Quadro 10.3 - 6**, donde se nota que na situação atual há uma perceptível noção da redução do nível do rio Xingu em função da época de baixa, vazante, da região. Esta redução de nível é mais perceptível nos pontos monitorados ao longo do Reservatório do que nos localizados no Canal de Fuga. Ao se comparar diretamente as fotos anteriores (Inspeções Trimestrais 1 e 2, ou fotos do PBA relativas ao Reservatório Intermediário), com a atual (Inspeção Trimestral 3) nota-se, portanto, que:

- Ocorreram mudanças na cobertura vegetal para maioria dos pontos comparados, sem uma tendência nítida. Em vários destes há o perceptível aumento da cobertura vegetal, enquanto que em outros, esta parece ter sido (naturalmente) reduzida pela diminuição da intensidade de chuvas;
- Não ocorreram mudanças significativas nos aspectos e fenômenos geotécnicos diretamente relacionados ao risco geotécnico, seja este de erosão, de deslizamento ou de queda de blocos/lascas rochosas;
- Ocorreram mudanças perceptíveis nos taludes lindeiros ao rio Xingu pelo aparecimento de praias, ou de zonas de deposição de depósitos aluvionares ou de taludes localizados. Todas estas mudanças estão diretamente relacionadas ao regime de vazante do nível atual deste rio, e tenderão a desaparecer quando o ciclo atmosférico amazônico voltar à época de chuvas (ou quando o reservatório da UHE Belo Monte vier a ser instalado de forma definitiva).

Portanto, são apresentados no **Quadro 10.3 - 6** os comentários e as comparações visuais diretas (ou “típicas”) dos pontos vistoriados durante as duas inspeções.

Quadro 10.3 - 6 – Exemplos típicos da comparação de situação anterior e atual

| Descrição | FOTOGRAFIA |
|---|--|
| <p>Exemplo 1.</p> <p>R 03. Nesta região nota-se a presença de um depósito de talus com possível risco de quedas de blocos rochosos, em região pouco vegetada (desmatamento por efeito antrópico) em encosta de declividade média de 20°. Notam-se ainda pontos de início de erosão linear por sulcos, dado por concentração de fluxo de água na base da encosta e efeito antrópico e animal.</p> |  |
| <p>Inspeção Trimestral 2: Observa-se que houve apenas a mudança da vegetação e o aparecimento de uma “praia” de blocos rochosos pela redução do nível do rio. O risco geotécnico permanece o mesmo, como em todos os outros casos semelhantes aqui avaliados.</p> |  |

| Descrição | FOTOGRAFIA |
|--|--|
| <p>Inspeção Trimestral 3: O risco geotécnico permanece o mesmo, como em todos os outros casos semelhantes aqui avaliados.</p> |  |
| <p style="text-align: center;">Exemplo 2.</p> <p>CS 10. Margem degradada por ação antrópica e natural, face à presença abundante de drenagem no local. Em alguns pontos, nota-se uma leve erosão laminar associado a ação antrópica, fluvial e pluvial, todas interconectadas. Estende-se por pontos do talude de margem do canal em alturas inferiores a 2,0 m. Nota-se também, na saída do igarapé, a presença de erosão do tipo linear em sulco e canaletas de saída de água, em trechos com inclinação superior a 45° e altura próxima dos 3 m, em extensão de 30m ao longo da margem do canal.</p> |  |
| <p>Inspeção Trimestral 2: Igualmente ao caso do exemplo anterior, é perceptível o aumento da praia em função da vazante do rio. Há uma leve modificação da cobertura vegetal. Novamente não há mudanças no risco geotécnico já definido anteriormente para este ponto.</p> |  |

| Descrição | FOTOGRAFIA |
|--|--|
| <p align="center">Exemplo 3.</p> <p>CS 20. Região degradada pela existência de uma estrada e um embarcadouro de gado junto à margem. Região extensivamente desmatada e sujeita a ação antrópica. Nota-se a presença de uma estrada com talude lateral vertical de cerca de 2m de altura máxima, donde há uma leve erosão linear pela presença de sulcos ou canaletas de concentração de água.</p> |  |
| <p>Inspeção Trimestral 2: Neste local, diferentemente dos outros exemplos, houve um aparente aumento ou densificação da cobertura vegetal (tornando menos visível a estrada lateral). A zona de praia junto ao rio Xingu aumentou, pelos motivos já citados, e o risco geotécnico continua idêntico ao já definido anteriormente.</p> |  |
| <p>Inspeção Trimestral 3: Não foram observadas alterações em comparação à inspeção anterior.</p> |  |
| <p align="center">Exemplo 4.</p> <p>ENC 50. Encosta vegetada (pasto) com matacões residuais de rocha cristalina quartzo-feldspática na superfície, com possível processo de risco geotécnico associado ao rolamento de matacões.</p> |  |

| Descrição | FOTOGRAFIA |
|--|--|
| <p>Inspeção Trimestral 2: Há a perceptível mudança na cobertura vegetal nos casos comparados, sem haver, no entanto, qualquer mudança de origem geotécnica, ou seja, ao aparecimento de processos relacionados à erosão, ao rolamento de blocos no talude.</p> |  |
| <p>Inspeção Trimestral 3: Não foram observadas alterações em comparação à inspeção anterior.</p> |  |
| <p>Exemplo 5.</p> <p>ENC 52. Encosta vegetada (pasto) com matações residuais de rocha cristalina quartzo-feldspática na superfície, com possível processo de risco geotécnico associado ao rolamento de matações.</p> |  |
| <p>2ª inspeção: Nota-se na situação atual que há um pequeno aumento da cobertura vegetal que dá um aparente “melhoramento” da situação de risco geotécnico, simplesmente pelo fato desta encobrir e “mascarar” os blocos rochosos na encosta.</p> |  |

| Descrição | FOTOGRAFIA |
|---|--|
| <p>Inspeção Trimestral 3: Não foi observada alteração de origem geotécnica, ou seja, ao aparecimento de processos relacionados à erosão, ao rolamento de blocos no talude. Uma pequena redução da pastagem em pontos (lineares) localizados no talude se dá pela ação pastoril (passagem de gado), sem, no entanto, se configurar na mudança do potencial de risco geotécnico global da região.</p> |  |

10.3.3.9. ESTUDO DAS MEDIDAS DE PROTEÇÃO DAS ENCOSTAS MARGINAIS

As duas etapas de inspeções das encostas marginais e áreas adjacentes ao Reservatório Xingu, Reservatório Intermediário, vias de acesso e trecho de jusante da Casa de Força Principal, mostraram que a região apresenta elevada integridade ambiental com relação a processos erosivos e instabilizatórios.

Mesmo nos pontos isolados em que foram observados processos erosivos lineares estes são considerados incipientes e com desenvolvimento lento. Nos casos em que foram observados taludes do rio Xingu com processo de desbarrancamentos isolados, estes são locais pouco importantes e, na sua maioria, contidos. Tais processos são comumente vinculados a algum tipo de uso da margem próxima à lâmina d'água, como rampas de acesso de barcos e pessoas, pontos para bebedouro de gado, e pequenas roças e quintais de residências da população ribeirinha, entre outros.

Na ampla maioria dos pontos em que foram observados problemas locais e incipientes de erodibilidade e/ou deslizamento planar (desbarrancamento) de solo, não há necessidade de implementar nenhuma medida de controle, mas apenas manter o monitoramento e ampliar a instalação de marcos para se quantificar a eventual perda de solo superficial nos casos considerados mais graves.

Apenas em um trecho de jusante se considera importante o início de uma ação efetiva de mitigação geotécnica no sentido, de se conter possíveis processos erosivos avaliados como de alta susceptibilidade e com elevado potencial de progressão. Neste caso se trata de um trecho com cerca de 800 metros de extensão na margem direita imediatamente a frente do canal de restituição da água a partir do reservatório intermediário (margem oposta ao ponto de saída da água a partir do reservatório intermediário).

Naquela condição apesar de uma distância de cerca de 2 km do Canal de Fuga (Sítio Belo Monte) há o risco efetivo da onda gerada pela restituição da água após passagem pelas casas de força tenha energia suficiente para alcançar a margem oposta e gerar processos instabilizatórios. Como o talude é elevado, e composto por

material silto-argiloso, qualquer energia concentrada, mesmo que de baixa intensidade, poderá resultar no desencadeamento de processo erosivo. Há o risco real de que a erosão da base do talude acarrete em queda de blocos da porção superior do talude. Este local foi especificamente visitado na última inspeção de campo (conforme **Figura 10.3 - 8**).



Figura 10.3 - 8 – Ilustrações da região em frente ao Canal de Fuga, sujeita à erosão. Neste local foi instalado o Marco de Monitoramento 2. Região a ser tratada preventivamente à erosão por efeito de ondas. Coordenadas 413.523 / 9.657.292.

Para este caso, sugere-se que seja instalada uma linha de pedra compondo o enrocamento da base do talude. Não seria um típico um *rip rap*, uma vez que o material pétreo não seria posicionado diretamente no talude atual, mas uma linha de pedra com certo distanciamento da margem.

Para a instalação deste sistema de proteção de talude o material seria apenas lançado o mais próximo possível do talude compondo uma linha com elevação de até 1 metro acima do nível d'água máximo. A operacionalização desta ação seria facilmente alcançada com auxílio de caminhões basculantes transportado sobre balsa e por isto a época mais adequada para seu desenvolvimento seria entre os meses de janeiro a março.

O material pétreo a ser transportado e organizado próximo ao pé do talude deve ser o mesmo da escavação obrigatória nas obras de instalação dos sistemas de geração do reservatório intermediário.

Mesmo tendo sido observados outros locais a jusante em que há longos trechos de quedas de barrancos, esta ação não é sugerida para outros trechos/áreas marginais do rio, uma vez que estes locais não são relacionados a nenhuma ação de implantação ou operação da UHE Belo Monte. Como estão situados a grande distância do ponto de restituição, as eventuais ondas de cheia geradas em momentos de entrada em operação simultânea de diferentes turbinas já terão sua energia plenamente dissipada.

Nestes trechos o problema é vinculado ao uso mais intensificado da área de preservação permanente - APP do rio Xingu, em geral com a formação de pastagens plantadas até a margem do rio (**Figura 10.3 - 9**). Outro tipo de uso comum que pode comprometer o talude natural é a construção de residências com rampas de acesso e pequenas plantações.



Figura 10.3 - 9 – Barranco de rio na margem esquerda e a jusante do canal de saída onde se observa o processo geotécnico de erosão já plenamente instalado pela natural variação da maré do rio, aliada à degradação da APP pela remoção de vegetação natural lindeira para implantação de pastagem. Coordenadas: Inicial 366.773/9.679.592 a Final 395.504/9.690.606.

ENCAMINHAMENTOS PROPOSTOS

Como encaminhamento deste Programa, propõe-se a alteração da metodologia de trabalho atualmente aplicada baseada nas atividades de campo já realizadas. Esta deverá, ainda no primeiro trimestre de 2013, ser apresentada ao IBAMA, para que devidamente autorizada possa ser efetivamente implementada.

A metodologia de trabalho atualmente aplicada e inclusa na etapa de inspeção realizada em novembro de 2012, baseia-se nas seguintes atividades:

- Inspeção visual do perímetro de todas as áreas marginais dos locais citados, com o simultâneo georreferenciamento dos pontos e trechos “típicos” onde foram observados processos de erodibilidade / instabilizatórios já instalados (ou com potencial de instalação);
- Registro fotográfico e descrição sumária dos pontos visitados, sua plotagem em planta cartográfica com coordenadas UTM;
- Descrição geológica, pedológica e de classificação qualitativa de risco potencial ou suscetibilidade ao desenvolvimento e/ou continuação do processo de erosão;
- Comparação da situação atual dos pontos visitados, tanto com aqueles descritos no PBA, como os visitados anteriormente.

As inspeções até em então realizadas mostram que a região apresenta elevada estabilidade a processos erosivos, em função da elevada taxa pluvial que tende a recompor a vegetação que é a principal camada protetora dos solos e taludes. Assim, propõe-se uma adaptação da metodologia até então aplicada, que deve incluir as seguintes etapas:

- Desenvolver uma base com documentação visual, incluindo fotografias e preferencialmente imagens digitais (filmagens) de todas as áreas marginais dos lagos e das vias de acesso. Esta base poderá ser utilizada no futuro para comparações entre a situação anterior a formação dos lagos e eventuais processos erosivos desenvolvidos pela operação do aproveitamento hidrelétrico;
- Verificação periódica (trimestral) da AID da UHE Belo Monte com a respectiva avaliação do desenvolvimento de possíveis processos degradatórios sob o ponto de vista geotécnico nos locais considerados de alto risco, ou onde já foram constatados problemas;
- Instalação de marcos metálicos nos locais em que os processos já estejam plenamente instalados (com base nas visitas ora já efetuadas, ou a ser), principalmente nas porções do remanso do lago principal, em que a água terá contato direto com Neossolo Flúvico.

A principal modificação do método proposto comparado ao método anterior está vinculada à ausência da obrigatoriedade, ou necessidade, de se visitar e fotografar em mesmo ângulo os pontos propostos pelo PBA original.

Naquele documento os autores utilizaram dezenas de pontos pré-selecionados (no PBA) de inspeção considerados de elevado risco, incluindo deslizamento de solos, queda de blocos, desenvolvimento de erosão linear, dentre outros, – aspectos estes observados, constatados e consolidados nas 3 visitas realizadas pela equipe aqui relacionada no ano de 2012.

Ressalta-se a importância do prolongamento, no cronograma, do prazo de execução das atividades de geoprocessamento como uma ferramenta de elaboração e confecção de mapas e produtos do PBA.

Tal ação visa a continuidade da atualização das informações derivadas das atividades de monitoramento e instalação de novos monitores, bem como possíveis necessidades de adequações de mapas. Assim sendo, considera-se importante que tais atividades tenham seus prazos de execução ampliados até o fim do prazo deste Programa.

10.3.4. EQUIPE RESPONSÁVEL PELA IMPLEMENTAÇÃO NO PERÍODO

| PROFISSIONAL | FORMAÇÃO | FUNÇÃO | REGISTRO ÓRGÃO DE CLASSE | CADASTRO TÉCNICO FEDERAL - CTF |
|--------------------------------------|-----------------------|---|--------------------------|--------------------------------|
| Prof. Dr. José Eloi Guimarães Campos | Geólogo, Dr. | Coordenador Geral | 7896/D CREA/DF | 264969 |
| Prof. Dr. Renato Pinto da Cunha | Engenheiro Civil, Dr. | Coordenador Geotecnia | 861017995/D CREA/RJ | - |
| Leonardo de Melo Santos | Geólogo | Diretor Executivo; responsável por coletas de campo, vistorias técnicas, confecção de relatórios. | 12544/D CREA/DF | 1698978 |
| Joyce Pinheiro de Oliveira Fiori | Geóloga, M. Sc | Responsável por coletas de campo, vistorias técnicas, confecção de relatórios. | 10699/D CREA/DF | 293922 |

| PROFISSIONAL | FORMAÇÃO | FUNÇÃO | REGISTRO ÓRGÃO DE CLASSE | CADASTRO TÉCNICO FEDERAL - CTF |
|--------------------------|--------------|---|--------------------------|--------------------------------|
| Thaís Becker | Geóloga | Responsável por coletas de campo, vistorias técnicas. | 18421/D CREA/DF | 512496 |
| Luciano Soares da Cunha | Geólogo, Dr. | Geólogo responsável pelos levantamentos e interpretação de dados geofísicos | 14047/D CREA/DF | |
| Welitom Rodrigues Borges | Geólogo, Dr. | Geólogo responsável pelos levantamentos e interpretação de dados geofísicos | | |
| Veldson de Souza Pinto | | Auxiliar de campo | | |

10.3.5. ANEXOS

Anexo 10.3 - 1 – Referências Bibliográficas;

Anexo 10.3 - 2 – Metodologias Aplicadas;

Anexo 10.3 - 3 – Mapa Geológico-Geotécnico da AID da UHE Belo Monte;

Anexo 10.3 - 4 – Resultados laboratoriais da classificação geotécnica;

Anexo 10.3 - 5 – Relatórios de sondagem a trado;

Anexo 10.3 - 6 – Mapa de localização dos sondagens a trado e pontos de coleta de amostras indeformadas;

Anexo 10.3 – 7 - Registro fotográfico dos pontos de monitoramento.