



VISTORIA GEOTÉCNICA DOS TALUDES MARGINAIS DO RESERVATÓRIO DA UHE CANA BRAVA

**Relatório Técnico
Monitoramento Junho/2013**



TRACTEBEL ENERGIA SA.

Minaçu - GO

OUTUBRO/2013



SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	3
2. OBJETIVO	4
3. HISTÓRICO DE MONITORAMENTO DESTE PROGRAMA	4
4. METODOLOGIA	4
5. CONSIDERAÇÕES SOBRE O MEIO FÍSICO DA ÁREA DO RESERVATÓRIO	
<i>Geologia</i>	5
<i>Geomorfologia</i>	5
<i>Solos</i>	6
6. PROCESSOS EROSIVOS E DE MOVIMENTOS DE MASSA	10
<i>Erosão e assoreamento</i>	10
<i>Movimentos de massa</i>	11
<i>Solapamento de base por embate de ondas – Processo associado a</i> <i>dinâmica do reservatório</i>	12
7. VISTORIA DE CAMPO	14
7.1 Pontos relacionados a processos não associados ao reservatório	
7.1.1 <i>Pontos no município de Minaçu</i>	17
7.1.2 <i>Quedas de Blocos</i>	26
7.1.3 <i>Estradas</i>	29
7.2 Pontos relacionados a processos associados ao reservatório	
7.2.1 <i>Processos de Assoreamento</i>	38
7.2.2 <i>Solapamento das margens pelo embate de ondas</i>	41
7.2.3 <i>Escorregamentos</i>	59
7.2.4 <i>Outros</i>	61
7.2.5 <i>Jusante da barragem</i>	71
7.3 Uso e ocupação das margens do reservatório	75
8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	79
9. BIBLIOGRAFIA	86

ANEXOS

Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava		2
Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA		AR 673/13 Outubro/2013



1. INTRODUÇÃO

O presente relatório se refere ao Programa de Monitoramento Geotécnico da UHE Cana Brava, e apresenta os aspectos e processos erosivos observados na vistoria dos taludes marginais do respectivo reservatório. A UHE Cana Brava esta localizada entre as cidades de Minaçu, Colinas do Sul e Cavalcante, no estado de Goiás.

Para conhecimento, a Usina Hidrelétrica Cana Brava possui capacidade instalada de 450 MW (3 turbinas de 150 MW), beneficiando toda a região Centro-Oeste do Brasil. O local onde foi instalada a hidrelétrica é definido como de aproveitamento a fio d'água, tendo em vista a operação conjunta com o reservatório de Serra da Mesa que tem 43,25 km³ de volume útil. Neste sentido, para o aproveitamento máximo da queda local, a altura da barragem de Cana Brava resultou do ajustamento do remanso de seu reservatório no NA Máx. Normal do canal de fuga da UHE Serra da Mesa, imediatamente a montante. Os estudos concluíram que o N.A. Máx. Normal do reservatório deve estar na elevação 333,00 m. Este nível teve como resultado a inundação de uma área de 139 km², com um volume de 2,3 x 10⁹ m³ de água.

As atividades de campo, incluindo reuniões e vistoria, foram realizadas entre os dias 10 e 12 de junho de 2013 pela equipe técnica da empresa Ampliari, com a presença do Geólogo Valdir Nakazawa, o Engenheiro Agrônomo Ricardo C. dos Santos, e a Geógrafa Tatiana M. Parizotto, acompanhados pelo barqueiro Gilberto Costa de Moraes, o Biólogo Adriano Batista dos Santos e o Técnico Pedro Vitor Alves Borges da empresa MIRLLAN Segurança Patrimonial, responsável pela vigilância ambiental/sócio patrimonial da Usina, e pela Analista de Meio Ambiente da UHE Cana Brava Simone Rodrigues Gonçalves.

Para a elaboração deste relatório foram utilizados os dados obtidos nos levantamentos de campo efetuados entre os dias 10 e 12 de junho de 2013 nas margens do reservatório e áreas adjacentes. Ressalta-se que neste relatório houve uma reestruturação na definição dos pontos monitorados anteriormente, com a exclusão de alguns e inclusão de novos pontos em função da relevância destes em relação aos processos erosivos e movimentos de massa detectados na vistoria de campo realizada pela equipe.

Primeiramente será apresentado um breve histórico deste programa, cujo monitoramento já vem sendo realizado desde 2002, e uma síntese sobre os aspectos físicos da área onde se insere o reservatório.

Posteriormente será descrito cada um dos pontos vistoriados em campo, com suas respectivas localizações, fotografias e, quando possível, seu progresso em termos de evolução e/ou regressão dos processos erosivos realizados a partir das imagens obtidas em relatórios anteriores. A apresentação destes pontos foi dividida em três itens: a) aos pontos relacionados a processos não associados ao reservatório; b) aos pontos cujos processos erosivos estão diretamente associados ao reservatório; c) e aos pontos referentes ao uso e ocupação das margens do reservatório.

Por último, apresentam-se as conclusões que sintetizam as informações expostas acima, e quando necessárias recomendações das possíveis medidas a serem tomadas para o controle dos processos erosivos identificados.

Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava		3
Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA		AR 673/13 Outubro/2013



2. OBJETIVO

O objetivo principal deste relatório é mostrar a situação atual dos pontos identificados com processos erosivos nos taludes marginais do reservatório e áreas adjacentes, e indicar possíveis medidas de controle a serem implementadas em cada caso.

3. HISTÓRICO DE MONITORAMENTO DESTE PROGRAMA

O Programa de Monitoramento Geotécnico de Taludes do Reservatório da UHE Cana Brava foi iniciado em dezembro de 2001. O Programa foi baseado em Relatório Geológico elaborado pela GN Consult em setembro de 2001, o qual, por meio de metodologia própria, definiu os setores de risco do reservatório e emitiu recomendações para o período pré e pós-enchimento do reservatório.

As atividades de campo dos respectivos pontos de risco identificados foram desenvolvidas pela empresa Suoli Engenharia Geotécnica a partir de janeiro de 2002 até outubro de 2012, com emissões de relatórios semestrais.

Atualmente, os relatórios semestrais serão elaborados pela equipe técnica da empresa Ampliari Natureza e Sociedade, sendo que o presente relatório se refere à vistoria de junho de 2013. Ressalta-se que diante do conhecimento técnico e do que foi observado em campo, houve uma reavaliação dos pontos já monitorados, com inclusão e/ou exclusão dos pontos e suas respectivas justificativas apresentados no item 7.

4. METODOLOGIA

Para a elaboração deste relatório, primeiramente foi realizado um estudo de gabinete sobre os aspectos físicos da área de estudo e de processos erosivos em margens de reservatórios, com base em mapeamentos regionais e bibliografias pertinentes.


Em segundo, efetuou-se a vistoria técnica com o objetivo de avaliar os locais que apresentavam processos erosivos, independente se estes pontos locais já eram ou não monitorados anteriormente. Esta inspeção foi realizada de forma minuciosa, sendo analisados todos os locais nas margens do reservatório que apresentavam processos erosivos ativos. Os locais vistoriados que coincidirem com pontos já monitorados, quando possível, foram comparados por meio de registros fotográficos, podendo verificar visualmente o grau de evolução e/ou estabilização das erosões.

Após as descrições de cada ponto, medidas de controle serão recomendadas para estabilizar e/ou erradicar os processos erosivos que estejam dentro da área desapropriada do empreendimento.

Os equipamentos utilizados neste trabalho foram: máquina fotográfica, GPS Garmin, martelo geológico, barco e mapas para localização.


Os softwares utilizados para elaboração de mapas foram ArcGis 10 e CorelDraw.

Ressalta-se que alguns pontos apresentados no item 7 serão retirados no próximo relatório pelo motivo de não apresentarem riscos significativos ao reservatório e/ou pelo tipo de monitoramento não ser adequado devido ao tipo de processo que ocorre, neste

Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava		4
Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA		AR 673/13 Outubro/2013



caso, de quedas de blocos. As justificativas destas exclusões estarão no mesmo item nos respectivos pontos.

Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava		5
<i>Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA</i>		AR 673/13 Outubro/2013



5. CONSIDERAÇÕES SOBRE O MEIO FÍSICO DA ÁREA DO RESERVATÓRIO


Geologia

Sob o aspecto geológico regional, a UHE Cana Brava insere-se no compartimento geotectônico denominado Província Tocantins, unidade tectônica Neoproterozóica desenvolvida durante a colagem orogênica Brasileira que ocorreu na região central do Brasil, sendo constituída por três cinturões dobrados, a citar: Faixa Brasília, Faixa Araguaia e Faixa Paraguai.

Do barramento da UHE Cana Brava, para montante, até aproximadamente o terço inferior de seu reservatório, o embasamento geológico dá-se pelo denominado Complexo Rio Maranhão, de idade Paleoproterozóica, formado por granitos-gnaisses-xistos, formando a borda oriental do Complexo Máfico Ultramáfico de Cana Brava. A partir do terço mediano do reservatório, os terrenos são sustentados por litotipos pertencentes ao denominado Grupo Paranoá (Mesoproterozóico), representados por uma espessa sucessão psamo-pelítica e importante contribuição de rochas carbonáticas. O terço superior do reservatório, até o barramento da UHE Serra da Mesa, acha-se dominado predominantemente por metarmorfitos relacionados às formações pertencentes ao Grupo Serra da Mesa (Paleoproterozóico), fácies quartzíticas e metapsamo-pelíticas, subordinadamente com porções do Granito Serra da Mesa (Granitos Anorogênicos do Paleopaleozóico) adjacentes ao barramento da UHE Serra da Mesa e, algumas porções do denominado Grupo Araí (Formação Traíras - Paleoproterozóico), predominantemente quartzítica, na região entre o segundo e terceiro terço do reservatório, a montante da barragem Cana Brava.

Deve ser salientado que todo o arcabouço geológico da região onde se encaixa o rio Tocantins (Faixa Brasília) é estruturado por uma série de sistemas de dobramentos e empurrões de direção preferencial N-S, resultantes de esforços de oeste para leste (vergência). A estas feições, associam-se sistemas transcorrentes menores, imprimindo, pelo intenso tectonismo, um relevo bastante enérgico à região.

A Figura 5-1 apresenta a geologia referente à área da UHE Cana Brava, sendo um recorte do mapa geológico do estado de Goiás, na escala 1:500.000.

Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava		6
Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA		AR 673/13 Outubro/2013



destaque que apresenta em relação às depressões que a circundam. Assim, ele se caracteriza por uma intrincada variedade de formas de relevo, por uma diversidade enorme de rochas metamorizadas, por uma estrutura complexa por falhamentos, intrusões, metamorfismo, e por grande variação de cotas altimétricas, que vão desde 400 até 1.200 metros. Portanto, diante desta complexidade geomorfológica, o Planalto Central Goiano foi dividido em três subunidades distintas que levam em consideração o estágio erosivo atual e os níveis altimétricos. Na área em estudo, ocorrem duas destas subunidades, sendo elas (RadamBrasil, 1981):

- a) Planalto do Alto Tocantins-Paranaíba: ocorre no Setor Sul e em parte do Setor Central do reservatório. Esta subunidade se caracteriza pelas cotas de 750 a 1100 m, com intensidades variadas de dissecação e grande quantidade de relevos residuais, e abrange as grandes estruturas graníticas e os complexos básico-ultrabásicos.

Na área de estudo ocorrem formas aguçadas, com relevos de topo contínuo e aguçado, com diferentes ordens de grandeza e de aprofundamento de drenagem, separados, geralmente por vales em “v”. Ocorrem também formas tabulares, é o caso da Serra Branca, caracterizada por relevo de topo aplainado com drenagens, eventualmente separados por vales de fundo plano.

- b) Depressões Intermontanas: também ocorrem nos Setores Sul e parte do Central, e são representadas pelas cotas de 400 a 750 m, onde a atuação da dissecação praticamente inexistente, de modo a configurar extensa superfície regular que se insinua no Planalto do Alto Tocantins-Paranaíba. Normalmente apresentam relevos de topo convexo, com drenagens separadas por vales de fundo plano.

A Unidade geomorfológica *Depressão do Tocantins* é constituída por rochas do Pré-Cambriano Indiferenciado (granitos e gnaisses), rochas pré-cambrianas do grupo Araxá (constituído predominantemente por micaxistos e quartzitos), e extensa cobertura detrítico-laterítica, do Terciário-Quaternário. Seus limites são efetuados com o Planalto do Alto Tocantins-Paranaíba a sul, e com a Depressão do Araguaia a oeste e sudoeste. Há uma transição bastante nítida entre aquele planalto e a depressão. As duas unidades se interpenetram profundamente, evidenciando o aspecto residual do planalto e o aspecto semi-embutido da depressão nas regiões limítrofes. Na região da serra Cana Brava, por exemplo, a penetração da depressão no planalto se faz numa área muito extensa, dando-lhe o aspecto de intermontana. Na área que abrange o reservatório ocorrem principalmente, relevos com formas convexas com dissecação incipiente que se restringem ao longo do rio Tocantins, e secundariamente áreas levemente dissecadas em formas tabulares, o que lhe confere um aspecto plano e homogêneo (RadamBrasil, 1981).

Outra feição importante que ocorre nesta unidade no Setor Norte do reservatório, a leste, são as superfícies pediplanadas (Ep) ainda conservadas, que se referem a superfícies de aplanamento elaborada por processos de pediplanação, cortando litologias pré-cambrianas, devonianas e terciárias.

Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava		8
Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA		AR 673/13 Outubro/2013

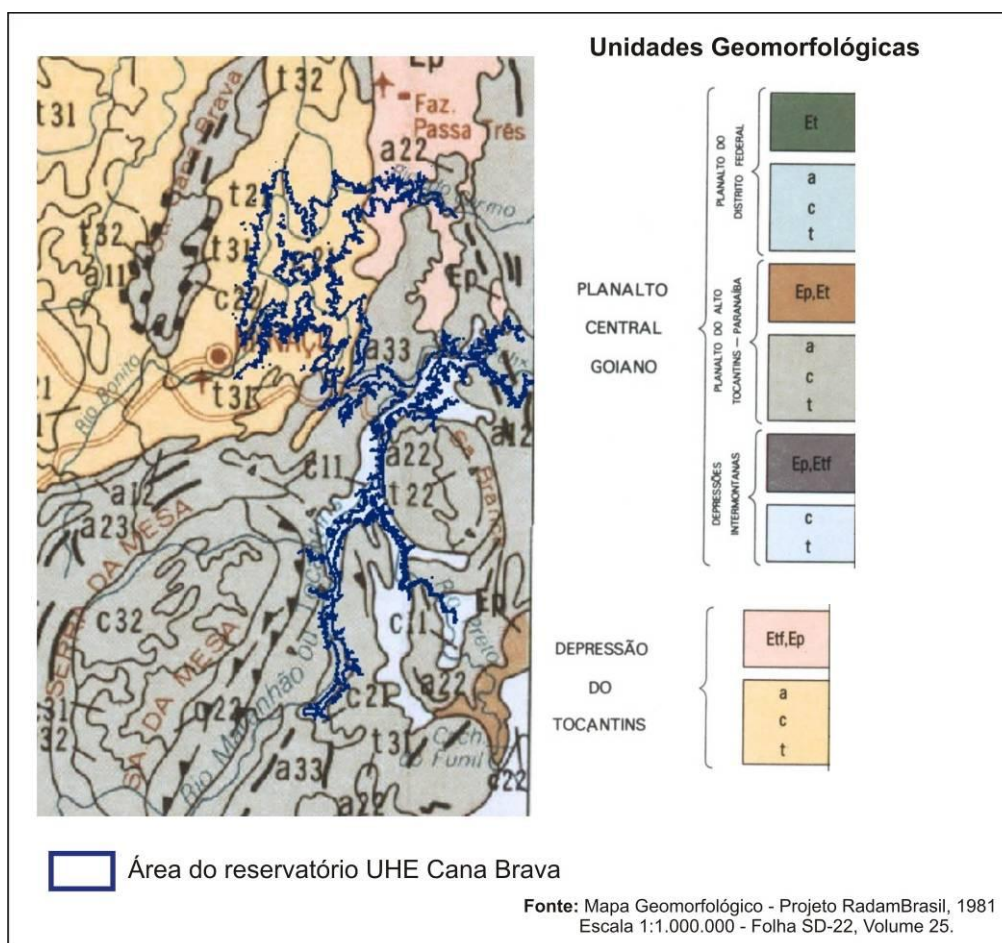


Figura 5-2 – Recorte do Mapa Geomorfológico do Projeto RadamBrasil (1981) com a delimitação da área do reservatório da UHE Cana Brava.

Solos

Os tipos de solos identificados na área de estudo estão intimamente relacionados às formas de relevo, principalmente em relação à declividade das vertentes.

De forma geral, segundo o RadamBrasil (1981), na subunidade dos Planaltos do Alto Tocantins-Paranaíba ocorrem solos rasos e incipientes nas formas de relevo mais declivosas, como os Neossolos e Cambissolos, e entre as serras, nos vales, solos mais desenvolvidos como os Argissolos, mais raramente Cambissolos, e nas partes de relevo mais aplainado, os Latossolos Vermelho-Amarelos.

Nas Depressões Intermontanas os solos em sua grande maioria se formam de uma cobertura sedimentar sobre rochas pré-cambrianas e são representados por Latossolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Vermelho-Escuro, sob vegetação de Cerrado.

Na unidade geomorfológica da Depressão do Tocantins, nas partes de relevo de formas tabulares ocorre o Latossolo Vermelho-Amarelo, muitas vezes associado aos solos concrecionários e ao Argissolo Vermelho-Amarelo, e nas formas convexas o Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico em vegetação de Cerrado. Nas partes de relevo

residuais verifica-se a ocorrência dos Neossolos e afloramentos de rochas. Nas planícies dos rios aparece o Gleissolo sob vegetação de Cerrado ou mata de galeria.

Segundo o mapa exploratório de solos do RadamBrasil (1981), escala 1:1.000.000, na área ocorrem, a grosso modo, quatro tipos de solos que se intercalam e se interconectam em função das litologias e formas de relevo. São estes solos os Argissolos, os Neossolos, os Latossolos, e os Cambissolos, cujas classes mostram diferenciações em relação aos seus níveis categóricos por apresentarem algumas características distintas sobre as propriedades resultantes da gênese do solo, tipo e arranjo de horizontes, nas quantidades de frações e sais solúveis, dentre outras (Figura 5-3).

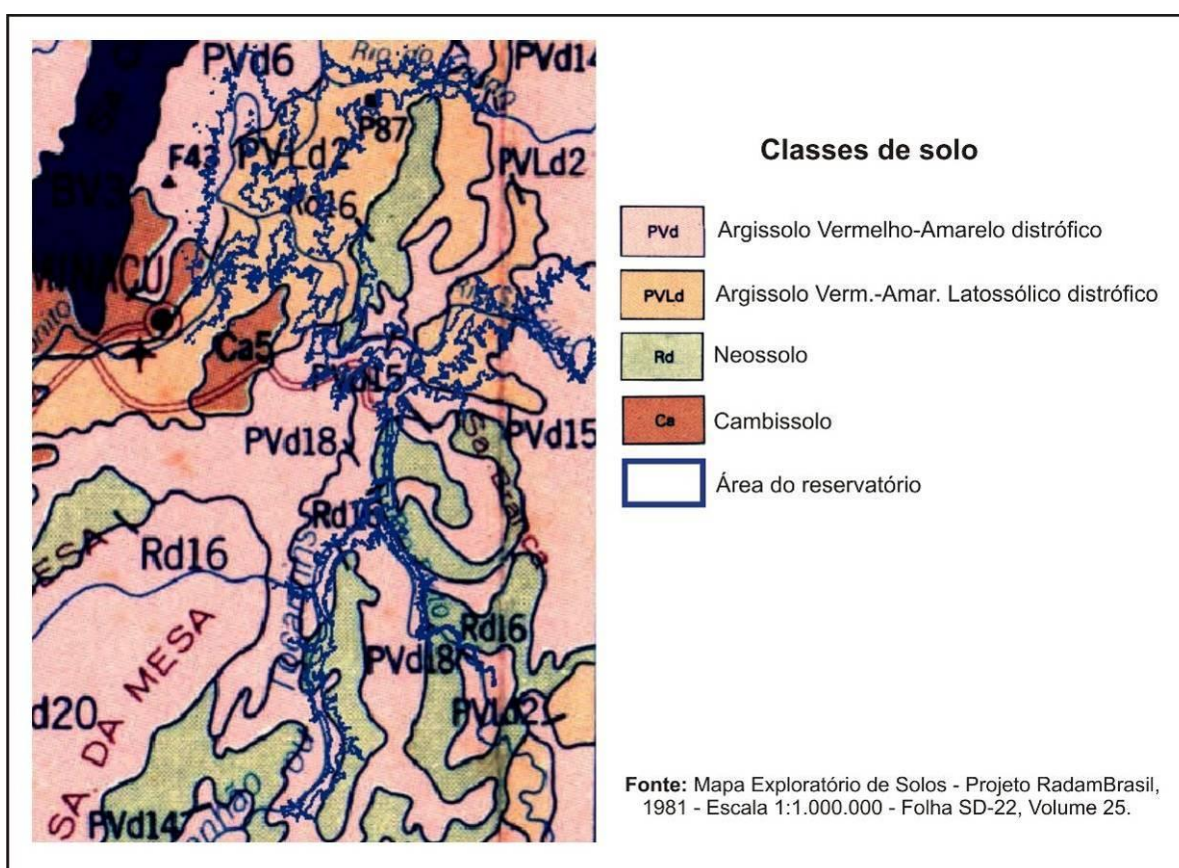


Figura 5-3 – Recorte do Mapa Exploratório de Solos do Projeto RadamBrasil (1981) com a delimitação da área do reservatório da UHE Cana Brava.

<p>Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava</p>	<p>Tractebel Energia GDF SVEZ</p>	<p>10</p>
<p>Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA</p>		<p>AR 673/13 Outubro/2013</p>



6. PROCESSOS EROSIVOS E DE MOVIMENTOS DE MASSA

Neste tópico serão abordados, de forma sucinta, sobre os tipos de processos erosivos e movimentos de massa que ocorrem no entorno do reservatório e em suas intermediações, com uma breve descrição de cada um dos tipos. Além disto, será abordado um item sobre o processo de solapamento de margem pelo embate de ondas, processo específico associado diretamente à dinâmica do reservatório.

Erosão e assoreamento

Erosão é o processo de desprendimento e arraste acelerado das partículas do solo causado pela água e pelo vento. O vento não leva rochas, porém o seu efeito na erosão é ocasionado pela abrasão proporcionada pelos grãos de areia e partículas de solo em movimento. A água é o mais importante agente de erosão; chuva, córregos, rios, todos carregam solo, as ondas erodem as costas dos mares e lagos – de fato, onde há água em movimento, ela está erodindo os seus limites (Bertoni & Lombardi Neto, 1985).

Assim, os agentes que provocam a erosão são basicamente, o vento e a água, e dependendo da forma da erosão, esta pode ser classificada em superficial e em profundidade. A primeira se refere a erosão laminar caracterizada pelo desgaste e arraste uniforme e suave em toda a extensão sujeita ao agente; a segunda acontece pela existência de um gradiente hidráulico (diferença de nível), causado principalmente pelo canal de escoamento pluvial concentrado, e são denominados de ravinas e de voçorocas, sendo este último, o estágio mais avançado de erosão (Magalhães, 2001).

O escoamento da água na superfície é o maior causador de transporte das partículas de solo. A quantidade de força gerada pela enxurrada é relacionada com a concentração e velocidade com que ela se move morro abaixo. A água que escorre ganha energia pelo aumento de massa no seu movimento morro abaixo ou pelo aumento de velocidade que adquire por uma rápida mudança na declividade do terreno. A erosão é máxima quando a enxurrada contém quantidade suficiente de material abrasivo para desprender a maior quantidade possível que a enxurrada seja capaz de transportar. A energia da enxurrada é uma função da massa e da velocidade de escoamento da água; a massa é determinada pela quantidade e qualidade da enxurrada (Bertoni & Lombardi Neto, 1985).

Este tipo de processo ocorre nos limites de estradas não asfaltadas, que dependendo da declividade do terreno e o solo exposto, ocorre a concentração do escoamento superficial pluvial em períodos chuvosos, ocasionando erosão nestes limites. Além disto, se não há uma estrutura de drenagem pluvial para o correto disciplinamento destas águas, tanto em estradas, quanto em áreas urbanas, a probabilidade é ocorrer processos erosivos nestes locais, podendo ser tanto maiores, quanto mais declivoso é o terreno e mais susceptível o tipo de solo.

Quando um curso d'água entra no reservatório suas áreas de seções transversais são aumentadas, quanto que as velocidades da corrente decrescem, criando condições de deposição de sedimento. As partículas mais pesadas, como pedregulhos e areias grossas, são as primeiras a se depositar, enquanto o sedimento mais fino adentra ao reservatório. Além disto, a barragem se constitui um impedimento à passagem da maior parte das partículas para jusante do rio.

Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava		11
Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA		AR 673/13 Outubro/2013



Assim, os sedimentos se depositam ao longo do reservatório com distribuição não uniforme. A deposição mais a montante do reservatório se denomina depósito de remanso, as deposições dentro do lago são caracterizadas como delta, depósito de margem e depósito de leito, e são formados por sedimentos de granulometria progressivamente decrescente.

Este processo ocorre no rio dos Macacos, que deságua diretamente no reservatório na área de remanso. Verifica-se que nesta porção ocorre formação de bancos de areia em forma de leque..

Movimentos de massa

Os movimentos de massa de solos instáveis são bastante diferentes da erosão da superfície do solo. Estes movimentos são de ordem gravitacional e se caracterizam como sendo o transporte coletivo de material rochoso e/ou de solo, onde a ação da gravidade tem papel preponderante, podendo ser potencializado, ou não, pela ação da água (Pinto *et al.*, 2012).

As condições que favorecem os movimentos de massa dependem principalmente da estrutura geológica, da declividade da vertente, do regime de chuvas, da perda de vegetação e da atividade antrópica, bem como pela existência de espessos mantos de intemperismo, além da presença de níveis ou faixas impermeáveis que atuam como planos de deslizamentos (Bigarella, *et al.*, 2003).

Assim, os tipos de movimentos de massa são classificados de acordo com o material transportado e a velocidade, sendo eles: a) rastejamento ou *creep* (movimento lento e contínuo); b) solifluxão (movimento um pouco mais rápido que o de rastejamento das camadas superficiais por encharcamento); c) corridas de massa (formas rápidas de escoamento de fluidos viscosos); d) escorregamentos (movimentos rápidos); e) quedas de blocos (deslocamento rápido de blocos ou lascas de rochas).

Na área em estudo ocorrem os dois últimos tipos de movimentos de massa, isto é, o escorregamento e a queda de blocos. O primeiro se caracteriza por movimentos rápidos, com plano de ruptura bem definido, permitindo a distinção entre o material deslizado e aquele não movimentado. Pode ser dividido em três de acordo com sua forma de deslizamento: rotacional, com uma superfície de ruptura curva ou translacional.

As quedas de blocos se caracterizam por movimentos rápidos, que ocorrem em penhascos verticais, ou taludes muito íngremes, onde blocos e/ou lascas de rochas, deslocados do maciço por intemperismo, caem por ação da gravidade, sem a presença de uma superfície de movimentação, na forma de queda livre (Guidicini e Nieble, 1984).

Solapamento de base por embate de ondas – Processo associado à dinâmica do reservatório

O reservatório de uma hidrelétrica é o represamento artificial das águas de um rio por meio da construção de uma barragem. Essa estrutura pode ocasionar modificações na dinâmica natural do curso d'água, como por exemplo, o aumento do leito do rio. Assim, estas áreas marginais pode vir a ficar sujeitas: a) às novas condições físicas; b) as

Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava	Tractebel Energia GDF SVEZ	12
Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA		AR 673/13 Outubro/2013



ações do reservatório; c) e à surgência de novas Áreas de Preservação Permanente (APP).


Devido a esta nova condição física, novos agentes erosivos (não naturais) surgem, como o embate de ondas, o escoamento superficial e a elevação do nível freático (Siqueira *et al*, 2011), fato que poderia ocasionar uma desestruturação nas margens do reservatório. Caso esse último fato seja confirmado, processos erosivos atuariam no local até que o local atinja novamente a estabilidade.

Destes agentes, o mais importante nesta nova dinâmica, seria o embate de ondas, que atuaria como o principal agente modelador das margens do reservatório, em virtude dos esforços constantes e o transporte de sedimentos que acarretam (Furnas, 2004). A erosão por ação da água resultaria no desgaste abrasivo ou desagregação por embate da água sobre um substrato mineral.

O vento atuaria em conjunto a esses processos. Este possui uma contínua e direcionada ação sobre a superfície das águas, resultando na formação de ondas, que são resultado da atuação de forças tangenciais entre o vento e a água, combinada com diferenças de pressão atmosféricas dos reservatórios (Muller, 1995 *apud* D'Armada, 2012).

A força de embate das ondas pode provocar uma desagregação do solo, devido ao meio mecânico, que influi no peso da massa líquida contra o obstáculo; a erosão superficial, que é o retorno da água que se constitui no acréscimo da onda, que com seu embate acaba sendo lançada sobre o solo; a solifluxão ou deslizamento de encosta, originada pelo encharcamento e saturação dos solos umedecidos pelas ondas que excedem os taludes; e, solapamento, gerado pelas correntes de retorno interno da massa de água ou corpos flutuantes (troncos, etc.), impulsionados pelas ondas, que aplicam golpes de impacto, como aríetes, contra a base do talude (D'Armada, 2012).

No reservatório da UHE Cana Brava, o principal processo erosivo que ocorre nas margens do lago é o processo de solapamento por embate de ondas. A força e impacto das ondas sobre o talude contribui para a desagregação das partículas de solo da base do talude, e conseqüentemente o carreamento destes sedimentos. Com isto, pode haver uma desestabilização da base, que provocaria o desbarrancamento ou movimento de massa da parte superior do talude. A Figura 6-1 apresenta um modelo esquemático deste processo. O impacto das ondas sobre o talude e a oscilação do nível d'água do reservatório na porção basal, impulsionaria um processo de erosão, o qual aumenta proporcionalmente a quantidade de areia e inversamente proporcional a friabilidade do solo. Logo, esses fatores podem desencadear uma desestabilização no talude.

Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava		13
Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA		AR 673/13 Outubro/2013

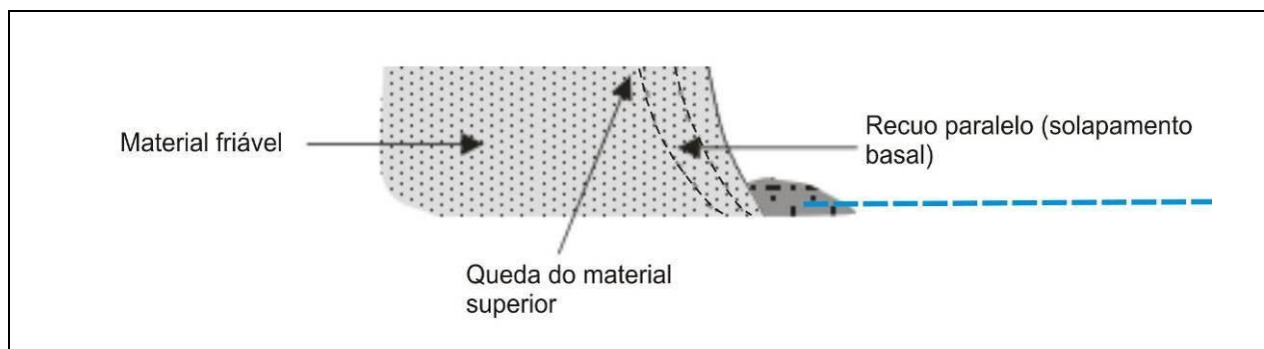


Figura 6-1 – Esquema do processo de solapamento de base por embate de onda (Adaptado de Casseti, 2005).

A subida das ondas no talude das margens depende da inclinação e da permeabilidade da superfície. O talude liso facilita a subida, enquanto que um talude com vegetação quebra a onda por sua rugosidade e permeabilidade, debilitando seu impacto (Schreiber, 1977).

Também as características geológicas são determinantes para a evolução de processos erosivos, bem como as características do solo existente nas margens dos reservatórios ditam sua maior ou menor resistência ao desgaste. Solos arenosos de baixa coerência desagregam-se com facilidade, enquanto solos de textura mais argilosa com boa coerência são resistentes à erosão (Carvalho, 2006).

O processo erosivo de embate de ondas se estabiliza quando o talude atinge seu nível (ângulo) de estabilidade ou a rocha de base.

Segundo Müller (1995), a nova linha de costa que surge com a formação de um reservatório é estabelecida em uma superfície geologicamente e biologicamente não preparada para essa situação. A estrutura do solo, a vegetação que o cobre e a fauna que vive naquele lugar não estão absolutamente ajustadas às áreas ribeirinhas e zonas inundáveis temporariamente. Por serem ambientes instáveis, sofrem processos de erosão e assoreamento, de lixiviação e de compactação, além dos relacionados com a reversão do fluxo das águas das camadas freáticas. A intensidade desses fenômenos varia com o tipo de solo, entre outras coisas, e a evolução natural se processará até atingir um ponto em que a velocidade do desgaste se reduz, sendo uma das razões a própria resistência que o assoreamento dos solos, junto às margens, produz ao ímpeto das ondas. A partir desse estágio, a revegetação passa a ser eficiente nas margens e até na região inundada mais rasa.



7. VISTORIA DE CAMPO

A vistoria de campo foi realizada de duas formas, primeiramente, com um barco onde se percorreu todo o reservatório, no intuito de verificar os pontos monitorados em suas margens; e a segunda por terra, para vistoriar os pontos referentes ao rio Bonito que passa pela cidade de Minaçu, e deságua diretamente no lago.

As descrições dos pontos vistoriados serão divididas por processos associados, isto é: a) as causas não associadas ao reservatório, no qual se subdivide em: pontos localizados na cidade de Minaçu; de quedas de blocos; e estradas próximas; b) causas associadas diretamente ao reservatório, sendo subdivididos entre os pontos relativos aos processos de: assoreamento escorregamento; solapamento das margens pelo embate de ondas; outros, que inclui o ponto referente ao monitoramento mensal de um depósito de tálus e a ponte; e aos pontos localizados à jusante da barragem do reservatório; c) e uso e ocupação das margens do reservatório, com exemplos fotográficos dos tipos de usos identificados nas margens.

Os pontos vistoriados e aqui apresentados serão renomeados em relação às vistorias anteriores com siglas que identificam em qual setor se encontra. Cada ponto será avaliado tecnicamente, e quando possível comparado às fotos de relatórios anteriores para verificar se houve evolução e/ou regressão dos respectivos processos erosivos.

A Figura 7-1 apresenta o reservatório da UHE Cana Brava, dividido por setores, isto é: setor norte (SN), a montante; setor central (SC); e setor sul (SS), a jusante. Assim, a nomenclatura dos pontos se baseia nestes setores para melhor identificação das respectivas localizações.

A Figura 7-2 mostra o mapa com as localizações dos respectivos pontos identificados com processos erosivos no reservatório. Somente os pontos referentes à cidade de Minaçu não estão identificados neste mapa. Estes pontos estão na Figura 7.1.1-1.

Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava		15
Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA		AR 673/13 Outubro/2013

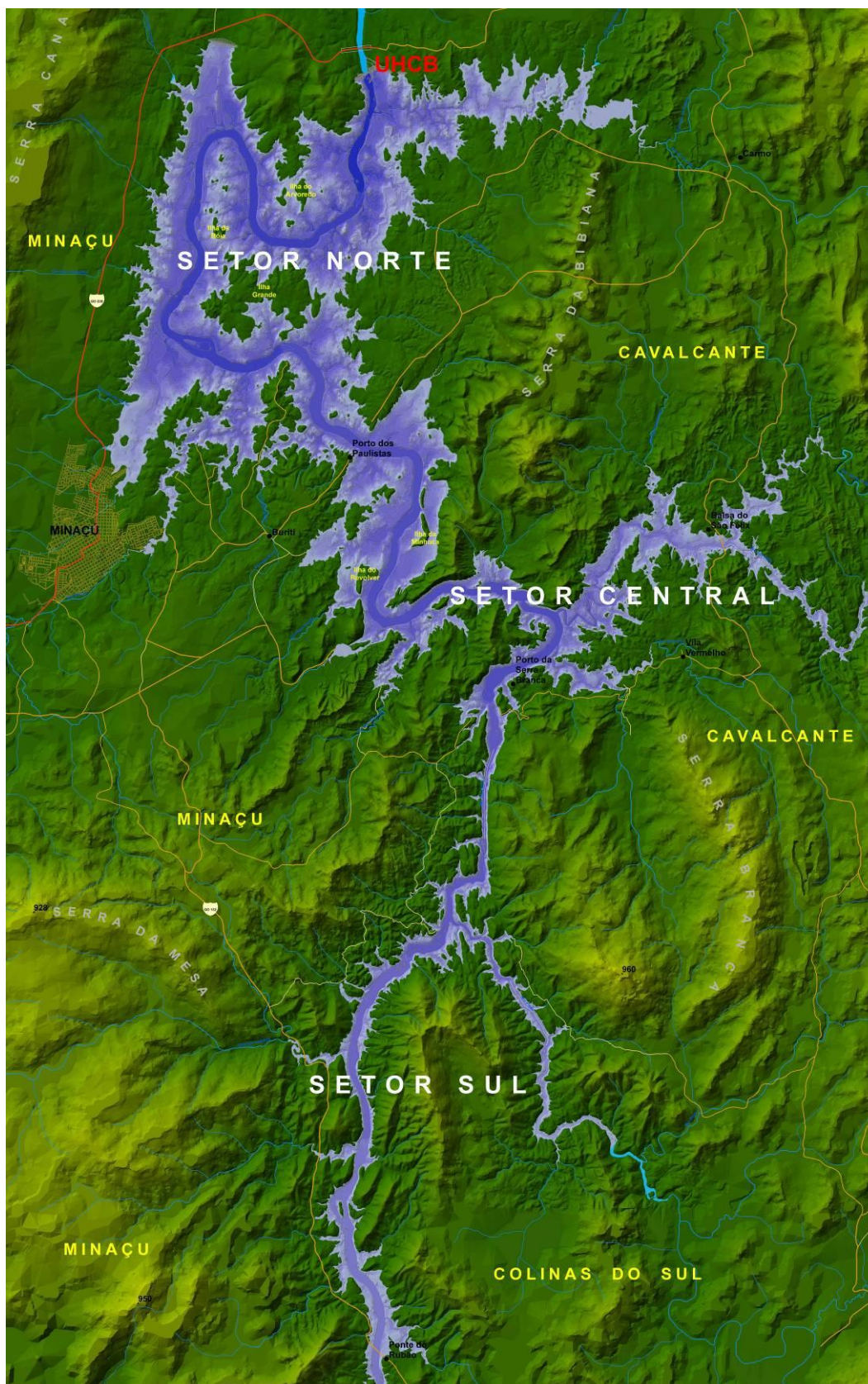


Figura 7-1 – Reservatório da UHE Cana Brava dividido por setores (Imagem cedida pela UHE Cana Brava).

Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava	Tractebel Energia GDF SVEZ	16
<i>Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA</i>		AR 673/13 Outubro/2013

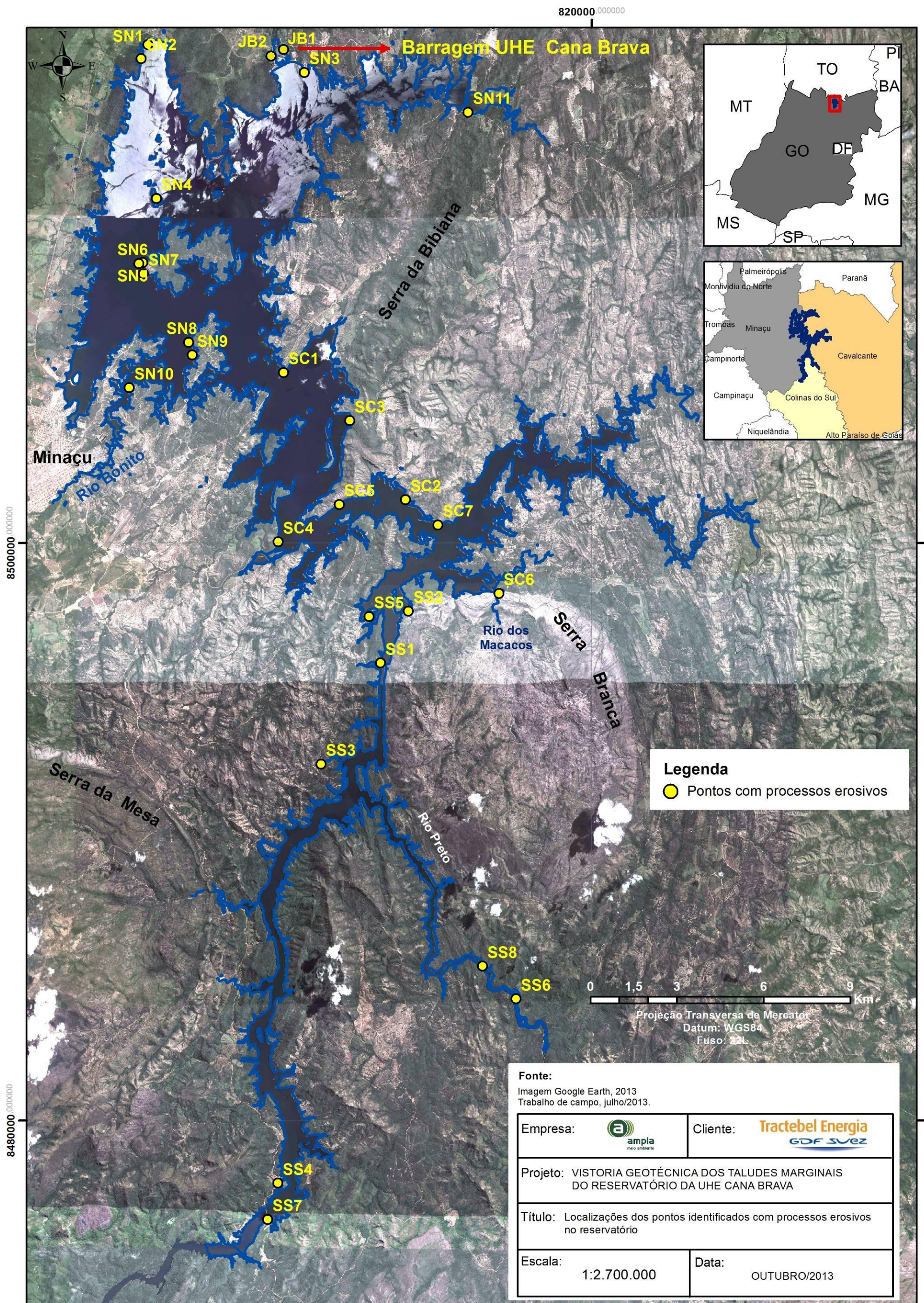


Figura 7-2 – Mapa com as localizações dos pontos vistoriados no reservatório da UHE Cana Brava.



7.1 Pontos relacionados a processos não associados ao reservatório

Neste tópico serão descritos os pontos vistoriados com processos erosivos, cujas causas não estão associadas ao reservatório, mas que de alguma forma intervêm indiretamente neste.

Muitas vezes, as medidas de controle que devem ser implementadas para conter e/ou recuperar as áreas com os respectivos processos, são de responsabilidade de terceiros, mas serão aqui apresentados e descritos.

Este tópico foi dividido em três grupos, sendo eles: 1) relativo aos pontos que ocorrem no entorno da cidade de Minaçu; 2) aos pontos com quedas de blocos; 3) e aos pontos que ocorrem em estradas próximas ao reservatório.

7.1.1 Pontos no entorno da cidade de Minaçu

Segundo relatórios anteriores, de modo geral, os taludes marginais próximos ao remanso do rio Bonito possuem pequena altura e o risco que os mesmos impõem ao reservatório é baixo. As causas associadas às ocorrências de processos erosivos nestes locais não advém do reservatório e sim de fatores externos a ele.

O rio Bonito passa junto à área urbana de Minaçu e existem alguns fatores que influem no assoreamento deste e merecem atenção, pois este rio deságua diretamente no reservatório. Estes fatores são:

- o uso inadequado das margens a montante da ponte que liga o centro de Minaçu ao aeroporto;
- o assoreamento das margens, principalmente nas porções mais baixas do terreno, devido ao escoamento indisciplinado das águas superficiais;
- a ocupação suburbana em progresso com abertura de acessos até o rio;
- antigos aproveitamentos de jazidas (areias), não recuperados ambientalmente;
- a disposição localizada de dejetos e lixo domiciliar;
- a ação de queimadas, que destrói a cobertura vegetal arbórea e arbustiva nas margens do rio, contribuindo substancialmente ao aumento da taxa de assoreamento e descaracterização da paisagem local.

Estas observações também se aplicam ao baixo curso do rio Bonito, principalmente em relação aos problemas de ocupação desordenada, que contribuem para a retirada da vegetação aumentando as áreas com solos expostos, cujas ações propiciam maior susceptibilidade aos escoamentos superficiais de águas pluviais, contribuindo no aumento de erosões e de assoreamento do rio.

Neste campo foram vistoriados 4 pontos (C1, C2, C3 e C4) próximo as margens do rio Bonito que apresentam erosões causadas, principalmente, pelo indisciplinamento das águas pluviais. A Figura 7.1.1-1 apresenta as localizações dos pontos monitorados.

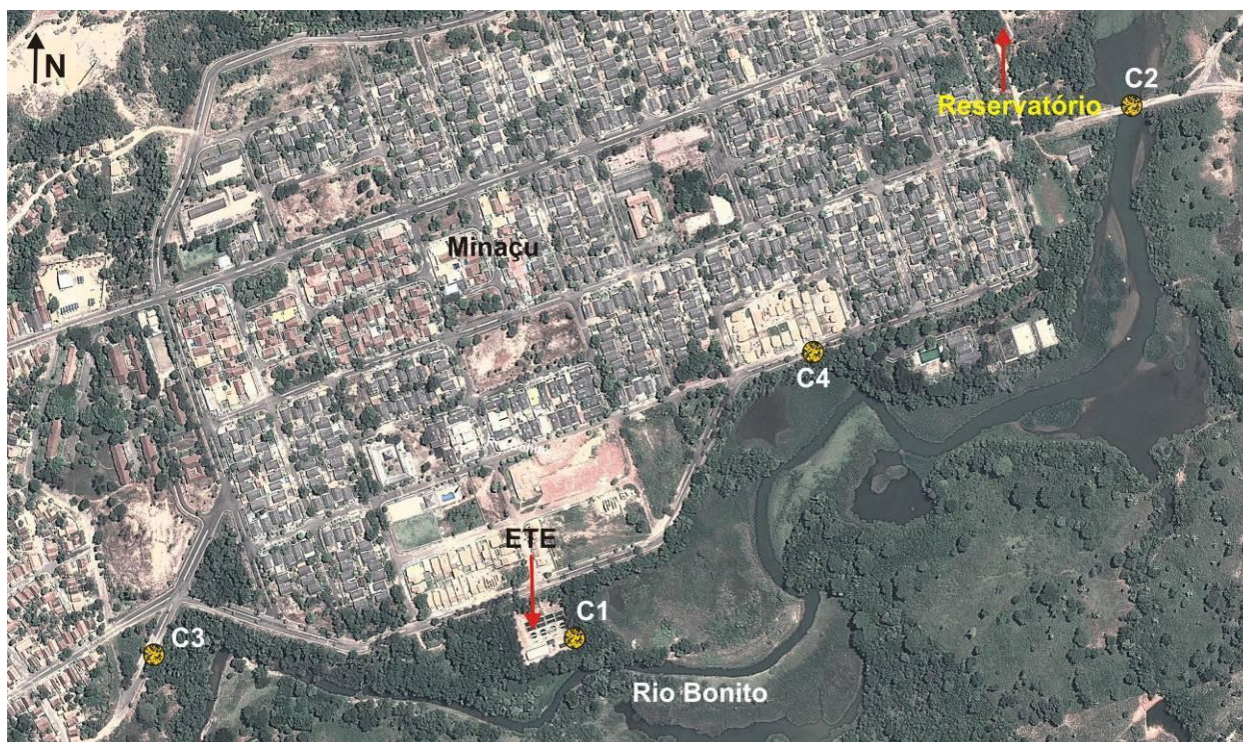


Figura 7.1.1-1 – Localizações dos pontos verificados em campo próximo ao rio Bonito, no qual passa pela cidade de Minaçu (Imagem Google Earth, 2013, sem escala).

Ponto C1 (antigo Ponto 3)

No Ponto C1 (antigo Ponto 3) ocorre uma erosão próxima a ETE da Vila de Furnas (Figura 7.1.1-1). Neste local as tubulações da rede de drenagem pluvial estão destruídas, o que gerou o processo erosivo devido à falta de disciplina das águas das chuvas. Diante das fotos apresentadas, com estrutura danificada (Foto 7.1.1-1), foram apresentadas obras de gestão e projetos já desenvolvidos, notificados através da CE UHCB-0014/2013, executados pela prefeitura.

Neste caso, é necessário arrumar estas tubulações para que o sistema de drenagem das águas pluviais seja eficiente, levando até o rio de forma ordenada as águas vindas das ruas. Devido ao local já apresentar erosão, será necessário também inserir mantas geotêxtil no intuito de controlar este processo. Cabe ressaltar que estas medidas são responsabilidade do Poder Público Municipal.

Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava		19
Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA		AR 673/13 Outubro/2013



Foto 7.1.1-1 – Ponto C1 (antigo Ponto 3). Cabeceira da erosão na margem esquerda do rio Bonito próximo a ETE, onde há o deságue da rede pluvial da Vila de Furnas.

Nota-se que as tubulações da rede pluvial estão destruídas, e com isto formou-se esta erosão pelo indisciplinamento das águas pluviais. De acordo com as fotos não houve um aumento significativo em relação ao seu tamanho.

A Foto 7.1.1-2 mostra a porção inferior da erosão do Ponto C1, que termina na margem do rio Bonito. Nota-se as tubulações dispostas de forma inadequada, e do caminhamento das águas superficiais pluviais até o rio (setas amarelas), causando o assoreamento deste.



Foto 7.1.1-2 – Ponto C1 (antigo Ponto 3). Parte final da erosão, já na confluência com o rio Bonito. Nota-se que a construção da rede de drenagem pluvial não foi concluída, causando o carreamento de sedimentos para o rio (setas amarelas).



Foto 7.1.1-3 – Próximo ao Ponto C1, local onde ocorre o lançamento do efluente tratado pela ETE da Vila de Furnas.

Ponto C3 (antigo Ponto H)

O Ponto C3 (antigo Ponto H) refere-se a uma antiga galeria pluvial destruída, localizada na Avenida Pernambuco, na Vila de Furnas (Foto 7.1.1-4).



Foto 7.1.1-4 – Ponto C3 (Antigo Ponto H). Erosão na galeria pluvial da Av. Pernambuco, na Vila de Furnas. Nota-se que houve um aumento da erosão que destruiu a calçada e já atingiu a via asfaltada (destaque em vermelho).

De fevereiro/2012 para junho/2013 teve um significativo aumento de tamanho e profundidade desta erosão, provavelmente devido ao período de chuvas. Nota-se pontos com lixo.

Conforme as Fotos 7.1.1-4 nota-se que em um ano houve um aumento significativo desta erosão, que já atingiu a via asfáltica. Este aumento, provavelmente se deu no período de chuvas, que com a ineficiência da galeria pluvial há o escoamento superficial pluvial desordenado, e dependendo da velocidade destas águas ocorrem o carreamento do solo para o curso d'água, assoreando-o.

Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava		22
<i>Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA</i>		AR 673/13 Outubro/2013

Assim, é necessário recompor e continuar esta galeria até o rio, para que as águas pluviais sejam conduzidas de forma disciplinada. Ressalta-se que na gestão passada, foi feita uma notificação à Prefeitura quanto a esta erosão, através da CE UHCB-0014/2013.

Ponto C4 (antigo Ponto I)

As Fotos 7.1.1-5 e 6 apresentam o Ponto C4 (antigo Ponto I) que também se refere a uma antiga galeria pluvial, que se localiza na Avenida do Contorno. Neste local houve uma tentativa de contenção deste processo erosivo, pela Prefeitura, por meio de aterramento, o que não funcionou, gerando apenas mais sedimento para o rio Bonito.



Foto 7.1.1-5 – Ponto C4 (antigo Ponto I). Localiza-se na margem esquerda do rio Bonito. Erosão em antiga galeria pluvial, com tentativa de aterramento para contenção.



Foto 7.1.1-6 – Ainda no Ponto C4, mais próximo ao curso d'água, há um buraco, com aproximadamente 1,5 m de diâmetro, causado, principalmente pelo escoamento das águas pluviais e a não finalização da galeria.

<p>Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava</p>	<p>Tractebel Energia GDF SVEZ</p>	<p>23</p>
<p>Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA</p>		<p>AR 673/13 Outubro/2013</p>

Neste caso, é necessário desfazer o aterramento e refazer toda a galeria pluvial, assim como a calçada que foi destruída, impossibilitando os pedestres de utilizá-la. Estas medidas compete ao Poder Público Municipal realizá-las.

Ponto C2 (antigo Ponto Ponte)

Diante das descrições referentes aos Pontos C1, C3 e C4, nota-se que a falta das estruturas de drenagens que contemplam o correto disciplinamento das águas pluviais até os rios, aumentam a susceptibilidade aos processos erosivos nas margens do rio Bonito, e com isto há o carreamento de sedimentos para o corpo d'água causando seu assoreamento e formação de bancos de sedimentos.

A Foto 7.1.1-7 mostra a formação de um banco de areia no rio Bonito localizado a montante da ponte (Ponto C2) decorrente da grande quantidade de sedimentos.

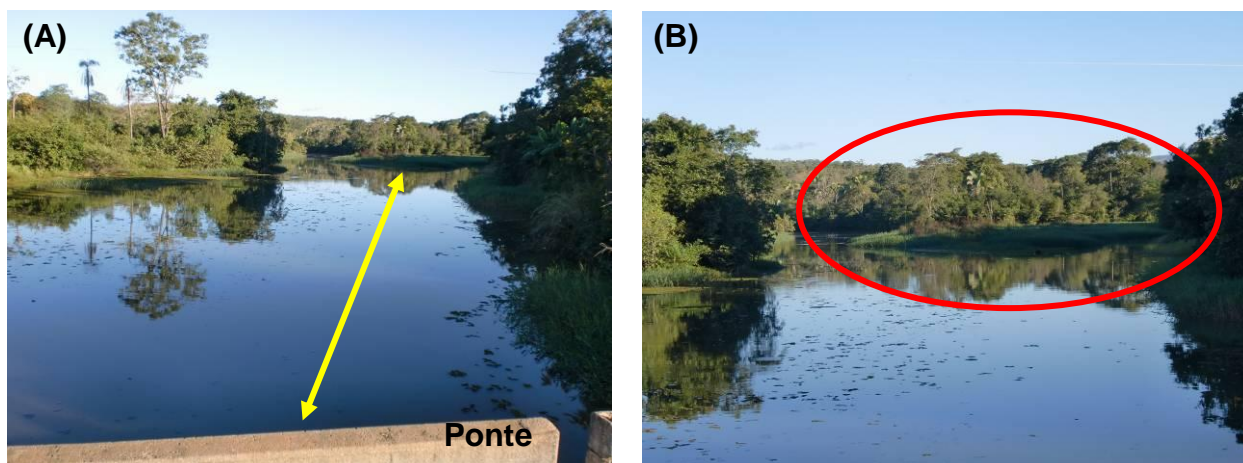


Foto 7.1.1-7 – (A) Localização do banco de areia no rio Bonito a montante da ponte (Ponto C2). Nota-se sua proximidade com a ponte. **(B)** Imagem aproximada do banco de areia já consolidado e com vegetação.

A Figura 7.1.1-2 mostra na imagem de satélite (Google Earth, 2013) a localização deste depósito de sedimento, que hoje encontra-se consolidado e com vegetação.



Figura 7.1.1-2 – Localização do banco de sedimentos no rio Bonito (destaque em vermelho) a montante da ponte, e das macrófitas aquáticas (destaque em verde) a jusante da ponte, indo em direção ao reservatório (Google Earth, 2013, sem escala).

A Foto 7.1.1-8 mostra o Ponto C2 (antigo Ponto 'Ponte'). Esta ponte corta o rio Bonito, a jusante do Ponto C1, onde está a ETE.

Nesta porção do rio ocorre uma grande quantidade de macrófitas aquáticas. Isto se deve, principalmente pelo tipo de tratamento efetuado na ETE, que trata apenas o DBO. Com isto, a água que é devolvida novamente ao corpo hídrico contém nutrientes, e esta abundância de nutrientes propicia o crescimento destas algas, que em grande quantidade causam a eutrofização nos rios. Além disto, há esgotos clandestinos que são despejados *in natura* no rio, aumentando ainda mais a ocorrência destas algas.

As medidas necessárias à revitalização deste rio compete ao Poder Público Municipal. No entanto, medidas corretivas serão implementadas pela UHE Cana Brava. Uma delas, ainda em análise, é a implantação de Log Boom a jusante da ponte.

Os Log Booms são barreiras de contenções projetadas para coletar e conter todo tipo de detritos flutuantes, e geralmente são compostas por estruturas e engates metálicos e por boias cilíndricas, de diversos tamanhos e formatos de acordo com as necessidades do projeto. Com isto, impede que estas macrófitas aquáticas adentrem ao reservatório.

Atualmente, devido a grande quantidade de algas vindas do rio Bonito para o reservatório, é realizada periodicamente a retirada destas algas de forma mecanizada,

Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava		25
Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA		AR 673/13 Outubro/2013

além disto, há uma barreira feita de bambu colocada no reservatório, próximo a cidade, para conter a entrada das macrófitas aquáticas (Foto 7.1.1-9).



Foto 7.1.1-8 – Ponto C2 - Ponte que corta o rio Bonito, próximo a ETE da Vila de Furnas. Nota-se a grande quantidade de macrófitas aquáticas devido ao excesso de nutrientes, causando a eutrofização deste curso d'água.



Foto 7.1.1-9 – (A) Macrófitas aquáticas no interior do reservatório; **(B)** barreira feita de bambu para tentar conter a entrada destas algas no reservatório.

Síntese:

Os 4 pontos analisados neste item (C1, C2, C3 e C4) estão localizados em área urbana, assim os processos erosivos que ocorrem nestes locais são inerentes a fatores de infraestrutura da cidade, como saneamento básico, estruturas de drenagem pluvial, ocupações irregulares nas margens de rios, dentre outros.

Assim, não é da responsabilidade da UHE Cana Brava assumir estes passivos ambientais, ficando a cargo da Prefeitura Municipal de Minaçu. No entanto, é de grande interesse a remediação destas erosões, que de forma indireta causa o assoreamento

Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava		26
Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA		AR 673/13 Outubro/2013



do reservatório, e também vindas de grande quantidade de macrófitas aquáticas, podendo alterar a qualidade destas águas.

7.1.2 Quedas de Blocos

A queda de blocos é caracterizada como um tipo de movimento de massa. Este processo é caracterizado por movimentos rápidos em queda livre pela ação da gravidade e típicos de áreas muito íngremes. Nas áreas onde este tipo de movimento ocorre, normalmente existe a presença de fraturas nos paredões rochosos ou há um desgaste na base da encosta, o que provoca a queda superior do bloco. Além disso, descontinuidades e/ou alívios de tensão poderão ocasionar quedas (Florenzano, 2008).

Em relatórios anteriores foram incorporados alguns pontos referentes a processos de quedas de blocos ao monitoramento dos taludes marginais do reservatório, identificados como áreas de risco em função de que o enchimento do reservatório poderia alterar as condições de preenchimento das fraturas (alteração das pressões hidrostáticas) e causar queda de blocos. E em rochas calcárias poderiam ocorrer cavidades de dissolução por infiltração de águas pluviais, podendo ocasionar em deslocamentos de lascas e blocos.

As Fotos 7.1.2-1 a 5 mostram os pontos identificados com processos de quedas de blocos.



Foto 7.1.2-1 – Ponto SN11. Ponto localizado no começo da Serra da Bibiana, com formação de rochas calcárias.

Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava	Tractebel Energia GDF SVEZ	27
Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA		AR 673/13 Outubro/2013



Foto 7.1.2-2 – Ponto SC5 (antigo Ponto 14). Localizado no contraforte da Serra da Bibiana, na margem direita do rio Tocantins. Caracteriza-se por escarpas em rochas calcárias e cones de cólvio/tálus na meia-encosta e base da vertente.



Foto 7.1.2-3 – Ponto SS1 (antigos Pontos 23 e 24). Este local apresenta um extenso paredão escarpado de rochas quartzíticas.

Assim, a queda de blocos é um processo natural, sendo de difícil monitoramento visual, uma vez que ocorre repentinamente.

Neste caso, na próxima vistoria será feita uma análise com mais afinco para checar a necessidade ou não da instalação de possíveis placas de sinalização, para alertar quanto a possíveis quedas de blocos. Diante disto, estes pontos serão retirados dos próximos relatórios, já que não apresentam nenhuma interferência no reservatório.

Outros dois pontos, SC3 (antigo P12) e SC4 (antigo P13), referentes a Gruta da Bibiana e ao Sítio Arqueológico, respectivamente, também serão retirados dos próximos relatórios, já que se configuram por um local de beleza cênica e não de riscos ao reservatório. Ressalta-se que a caverna está estável, e não tem influência do reservatório, cuja cota mais alta (NA) não alcança a entrada da caverna, assim como no sítio arqueológico.



Foto 7.1.2-4 – Ponto SC3 (antigo Ponto 12). Gruta da Bibiana Este ponto se caracteriza por uma encosta rochosa escarpada na margem direita do reservatório, formada por rocha calcária com desenvolvimento de ampla e complexa caverna de grande atratividade e beleza, apresentando em seu interior um variado conjunto de formas e ornamentações, como espeleotemas e travertino.

Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava		29
<i>Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA</i>		AR 673/13 Outubro/2013



Foto 7.1.2-5 – Ponto SC4 (antigo Ponto 13). Localizado na margem esquerda do rio Tocantins na Serra da Bibiana referente ao Sítio Arqueológico. No Sítio Arqueológico ocorre o afloramento de rocha carbonática em margem escarpada e pontos de quartzito. Apresenta cores variegadas, com cavidades de dissolução, com formação de caverna, localmente com talude negativo (mergulho aparente contrário ao leito do rio), NA um pouco abaixo do piso da caverna, extensão ao longo da margem de, aproximadamente 70 metros.

Síntese:

Estes pontos apresentados cujos processos estão associados a quedas de blocos serão retirados no próximo relatório, uma vez que este tipo de processo é natural, sendo de difícil monitoramento visual, e ocorre repentinamente. Assim, recomenda-se reforçar a sinalização nestes pontos.

7.1.3 Estradas

Neste item serão apresentados os pontos relativos aos processos de assoreamento associados às estradas próximas ao reservatório, que ainda são utilizadas e/ou que foram desativadas e apresentam más condições de uso e falta de manutenção.

Ponto SS2 (antigo Ponto 21)

No Ponto SS2 (antigo Ponto 21), tem-se uma ruptura do aterramento de uma antiga estrada que se rompeu devido à baixa capacidade de vazão dos bueiros que estavam instalados e pela baixa resistência do aterro propriamente dito. Este aterro, devido à baixa capacidade de vazão, atuava como um dique, e que em função de chuvas acumuladas na bacia a montante, acabaram por elevar as cargas e causar a ruptura da estrutura.

Esta estrada está desativada há algum tempo e é de responsabilidade do Poder Público Municipal, visto que a Prefeitura de Cavalcante-GO foi notificada através da CE UHCB-0015/2012..

Na última vistoria não foi verificado nenhuma progressão significativa desta erosão,

Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava	Tractebel Energia GDF SVEZ	30
Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA		AR 673/13 Outubro/2013

porém houve um aumento da regeneração natural da vegetação nativa (Foto 7.1.3-1).



Foto 7.1.3-1 – Ponto SS2 (antigo Ponto 21). Este ponto se refere a ruptura do aterro de uma estrada, causada pela baixa capacidade de vazão dos bueiros que provocou a erosão dos taludes e assoreamento no reservatório. De acordo com as fotos temporais não foi identificado nenhuma evolução em termos de erosão, e sim de aumento de vegetação.

Ponto SS3 (antigo Ponto 26)

Próximo à barra do rio Preto na margem esquerda do Rio Tocantins tem-se o Ponto SS3 (antigo Ponto 26), colocado nos relatórios anteriores como uma das áreas mais preocupantes na região, em relação ao desequilíbrio nas condições geotécnicas das margens do reservatório. Verificou-se que ao longo das vistorias o local apresentou progressivo avanço. Abaixo segue os principais pontos destacados em relatórios anteriores:

- área bastante degradada, relativa ao corte e aterro do material superficial para instalação do acesso, sem recuperação ambiental, contribuindo ao progressivo deterioramento por erosão da estrutura viária, notavelmente evoluída desde as últimas vistorias (Foto 7.1.3-2);
- estruturas de drenagem, tais como bueiro de transposição da estrada, subdimensionado, danificado, com falta de estruturas de dissipação a jusante;
- erosões generalizadas por ação de águas superficiais pluviais sem drenagem superficial (canaletas de crista, de pé-de-talude de aterro, e talvez em espinha-de peixe etc.);

Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava		31
Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA		AR 673/13 Outubro/2013

- manilhas de descarga pós-bueiro, danificadas, inoperantes (Foto 7.1.3-2 B);
- erosões no corpo de aterro da estrada;
- erosões ao longo de vários trechos da estrada.

Estas erosões são causadas principalmente pela falta do disciplinamento das águas superficiais pluviais nesta estrada, com isto, em períodos chuvosos ocorre o carreamento dos sedimentos para dentro do reservatório e o aumento das ravinas formando erosões maiores (7.1.3-3). Nesta vistoria verifica-se que houve um aumento destas erosões, principalmente em relação às ravinas na beira da estrada (7.1.3-4).

Ressalta-se que toda a carga de material proveniente destas erosões está sendo carregada para o reservatório, contribuindo, sobremaneira, para o seu assoreamento (Foto 7.1.3-5).

Esta estrada é municipal, e é utilizada pela população do entorno desta região, assim a responsabilidade de recuperar as estruturas de drenagens é do Poder Público Municipal de Minaçu-GO.



Foto 7.1.3-2 – Ponto SS3 (antigo Ponto 26). (A) Área com intensos processos erosivos, ao lado da estrada; (B) Detalhe das estruturas de drenagens, inadequadas e deterioradas, a jusante do aterramento da estrada.



Foto 7.1.3-3 – Ponto SS3. Detalhe de um dos locais do Ponto SS3 referente às erosões em forma de ravinas ao lado da estrada, intensificados em períodos chuvosos pelo escoamento superficial das águas pluviais.



Foto 7.1.3-4 – Ponto SS3. Erosão nas imediações da estrada próxima a margem do reservatório. Nota-se sua profundidade, com aproximadamente 1 metro, e os sulcos causados pelo escoamento superficial das águas pluviais. Houve um aumento desta erosão desde maio de 2011.

Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava		33
Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA		AR 673/13 Outubro/2013



Foto 7.1.3-5 – Ponto SS3. Assoreamento pontual no reservatório causado pelo carreamento de sedimentos advindos destas erosões a montante.

Ponto SS4 (antigo Ponto 31)

O Ponto SS4 (antigo Ponto 31) refere-se a um trecho da GO-132 que apresenta erosões na estrada, cuja carga sólida está sendo conduzida ao reservatório e contribuindo para o seu assoreamento (Foto 7.1.3-6).

Os processos erosivos deste ponto estão evoluindo, principalmente nos períodos chuvoso. Nota-se que a topografia é acidentada o que aumenta a velocidade de escoamento das águas superficiais pluviais intensificando os processos erosivos já existentes (Fotos 7.1.3-7 e 8).

A AGETOP já foi notificada através da CE UHCB-0010/2012 à respeito destes processos erosivos, e em resposta informou que quando houvesse trabalhos na região tomariam as providências necessárias, conforme Anexo 1.



Foto 7.1.3-6 – Ponto SS4 (antigo Ponto 31). Vista geral da erosão, que causa assoreamento pontual no reservatório.



Foto 7.1.3-7 – Ponto SS4 (antigo Ponto 31). Verifica-se erosões na beira da estrada de terra (círculos). As setas amarelas indicam o caminho dos fluxos superficiais pluviais que seguem a topografia do terreno e com isto abrem e intensificam os sulcos carreando sedimentos direito ao reservatório (seta vermelha).



Foto 7.1.3-8 – Ponto SS4. Detalhe das erosões da Foto 7.1.3-7 que ocorrem na estrada de terra GO-132.



Ponto SS5 (antigo Ponto 22)

A Foto 7.1.3-9 mostra a erosão do Ponto SS5. Neste ponto existia um porto de balsa que atualmente encontra-se desativado. A estrada existente no local, sem sistema de

Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava		35
Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA		AR 673/13 Outubro/2013

drenagem, causa erosões que se encontram em progresso em relação às inspeções anteriores (Foto 7.1.3-10).

A falta de um sistema de drenagem, em conjunto com vegetação escassa e presença de solos arenosos a pedregosos, contribui significativamente para a ocorrência de erosões.



Foto 7.1.3-9 – Ponto SS5 (antigo Ponto 22). Vista geral da erosão.



Foto 7.1.3-10 – Ponto SS5. (A) Estrada que vai até o local da balsa. **(B)** Ravinamento causado pelo escoamento superficial pluvial.

Segundo informações da Tractebel nesta área foram realizados o plantio de espécies nativas há, aproximadamente 1 ano e meio e feitos algumas barreiras no interior dos sulcos para diminuir a velocidade das águas superficiais devido a declividade do terreno (Foto 7.1.3-11).



Foto 7.1.3-11 – Ponto SS5. Foto de julho de 2012 referente ao plantio de espécies nativas reflorestadas realizada pela Tractebel.



Foto 7.1.3-12 – Ponto SS5. Foto de fevereiro de 2012 e foto atual. Nota-se que houve uma recuperação desta ravina, com plantio de vegetação e construção de barreiras para diminuir a velocidade do escoamento das águas superficiais pluviais.

<p>Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava</p>	<p>Tractebel Energia GDF SVEZ</p>	<p>37</p>
<p>Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA</p>		<p>AR 673/13 Outubro/2013</p>




Nesta última vistoria foi constatada uma recuperação desta área, devido às ações de controle implantadas no local, onde os locais com ravinamento diminuíram, como mostra a Foto 7.1.3-12. No entanto, ainda é necessário seu monitoramento e, se possível, plantio de gramíneas para diminuir o carreamento de sedimentos, como também construir estruturas maiores em forma de camalhões para conter o escoamento superficial de águas pluviais devido a declividade do terreno.

Síntese:

Os pontos identificados com processos erosivos associados às estradas próximas ao lago causam carreamento de sedimentos para dentro do reservatório, sendo intensificados nos períodos chuvosos, causando o assoreamento pontual deste.

As recuperações destas estradas e das estruturas de drenagens pluviais são de competência do Poder Público Municipal de Minaçu e/ou da AGETOP (Agência Goiana de Transportes e Obras).

Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava		38
<i>Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA</i>		AR 673/13 Outubro/2013

7.2 Pontos relacionados a processos associados ao reservatório

Neste tópico serão apresentados os pontos cujos processos erosivos estão diretamente associados à dinâmica do reservatório.

As descrições dos pontos estão divididas em relação aos tipos de processos. São eles: a) assoreamento; b) escorregamento; c) solapamento das margens pelo embate de ondas; d) outros, referentes aos pontos que não se enquadram em nenhum dos outros itens; e) e a jusante da barragem.

7.2.1 Processos de Assoreamento

Normalmente, as barragens geram uma redução das velocidades da corrente provocando a deposição gradual dos sedimentos carregados pelos cursos d'água, ocasionando o assoreamento. Neste item será apresentado um ponto em que ocorre assoreamento, cujos sedimentos veem do rio dos Macacos que deságua diretamente no reservatório. Porém, este assoreamento é um volume pouco significativo comparado ao volume total do reservatório.

Ponto SC6 (antigos Pontos 19 e 20)

O Ponto SC6 (antigos Pontos 19 e 20) se refere a foz do rio dos Macacos, e ao lado tem-se uma encosta com afloramentos rochosos, como mostra Figura 7.2.1-1 e a Foto 7.2.1-1, respectivamente.



Figura 7.2.1-1 – Imagem com a localização do ponto SC6 e a foz do rio dos Macacos (Imagem Google Earth, 2013).

Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava		39
Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA		AR 673/13 Outubro/2013



Foto 7.2.1-1 – Ao lado do Ponto SC6, ou seja, da foz do rio dos Macacos, tem-se uma encosta com afloramentos rochosos de quartzitos.

A foz do rio dos Macacos está próximo à ponte Rio dos Macacos, onde ocorre um intenso assoreamento natural devido ao remanso final do reservatório, onde os sedimentos carregados pelo rio a montante acabam por se depositar no início do trecho do reservatório, devido a perda de velocidade.

Segundo relatórios anteriores, o assoreamento neste local tem evoluído ao longo das vistorias (Foto 7.2.1-2), e este tipo de assoreamento dá-se principalmente pelas características dos solos da Serra Branca, com textura siltosa e arenosa, no qual facilitam os processos erosivos, e também pela presença de mineradoras na Serra Branca a montante do rio, o que podem causar erosões, favorecendo o assoreamento a jusante.

Nesta vistoria constatou-se o aumento do leque de deposição, cujos sedimentos apresentam características de areia mal selecionada e granulometria grosseira (Foto 7.2.1-3 e 4), formando um banco de areia. Em relação à encosta com afloramentos rochosos, neste local pode ocorrer deslocamento e queda de lascas destes afloramentos. No entanto, este tipo de processo não causa nenhum risco ao reservatório em termos de diminuição do volume útil.

Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava	Tractebel Energia GDF SVEZ	40
Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA		AR 673/13 Outubro/2013



Foto 7.2.1-2 – Ponto SC6 (antigo Ponto 19). Refere-se a deposição em forma de leque de sedimentos na foz do rio dos Macacos vindos a montante deste, que deságua diretamente no reservatório. Nota-se para a evolução deste depósito. A foto de fevereiro de 2012 mostra o reservatório cheio, no qual encobre o banco de areia. Já em novembro de 2012 e junho de 2013 tem-se o banco de areia à mostra, devido ao NA baixo.



Foto 7.2.1-3 – Ponto SC6. (A) Vista do banco de areia formado pelos sedimentos vindos do rio dos Macacos que deságua no reservatório. **(B)** Nota-se para a granulometria grosseira da areia, mal selecionada e com presença de pequenos grânulos.

Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava		41
Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA		AR 673/13 Outubro/2013



Foto 7.2.1-4 – Ponto SC6. Vista geral da deposição em forma de leque dos sedimentos vindos do rio dos Macacos e que se depositam em local de remanso do reservatório.

Síntese:

Este é um ponto que merece atenção, porém não influi diretamente no volume útil do reservatório, já que o leque possui dimensão muito maior que o reservatório em geral. Devido à perda de velocidade/energia quando o rio dos Macacos encontra com o reservatório, todo o sedimento vindo deste rio se deposita no remanso do reservatório, formando um leque aluvial.

7.2.2 Solapamento das margens pelo embate de ondas

Neste item serão descritos todos os pontos identificados no reservatório que apresentam processos erosivos por solapamento das margens devido ao embate de ondas.

Ponto SN1

Este ponto foi incorporado nesta vistoria, e se localiza próximo ao Dique 2, junto a ombreira oeste. Neste local, havia um acampamento, no qual foi aterrado (Figura 7.2.2-1).

O solo nesta área possui textura argilosa, e com o embate das ondas ocorre a retirada deste material fino por solapamento, deixando a água ao redor turva, como mostra a Foto 7.2.2-1.

Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava	Tractebel Energia GDF SVEZ	42
Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA		AR 673/13 Outubro/2013



Figura 7.2.2-1 – Imagem em detalhe da localização do Ponto SN1, próximo ao Dique 2 (Imagem Google Earth, 2013, sem escala).



Foto 7.2.2-1 – Ponto SN1 - Próximo ao dique 2, com erosão por embate de ondas.

Ponto SN2 (antigo P9)

Neste ponto há erosão por embate de ondas que causam o solapamento das margens do reservatório. A Figura 7.2.2-2 apresenta em detalhe sua localização.

Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava		43
Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA		AR 673/13 Outubro/2013



Figura 7.2.2-2 – Imagem em detalhe da localização do Ponto SN2 (Imagem Google Earth, 2013, sem escala).

Verificou-se que neste local ocorrem rochas ultramáficas que apresentam em sua composição ferro e magnésio, o que dá a coloração avermelhada ao solo, como mostra a Foto 7.2.2-2.

Esta erosão se encontra próxima a Serra Cana Brava. Possui aproximadamente 1,5 metros de depósito coluvionar, ou seja, material decomposto transportado por gravidade, e apresenta uma matriz coesa, de textura areno-argilosa. Nota-se que os taludes são quase verticais, provavelmente encontra-se próximo a estabilização devido a maior coesão do solo e o afloramento da rocha.

Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava		44
<i>Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA</i>		AR 673/13 Outubro/2013



Foto 7.2.2-2 – Ponto SN2 (antigo Ponto 9) - Erosão causada por solapamento da margem devido ao embate das ondas do reservatório.

Ponto SN3 (antigo P10)

A Figura 7.2.2-3 apresenta o Ponto SN3, próximo ao dique 1, cujo processo erosivo ocorre na zona de oscilação do nível do reservatório, causado pela ação das ondas.



Figura 7.2.2-3 – Imagem em detalhe da localização do Ponto SN3 (antigo P10). Nota-se que a área apresenta solo exposto (Imagem Google Earth, 2013, sem escala).

Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava		45
<i>Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA</i>		AR 673/13 Outubro/2013

A extensão da área afetada é da ordem de 80 metros, sendo que, para melhoria dos aspectos visuais, segundo relatório anterior foi recomendado efetuar a proteção com aplicação de tela geossintética, enrocamento ou paliçadas em madeira tratada, acompanhado de plantio de arbustivas e gramíneas da região.

Nesta última vistoria verificou-se que não houve um avanço significativo desde fevereiro de 2012, como mostra a Foto 7.2.2-3. Neste ponto ocorrem solos litólicos, ou seja, pouco desenvolvidos, em torno de 40 cm de espessura, sob o horizonte de regolito, neste caso, o Micaxisto (Xisto alterado), Foto 7.2.2-4. Neste ponto a margem será erodida até atingir seu perfil de estabilidade, ou até encontrar o material resistente (a rocha).



Foto 7.2.2-3 – Ponto SN3 (antigo P10) - Nota-se que não houve um aumento significativo no período de fevereiro de 2012 até junho de 2013.



Foto 7.2.2-4 – Ponto SN3. Detalhe do solo litólico e do regolito (xisto alterado).

Ponto SN4

Este ponto foi adicionado nesta vistoria, e se localiza na Ilha 66, como mostra a Figura 7.2.2-4.

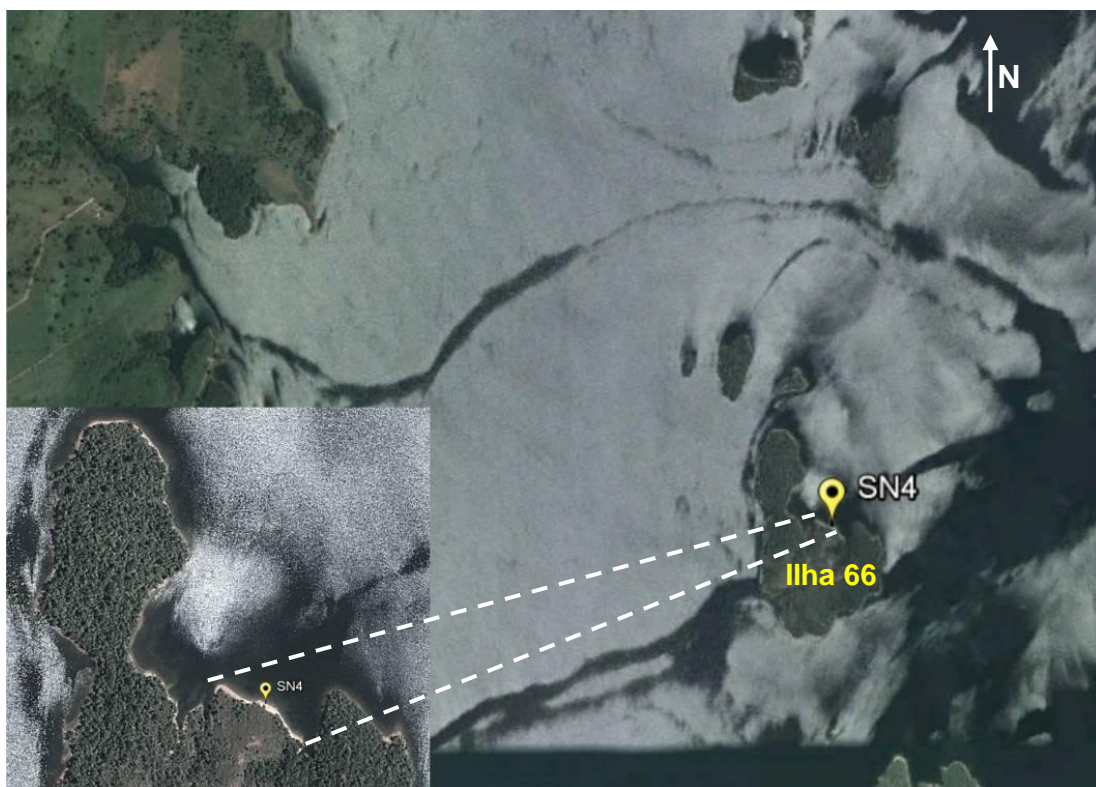


Figura 7.2.2-4 – Imagem em detalhe da localização do Ponto SN4, que se insere na Ilha 66, no interior do reservatório. Nota-se no canto inferior esquerdo da imagem, o solo exposto (Imagem Google Earth, 2013, sem escala).

Assim como as outras, esta erosão também ocorre pelo embate das ondas, que causa o solapamento das margens. A Foto 7.2.2-5 apresenta este processo erosivo que se encontra em uma vertente convexa, com aproximadamente 30 a 40% de declividade. Este tipo de vertente é caracterizado como distribuidora de água, que normalmente, facilita o desenvolvimento do rastejamento.

Nota-se nesta área a ocorrência de depósito de seixos coluvionares, ou seja, material solto encontrado nos sopés das encostas e que foi transportado por gravidade; e também o solo, sendo o resultado da alteração do micaxisto, no qual possui textura arenosa e baixa coesão entre as partículas, o que resulta em maior facilidade no arraste deste material.

Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava		47
<i>Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA</i>		AR 673/13 Outubro/2013



Foto 7.2.2-5 – Ponto SN4. Erosão causada pelo embate de ondas em uma vertente convexa. Com o solapamento das margens, o material de base vai sendo erodido pelas águas e o que está por cima vai desmoronando. Este processo se prolonga até a vertente atingir seu nível de base (rocha), ou até a altura do N.A. máximo do reservatório.



Foto 7.2.2-6 – Ponto SN4. Nota-se o depósito de seixos coluvionares na parte superior do terreno (destaque em vermelho), e logo abaixo o solo, com aproximadamente 1,5 metros de espessura.

Esta erosão ainda tende a evoluir, horizontalmente, até o nível máximo da água do reservatório, ou a partir do momento que atingir seu nível de base. Assim, uma das medidas de controle é monitorar esta evolução, por meio de evolução com a implantação de pinos, os quais medirão a quantidade de solo erodido, desde que o pino foi implantado até a seguinte vistoria. No momento em que o terreno encontrar-se estável, faz-se as intervenções necessárias, como revegetar a área, construir paliçadas, dentre outras medidas que serão apresentadas nas recomendações com mais detalhe.

Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava		48
<i>Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA</i>		AR 673/13 Outubro/2013

Ponto SN5

Este ponto também foi adicionado nesta vistoria. A Figura 7.2.2-5 mostra o local com maior detalhe.



Figura 7.2.2-5 – Imagem em detalhe da localização do Ponto SN5, que se insere na Ilha 75, no interior do reservatório (Imagem Google Earth, 2013, sem escala).

No ponto SN5 (Foto 7.2.2-6) ocorre o mesmo processo erosivo que no ponto descrito anteriormente (SN4), porém o tipo de rocha encontrado neste local é o gnaisse. O solo é proveniente da alteração deste gnaisse sendo espesso e com textura areno-siltosa. Acima deste solo encontra-se depósito coluvionar com espessura em torno de 30 a 40 cm (Foto 7.2.2-7).



Foto 7.2.2-6 – Ponto SN5. Vista do processo erosivo localizado na Ilha 75, por embate de ondas.

<p>Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava</p>		<p>49</p>
<p>Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA</p>		<p>AR 673/13 Outubro/2013</p>

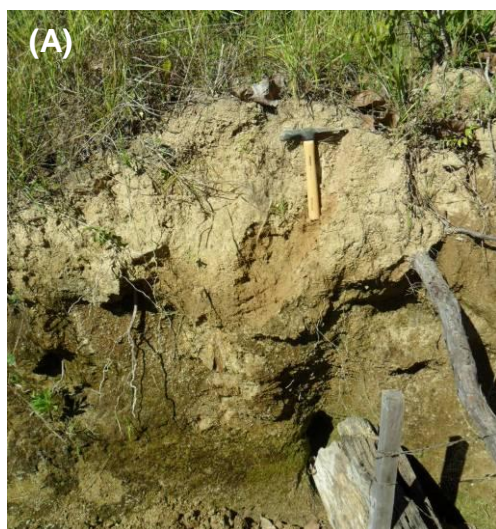


Foto 7.2.2-7 – Ponto SN5. (A) Detalhe do material coluvionar, e abaixo o solo proveniente da alteração do gnaiss com textura areno-siltosa; **(B)** Gnaiss (destaque em preto).

Ressalta-se que neste local houve tentativa de implantação de paliçadas com madeira para conter o processo erosivo, mas como mostram as Fotos 7.2.2-8 não obteve sucesso. Isto ocorreu, pois a erosão não atingiu seu nível de estabilidade com a elevação do NA.

Neste caso, assim como no Ponto SN4, primeiro deve haver uma estabilização deste processo, e posteriormente implementar medidas de controle.



Foto 7.2.2-8 – Ponto SN5. Estruturas de paliçadas em madeira para tentar conter o processo erosivo.

Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava		50
<i>Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA</i>		AR 673/13 Outubro/2013

Ponto SN6

O Ponto SN6 também se localiza na Ilha 75, próximo ao ponto SN5. A Figura 7.2.2-6 apresenta sua localização.



Figura 7.2.2-6 – Imagem em detalhe da localização do Ponto SN6, que se insere na Ilha 75, no interior do reservatório (Imagem Google Earth, 2013, sem escala).

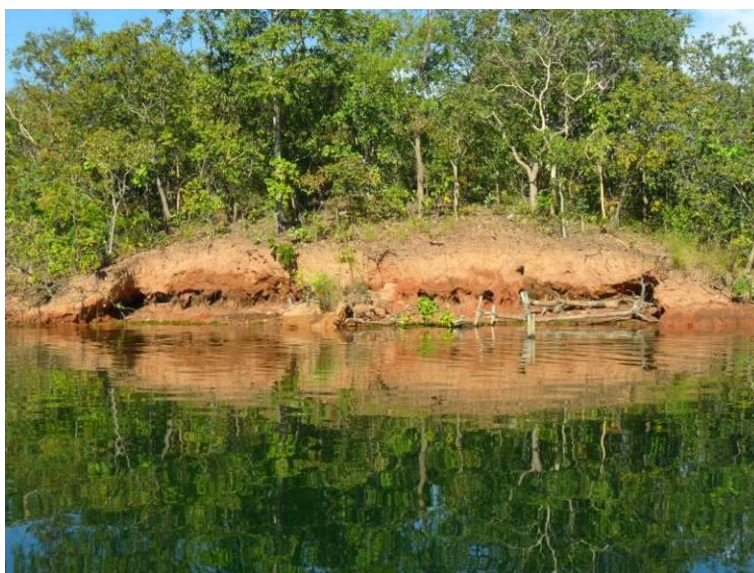


Foto 7.2.2-9 – Ponto SN6. Vista da erosão localizada na Ilha 75, causada pelo embate das ondas do reservatório.

A Foto 7.2.2-9 apresenta a área com o processo erosivo causado pelo embate de ondas. A parte mais profunda do perfil é composta pelo horizonte C, ou seja, solo pouco ou parcialmente alterado, que apresenta pouca coesão devido ao material

Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava		51
Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA		AR 673/13 Outubro/2013

inconsolidado. Assim, com o embate das ondas do reservatório, este material menos resistente vai sendo erodido, desestabilizando o que está acima dele (Foto 7.2.2-10 A).

Nota-se que neste ponto também há a presença de depósito de seixos coluvionares na porção superficial do solo (Foto 7.2.2-10 B).

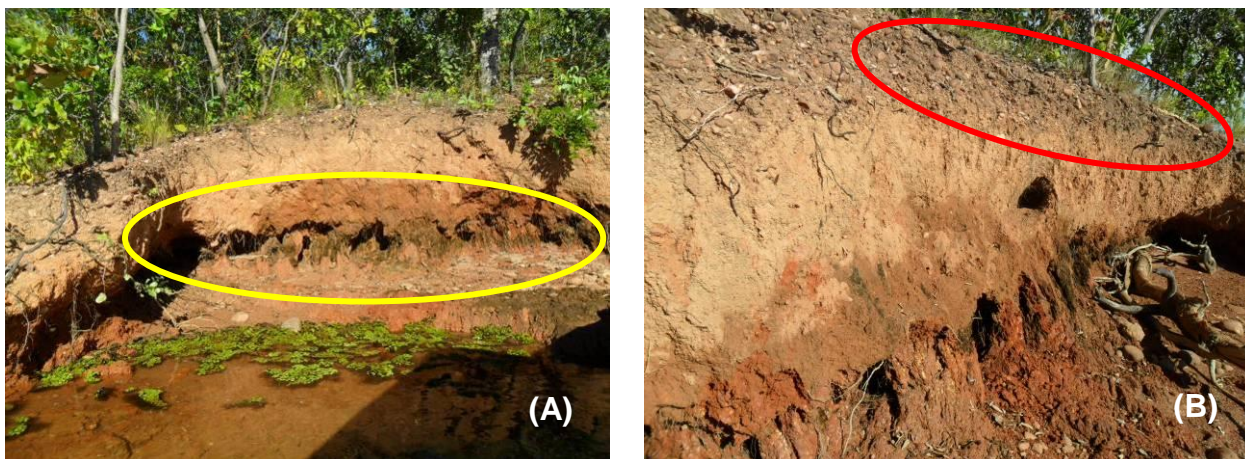


Foto 7.2.2-10 – Ponto SN6. (A) Ação do embate das ondas que causa a retirada de material menos resistente do talude (destaque em amarelo) desestabilizando a porção superior deste talude e conseqüente desmoronamento; **(B)** Linha de depósito de seixos coluvionares (destaque em vermelho).

Neste local também houve a tentativa de estabilização do processo erosivo por meio de paliçadas de madeira, e que também não obteve sucesso, sendo destruído pelo avanço do processo de solapamento da margem.

Ponto SN7 (Antigo P6)

O Ponto SN7 é referente ao antigo Ponto 6, e está na Ilha 75 como mostra a Figura 7.2.2-7.

Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava		52
Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA		AR 673/13 Outubro/2013

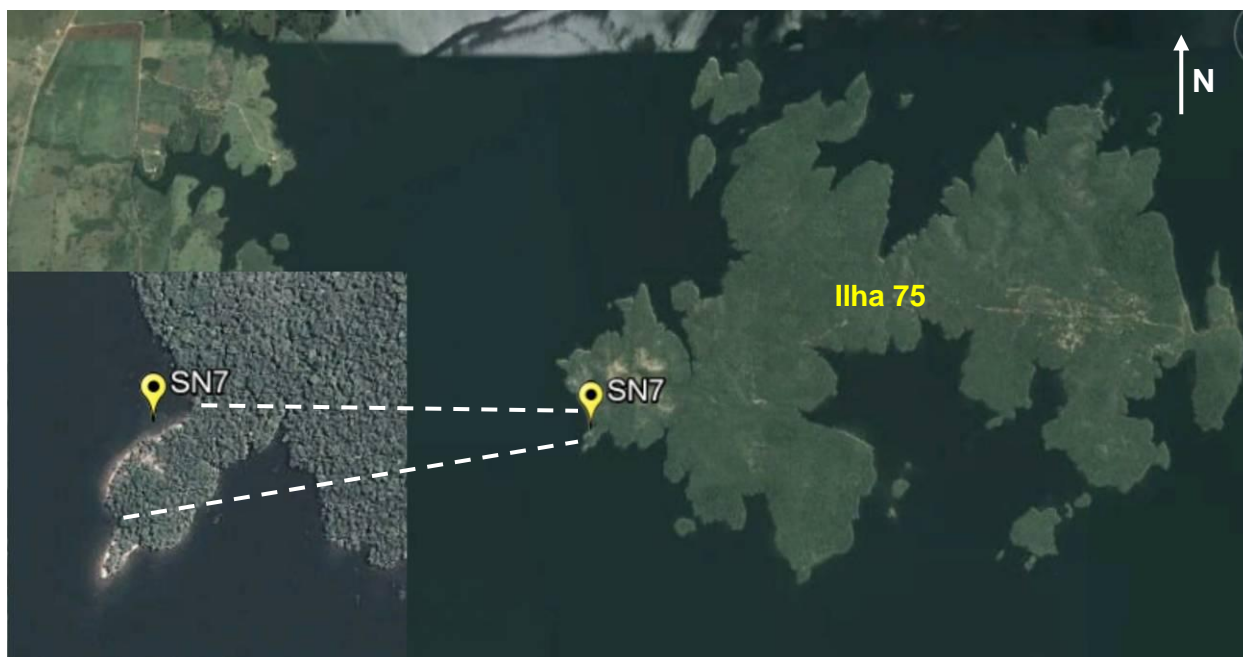


Figura 7.2.2-7 – Imagem em detalhe da localização do Ponto SN7 (antigo P6), que está na Ilha 75, no interior do reservatório (Imagem Google Earth, 2013, sem escala).

A área afetada neste ponto possui uma extensão da ordem de 100 metros, e em comparação com fotos da vistoria de maio de 2011, aparentemente não houve aumento significativo deste processo erosivo (Foto 7.2.2-11).



Foto 7.2.2-11 – Ponto SN7 (antigo P6). Erosão localizada na Ilha 75. Nota-se que em relação a maio de 2011 não houve um aumento significativo.

Para melhoria dos aspectos visuais, recomendou-se em relatórios anteriores, efetuar proteção com aplicação de tela geossintética, enrocamento ou paliçadas em madeira tratada. Como observado na Foto 7.2.2-12 realizou-se a aplicação de paliçada em

Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava		53
Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA		AR 673/13 Outubro/2013

madeira, que à princípio também não foi muito eficiente, pois foi destruído pelo embate de ondas.



Foto 7.2.2-12 – Ponto SN7. Tentativa de conter a erosão com paliçadas de madeira.

Ponto SN8 (antigo Ponto 5)

O Ponto SN8 refere-se ao Ponto 5 do relatório anterior. A Figura 7.2.2-8 apresenta sua localização na imagem.

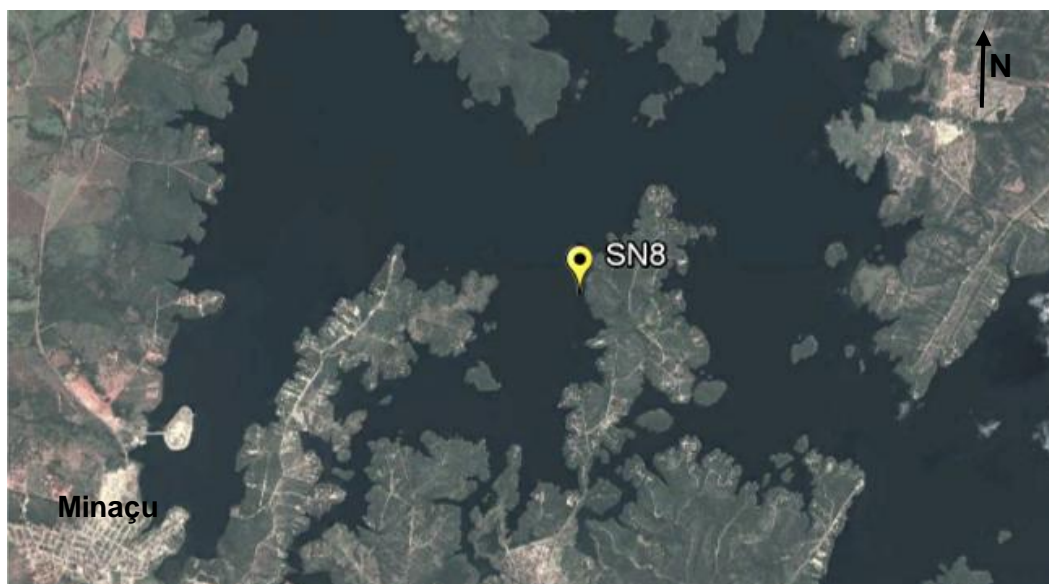


Figura 7.2.2-8 – Imagem em detalhe da localização do Ponto SN8, antigo P5 (Imagem Google Earth, 2013, sem escala).

<p>Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava</p>	<p>Tractebel Energia GDF SVEZ</p>	<p>54</p>
<p>Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA</p>		<p>AR 673/13 Outubro/2013</p>

O Ponto SN8 está na margem direita do rio Bonito, e houve uma evolução em relação às vistorias anteriores como mostram as Fotos 7.2.2-13.

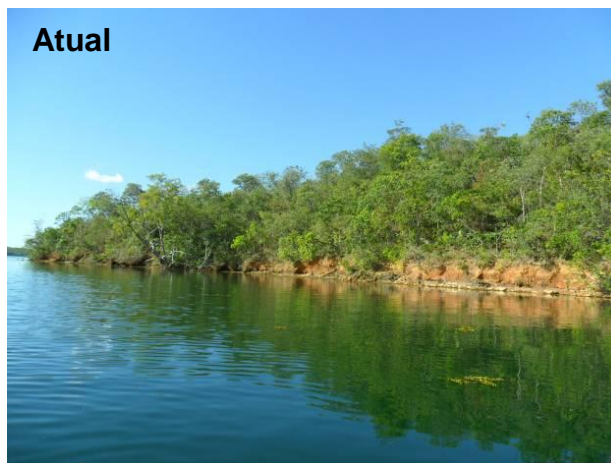


Foto 7.2.2-13 – Ponto SN8 (antigo P5). Nota-se que de 2011 a 2013 houve um aumento significativo desta erosão.

Na vistoria realizada em junho de 2013 verificou-se que houve um avanço desta erosão, que atualmente possui uma extensão em torno de 60 a 70 metros na horizontal, e uma amplitude de 80 cm, aproximadamente. Neste local não há afloramento de leito rochoso estável, o que indica que este processo erosivo ainda pode avançar muito até atingir seu nível de estabilidade. Nota-se solo coluvionar com espessura de aproximadamente 40 cm e após tem-se o horizonte C, muito friável originário de rochas de quartzo micaxisto (Foto 7.2.2-14).

Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava		55
<i>Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA</i>		AR 673/13 Outubro/2013

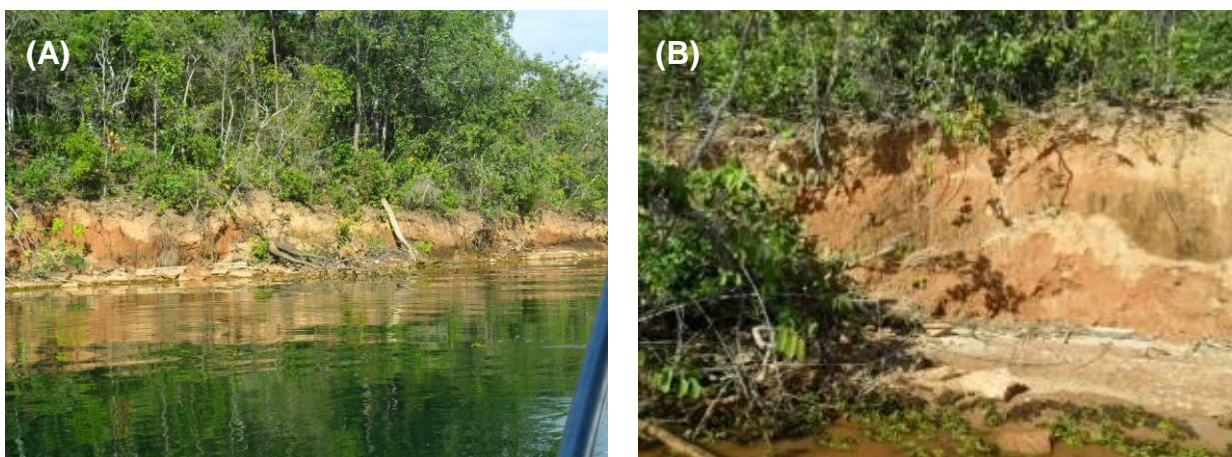


Foto 7.2.2-13 – Ponto SN8 (antigo P5). (A) Árvores caídas devido ao desmoronamento do talude; (B) Solo bastante espesso, sem afloramento da rocha mãe.

Ponto SN9 (Antigo Ponto 7)

O Ponto SN9 é referente ao Ponto 7 do relatório anterior. A Figura 7.2.2-9 mostra sua localização em maior detalhe.

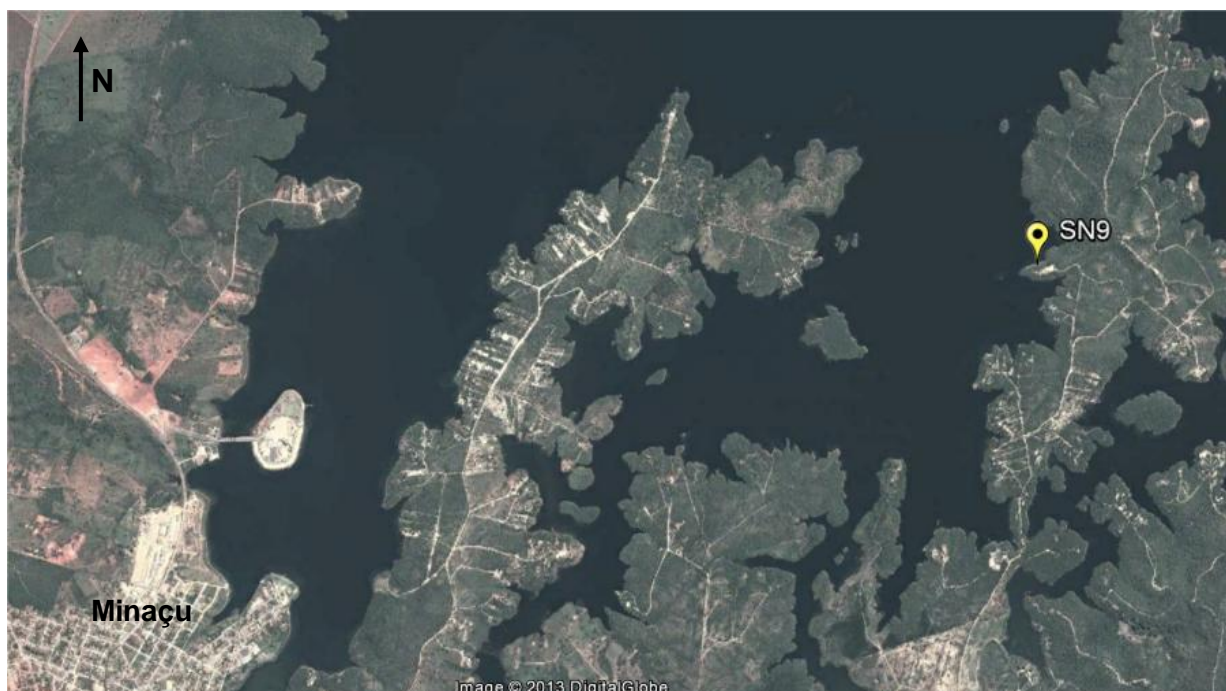


Figura 7.2.2-9 – Imagem em detalhe da localização do Ponto SN9 (Imagem Google Earth, 2013, sem escala).

Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava		56
<i>Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA</i>		AR 673/13 Outubro/2013

As Fotos 7.2.2-14 mostram que houve um aumento significativo desta erosão. A extensão da área afetada atualmente é da ordem de 40 metros, sendo que, este ponto apresenta as mesmas características dos pontos descritos anteriormente, ou seja, há o solapamento das margens pelo embate das ondas, que causam a remoção de material na base do talude, o que torna a parte superior instável.

Aparentemente, devido ao avanço desta erosão, está ainda não atingiu seu nível de estabilidade.



Foto 7.2.2-14 – Ponto SN9 (antigo P7). Margem direita do rio Bonito com processo erosivo por solapamento pelo embate das ondas do reservatório.

Ponto SS6 (antigo Ponto 30)

Este Ponto se localiza no rio Preto, e apresenta erosão por solapamento, devido a velocidade do fluxo do rio e se localizar na parte externa da curva (Figura 7.2.2-11).



Figura 7.2.2-11 – Imagem da localização do Ponto SS6 (antigo Ponto 30) na margem esquerda do rio Preto, na porção externa da curva (Imagem Google Earth, 2013, sem escala).

Neste local o solo é arenoso com uma espessura de aproximadamente 5 metros. Esta erosão se encontra na parte externa da curva do rio, e neste caso, os barrancos situados na porção externa das curvas são mais susceptíveis aos processos erosivos em função do ataque direto de ondas de enchentes e do próprio fluxo das águas ao longo do canal fluvial. As porções internas das curvas do rio são naturalmente preservadas, pois nesta região do canal a energia de transporte é menor.

Foi constatado nesta última vistoria um pequeno aumento destes processos erosivo em relação a vistoria de fevereiro de 2012 (Foto 7.2.2-16).

Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava		58
<i>Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA</i>		AR 673/13 Outubro/2013



Foto 7.2.2-16 – Ponto SS6 (antigo P30). Fotos de fevereiro de 2012 a junho de 2013. Nota-se que houve um aumento significativo neste ponto por solapamento de sua margem, porém é um mecanismo natural do rio.

Síntese:

Neste item, todos os pontos identificados apresentam processos erosivos causados pelo solapamento de base do talude em função do embate de ondas nas margens do reservatório. O impacto deste embate erode a base do talude e, com isto desestabiliza a porção superior, que vem a desmoronar.

Este processo ocorre em função da elevação do NA e da nova dinâmica associada à criação do reservatório. Assim, esta erosão irá se prolongar até que o talude atinja seu nível de estabilidade ou a rocha.

Nos pontos SN4, SN5, SN6, SN7 e SN8 foram feitas tentativas de estabilização destas erosões com paliçada, no entanto, nenhuma estrutura foi eficiente para conter o processo erosivo.

Apenas no ponto SS6 este tipo de processo ocorre naturalmente, em função da dinâmica fluvial do rio. Por se localizar na parte externa da curva do rio Preto, o próprio fluxo e velocidade da corrente das águas erodem a margem, causando a erosão e desestabilização da porção superior do talude.

Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava		59
<i>Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA</i>		AR 673/13 Outubro/2013

7.2.3 Escorregamentos

Neste item serão descritos os pontos em que foram identificados movimentos de massa, como os escorregamentos. No entanto, este tipo de processos, muitas vezes, está intrínseco ao solapamento de base do talude, que induz ao escorregamento.

Ponto SN10 (antigo Ponto 4)

O Ponto SN10 é relativo ao antigo Ponto 4. A Figura 7.2.3-1 mostra a localização em maior detalhe deste ponto, que está na margem direita do rio Bonito.

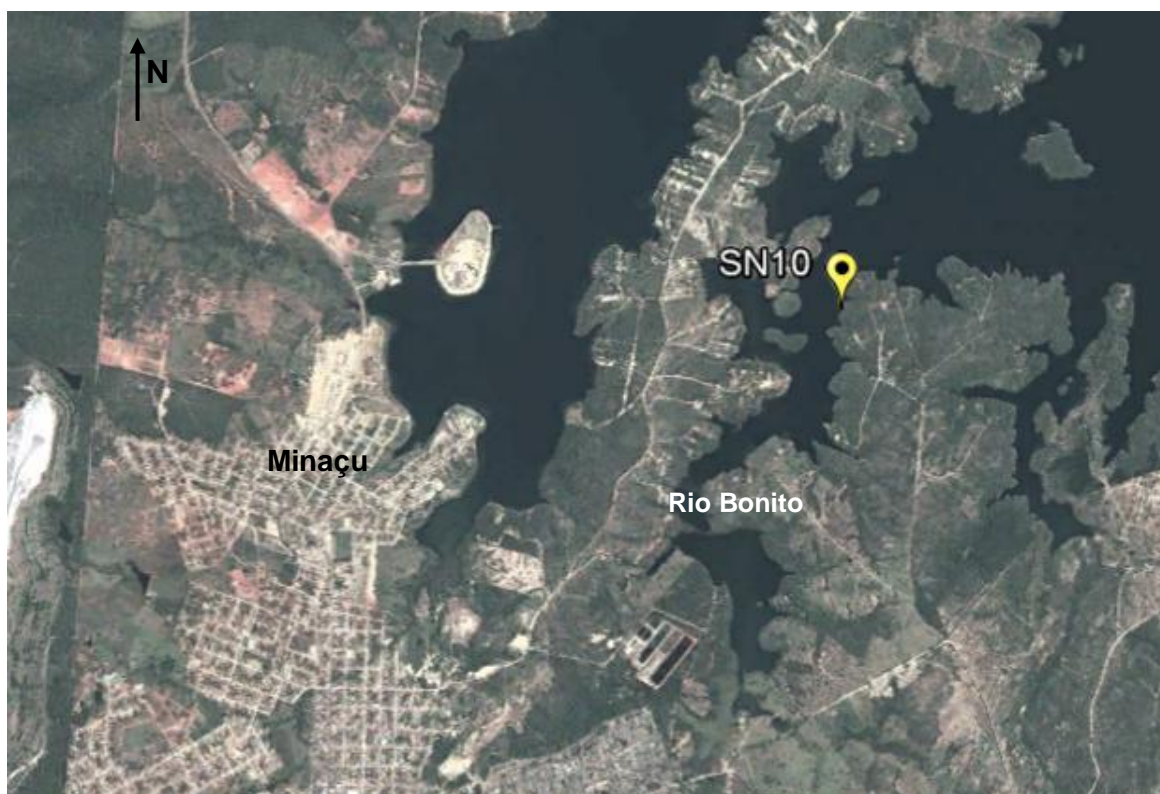


Figura 7.2.3-1 – Imagem em detalhe da localização do Ponto SN10 na margem direita do rio Bonito (Imagem Google Earth, 2013, sem escala).

Nota-se que este processo está relativamente estável, com aumento da vegetação nativa. No entanto, ainda pode ocorrer um pequeno avanço, até que a erosão fique estabilizada. (Foto 7.2.3-1).

Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava		60
Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA		AR 673/13 Outubro/2013



Foto 7.2.3-1 – Ponto SN10 (antigo P4). Localiza-se na margem direita do rio Bonito, onde teve um processo de escorregamento. Nota-se um avanço da vegetação neste local, aumentando a possibilidade de estabilização deste processo.

Ponto SC7 (antigo Ponto 16)

Na margem direita do rio Tocantins tem-se o Ponto SC7, referente a um escorregamento, causando a exposição de solo saprolítico originário da alteração do xisto, no qual possui baixa coesão, aumentando a susceptibilidade a estes tipos de processos erosivos e/ou escorregamentos. Neste ponto a declividade é alta, em torno de 45° (Figura 7.2.3-2).

Nesta vistoria não se constatou nenhuma alteração quanto ao aumento desta erosão em relação a vistoria anterior (Foto 7.2.3-2 A).

Ressalta-se que ao lado deste escorregamento foram encontrados inícios de processos de solapamento da margem pelo embate das ondas, o que requer também um monitoramento nestes locais (Foto 7.2.3-2 B).



Figura 7.2.3-2 – Imagem em perspectiva da localização do Ponto SC7, antigo Ponto 16 (Imagem Google Earth, 2013, sem escala).

Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava		61
Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA		AR 673/13 Outubro/2013

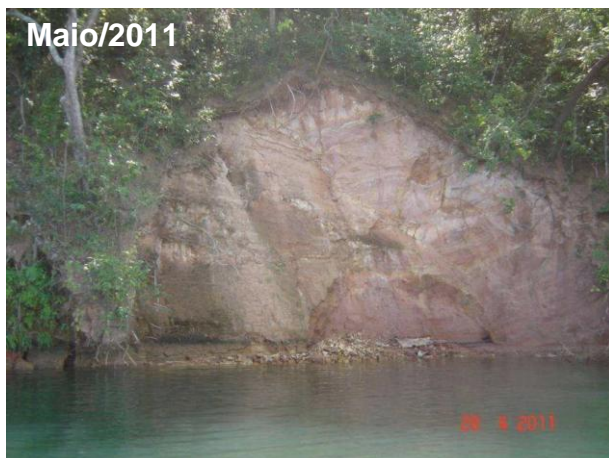


Foto 7.2.3-2 – Ponto SC7 (antigo P16). Nota-se que desde 2011 não houve um aumento significativo desta erosão. **(A)** Vista atual do processo de escorregamento do talude em solo saprolítico localizado na margem direita do rio Tocantins; **(B)** Erosões por solapamento das margens ao lado do Ponto SC7, causado pelo embate das ondas do reservatório.

Síntese:

Somente dois são os pontos referentes ao processo de escorregamento. O ponto SN10, aparentemente já se encontra estabilizado, com o avanço da vegetação sobre o talude; e o ponto SC7, que em relação à vistoria anterior não apresentou nenhum aumento, apenas inícios de erosões causados pelo embate de ondas nas bases do talude que devem ser monitoradas.

7.2.4 Outros

Neste tópico serão apresentados os demais pontos identificados em vistoria, ou que já vem sendo monitorados, que não se encaixam em nenhum dos outros itens apresentados anteriormente.

Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava		62
<i>Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA</i>		AR 673/13 Outubro/2013

Ponto SC1

O Ponto SC1 foi acrescentado nesta vistoria e se refere a um local de atracadouro de balsa que faz a travessia entre os municípios de Minaçu e Cavalcante.

A Figura 7.2.4-1 mostra a localização em detalhe deste ponto no reservatório.



Figura 7.2.4-1 – Localização em maior detalhe do Ponto SC1. Balsa que liga os municípios de Minaçu e Cavalcanti (Imagem Google Earth, 2013, sem escala).

Este ponto, a princípio não apresenta processos erosivos significativos, no entanto, seu monitoramento se faz necessário para prevenir eventuais processos que possam vir a ocorrer.



Foto 7.2.4-1 – Ponto SC1. Local de atracadouro da balsa que faz a travessia entre os municípios de Minaçu e Cavalcante e vice-versa.

<p>Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava</p>		<p>63</p>
<p>Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA</p>		<p>AR 673/13 Outubro/2013</p>

Ponto SC2 (antigo P15)

O Ponto SC2 refere-se ao antigo ponto P15, onde há o monitoramento mensal, realizado a parte, por outra empresa, de um depósito de tálus. A Figura 7.2.4-2 mostra a localização deste ponto em maior detalhe, e em destaque em amarelo o depósito de tálus.



Figura 7.2.4-2 – Localização em maior detalhe do Ponto SC2, e no detalhe, em perspectiva. Este ponto está próximo a Serra da Bibiana, e apresenta um degrau de abatimento com possibilidade de escorregamento e/ou rastejo (Imagem Google Earth, 2013, sem escala).

Este ponto está localizado na margem direita do rio Tocantins, nas proximidades da Serra da Bibiana, onde se detalhou em vistorias técnicas de 2010 (realizada por outra empresa de consultoria) uma encosta com presença de degrau de abatimento bastante significativo. Neste local, segundo relatórios anteriores, existe a possibilidade de ocorrer escorregamento rotacional ou translacional, ou mesmo por rastejo, podendo impactar o aspecto visual da margem, cuja massa escorregada pode ocasionar uma onda no reservatório (Foto 7.2.4-2). Este ponto foi objeto de avaliações criteriosas pelos engenheiros geotécnicos e geólogos da Suoli Engenharia ao longo das últimas vistorias.

Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava		64
Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA		AR 673/13 Outubro/2013

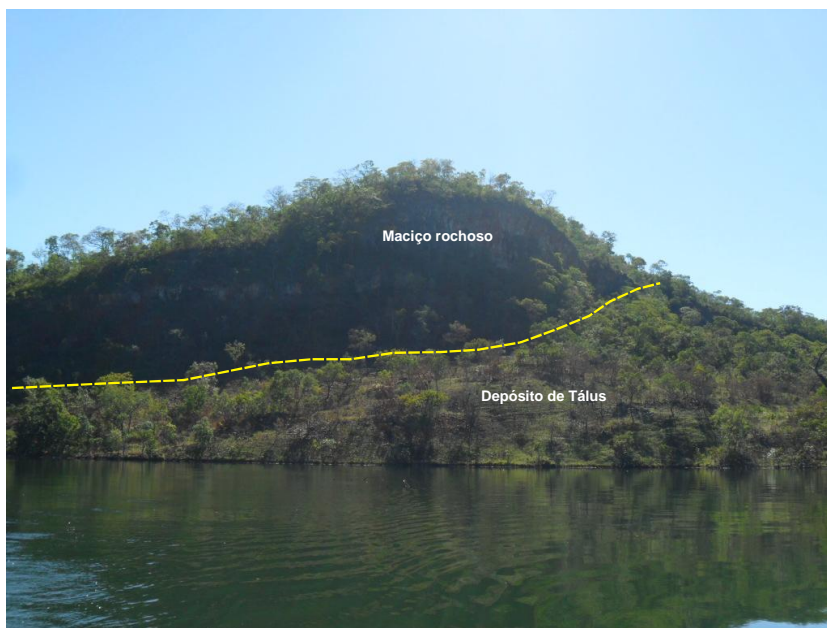


Foto 7.2.4-2 – Ponto SC2 (antigo Ponto 15). Vista da escarpa, com degraus de abatimento e depósito de colúvio/tálus no talude marginal.

Em maiores detalhes, este ponto configura-se por uma encosta que, sob o aspecto geomorfológico, apresenta características de uma "cuesta" (forma de relevo dissimétrico) sustentada por camadas mais resistentes ao intemperismo, com mergulho em torno de 30-35°, caracterizando o flanco de uma dobrada, associada provavelmente a falhamento de empurrão. É sustentada por rocha calcária, e apresenta o seu reverso para o interior do maciço, enquanto que a frente de cuesta (parte mais íngreme da estrutura) forma a encosta propriamente dita, de morfologia côncava, que delimita a margem direita, por aproximadamente 150 a 180 metros no rio Tocantins.

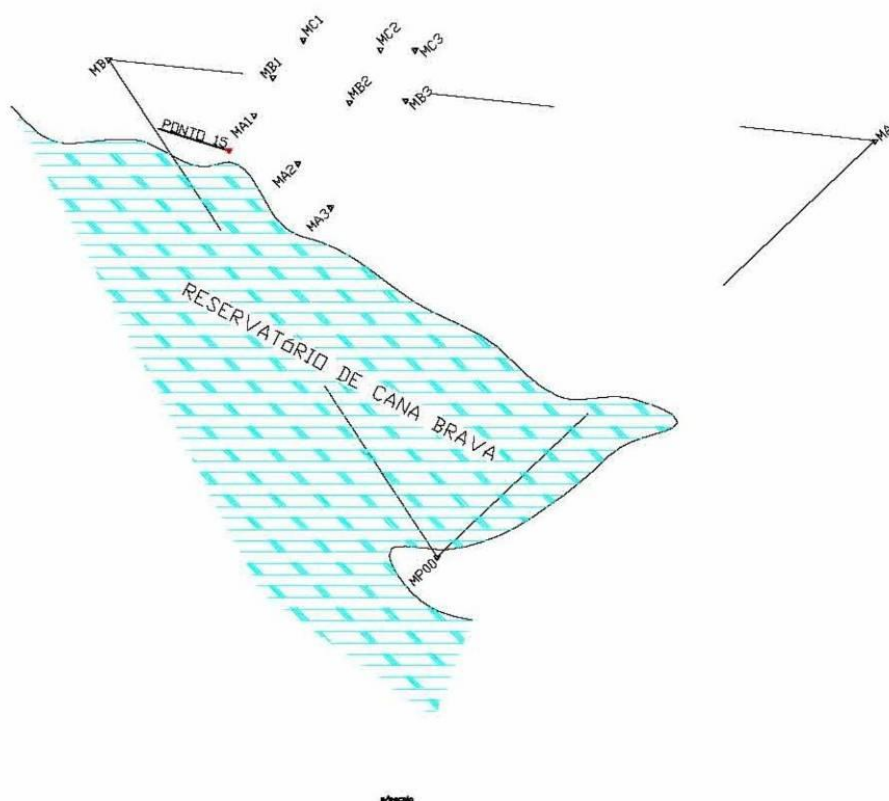
Neste local percebeu-se a presença de material coluvionar/tálus, formando uma espécie de "rampa" ou "saia" de colúvio/tálus, que se estende desde a meia-encosta (frente da cuesta), até o nível d'água, relacionada de 3 a 4 patamares, escalonados (cornijas), produzidos por fendas longitudinais de abatimento, ao longo da encosta a montante (possível escorregamento plano/circular).

O depósito de encosta (na frente) é formado principalmente por material silto-argiloso, marrom-avermelhado (intemperismo de rochas calcárias) que domina sobre blocos angulares a sub-angulares, médios a grandes, imersos, de rocha pouco alterada, que parecem sustentar o depósito em profundidade, com raras ocorrências superficiais (Foto 7.2.4-3 A).

No local foi executado o levantamento planialtimétrico cadastral e instalados nove marcos para controle do deslocamento superficial (Foto 7.2.4-3 B). Os nove marcos superficiais foram identificados como MA1, MA2 e MA3, instalados na porção inferior do depósito; MB1, MB2 e MB3, na porção média; e MC1, MC2 e MC3 na porção superior do depósito (Figura 7.2.4-3). Pontos de apoio fora da área também foram instalados denominados de MP00, MA e MB. O monitoramento é feito mensalmente, e se iniciou em março de 2012.

Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava		65
Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA		AR 673/13 Outubro/2013

PLANTA BAIXA DA ENCOSTA NA MARGEM DO LAGO DE CANA BRAVA NAS IMEDIAÇÕES DO PONTO 15



R.T. Jesusmi Pereira dos Santos
CREA-Go 1119/TD

Março/2012

Figura 7.2.4-3 – Localizações dos marcos implantados no depósito de talus referente ao Ponto SC2 (Empresa Suoli).

Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava		66
Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA		AR 673/13 Outubro/2013

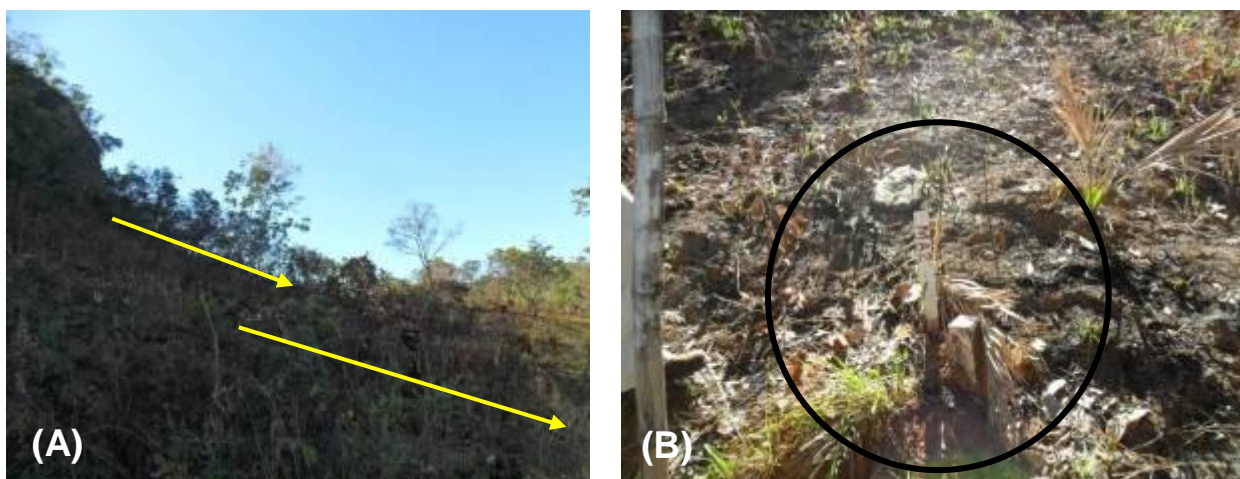


Foto 7.2.4-3 – Ponto SC2 (antigo P15). (A) Destaque para a inclinação do depósito de colúvio/tálus e com possível susceptibilidade a escorregamentos; (B) Detalhe do marco instalado no talude para o monitoramento de movimentação.

Segundo relatório da Suoli, na vistoria de outubro de 2012 não foi observado nenhum sinal visual de movimentação recente desde a última vistoria, efetuado por eles. Possíveis fendas de tração, caso tenham ocorrido, não foram detectadas ou acham-se bastante mascaradas pela vegetação que ocorre no local.

A Tabela 7.2.4-1 apresenta os dados de medições do Ponto SC2 referente a todo o período de monitoramento, de março de 2012 a setembro de 2013.

Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava		67
<i>Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA</i>		AR 673/13 Outubro/2013



Pontos	Coord. E	Coord. N	Data das medições																	29/08/13	24/09/13	
			30/03/12	16/04/12	15/05/12	20/06/12	17/07/12	28/08/12	30/09/12	30/10/12	30/11/12	30/12/12	29/01/13	27/02/13	20/03/13	24/04/13	21/05/13	25/06/13	22/07/13			
			Coord. (Z) m - Altitude																			
<i>Pontos de Apoio</i>																						
MP00	813666	8501263	333,89	333,89	333,89	333,89	333,89	333,89	333,89	333,89	333,89	333,89	333,89	333,89	333,89	333,89	333,89	333,89	333,89	333,89	333,89	
MA	813910,04	8501495,39	361,55	361,53	361,53	361,54	361,53	361,53	361,53	361,53	361,55	361,55	361,55	361,55	361,54	361,55	361,57	361,56	361,52	361,54	361,52	361,52
MB	813483,01	8501540,82	354,27	354,28	354,28	354,26	354,27	354,27	354,27	354,27	354,26	354,26	354,26	354,27	354,26	354,28	354,28	354,28	354,25	354,25	354,27	351,25
<i>Pontos de Monitoramento</i>																						
MA1	813563,94	8501509,72	344,54	344,4	344,42	344,31	344,32	344,34	344,31	344,31	344,32	344,31	344,31	344,32	344,32	344,32	344,32	344,31	344,3	344,31	344,3	344,3
MA2	813.588.18	8501483,11	341,06	341,06	341,08	341,07	341,07	341,08	341,06	341,06	341,08	341,06	341,07	341,08	341,08	341,08	341,08	341,07	341,07	341,06	341,06	341,06
MA3	813606,54	8501458,18	339,43	339,32	339,34	339,33	339,33	339,34	339,31	339,32	339,34	339,34	339,34	339,33	339,33	339,33	339,34	339,34	339,32	339,32	339,32	339,3
MB1	813574,48	8501530,76	361,36	361,34	361,36	361,34	361,35	361,36	361,34	361,34	361,36	361,34	361,36	361,37	361,36	361,36	361,36	361,36	361,34	361,34	361,34	361,35
MB2	813617,2	8501516,83	360,33	360,21	360,22	360,33	360,22	360,23	360,19	360,19	360,22	360,2	360,21	360,22	360,22	360,23	360,22	360,2	360,2	360,2	360,2	360,2
MB3	813648,39	8501517,91	366,32	366,3	366,32	366,32	366,32	366,32	366,29	366,3	366,32	366,32	366,33	366,34	366,32	366,31	366,33	366,3	366,3	366,3	366,3	366,31
MC1	813591,35	8501551,78	386,76	386,73	386,73	386,71	386,72	386,7	386,71	386,71	386,73	386,72	386,72	386,73	386,74	386,72	386,74	386,71	386,71	386,71	386,73	386,7
MC2	813634,4	8501546,35	394,88	394,86	394,86	394,85	394,85	394,87	394,84	394,84	394,87	394,85	394,84	394,85	394,87	394,87	394,87	394,86	394,85	394,85	394,84	394,85
MC3	813653,68	8501545,91	399,05	398,94	398,95	398,89	398,93	398,92	398,93	398,93	398,95	398,93	398,94	398,92	398,95	398,94	398,96	398,91	398,93	398,92	398,92	

Tabela 7.2.4-1 – Dados referentes ao monitoramento do Ponto SC2, com valores das altitudes (Z) dos marcos instalados no depósito de tálus, no período de março de 2012 a setembro de 2013. Destaques em vermelhos se referem aos valores que se destoaram dos outros valores em um mesmo marco durante todo o período de monitoramento.



De acordo com a Tabela 7.2.4-1 os dados se mostram constantes. Somente os marcos MA1, MA3, MB2 e MC3 apresentaram diferenças de 24, 12, 14 e 16 cm, respectivamente, em relação aos demais valores do mesmo marco. No entanto, estes valores mais elevados se dão no primeiro mês de monitoramento (março/2012), onde nas próximas medições os valores de altitude passam a ser constantes, ou seja, variam em torno de 0,03 a 0,01 cm.

Estes valores podem estar associados há alguma acomodação local do marco associada à margem de erro do equipamento de medição topográfica.

Nesta última vistoria não foi constatado nenhuma modificação aparente, ou algum tipo de escorregamento no depósito de tálus. As Fotos 7.2.4-4 ilustram o Ponto SC2.



Foto 7.2.4-4 – Ponto SC2 (antigo Ponto 15). Vistas do depósito de tálus, que apresenta uma inclinação considerável e afloramento de rochas calcárias no topo.

Diante dos dados apresentados em um ano e meio de monitoramento, verifica-se que não há alterações de deslocamento na posição de nenhum marco topográfico instalado. Isto mostra que se há alguma movimentação, está é extremamente lenta. Neste caso, recomenda-se, que as leituras sejam feitas semestralmente, sendo uma antes do período chuvoso e outra ao término das chuvas, realizadas por técnicos orientados anteriormente. As vistorias de campo serão mantidas anualmente por três anos, com uma possível diminuição ou não das visitas no decorrer do tempo, fato que estará ligado á estabilidade das estruturas.

Em todo caso o monitoramento visual será contínuo, assim, se for detectado alguma movimentação, imediatos trabalhos de investigação em subsuperfície deverão ser contemplados, tais como sondagens com instalação de instrumentação (inclinômetros e piezômetros), para melhor definição dos parâmetros geológico/geotécnicos, subsidiando possíveis intervenções.

Ponto SS7 (antigo Ponto 28)

O Ponto SS7 antigo Ponto 28 refere-se às cabeceiras da Ponte Gov. Henrique Santilo, mais conhecida como Ponte do Rubão (Foto 7.2.4-5) os quais apresentavam processos erosivos no início do monitoramento. Devido ao crescimento de vegetação estes processos foram estabilizados.



Esta ponte apresenta 517 metros de extensão e foi inaugurada em maio de 2005, que liga Minaçu a Brasília, cuja estrada será asfaltada em breve. Na inspeção visual não foi constatado nenhum indício de deslocamento de estrutura no pavimento e os ferros estão em condições normais. Verificou-se juntas de dilatação devido ao deslocamento da resina de fixação nestas juntas, o que é normal.

Na cabeceira do aterro da ponte não se verificou nenhum processo erosivo significativo (Foto 7.2.4-6).



Foto 7.2.4-5 – Ponto SS7 (antigo Ponto 28). Vista da Ponte do Rubão que atravessa o reservatório.



Foto 7.2.4-6 – Ponto SS7. Local da cabeceira do aterro da ponte. Nota-se que não há nenhum processo erosivo significativo.

Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava	Tractebel Energia GDF SVEZ	70
Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA		AR 673/13
		Outubro/2013

Ponto SS8 (antigo Ponto J)

Na margem direita do rio Preto foi identificada em relatório anterior (fevereiro de 2012) uma encosta com sinais de movimentação, devido a presença de árvores inclinadas e abatimentos na escarpa. Esta movimentação parece ter ocorrido há alguns meses.

Nesta vistoria verificou-se que não houve nenhuma movimentação aparente em relação a vistoria anterior (Foto 7.2.4-7).



Foto 7.2.4-7 – Encosta com sinais de movimentação devido a árvores inclinadas no pé da encosta. Nota-se que não houve nenhuma movimentação aparente desde fevereiro de 2012.

Síntese:

Estes pontos aqui descritos não se encaixam em nenhum outro item em relação a tipos de processos. O ponto SC1 é referente a um atracadouro de balsa, que não apresenta riscos aparentes ao reservatório, sua vistoria é feita somente por precaução.

O ponto SC2 se refere ao depósito de tálus, que já vem sendo monitorado por um ano e meio através de dados de altitude em 9 marcos instalados no local. Até o momento não houve nenhuma movimentação.

O ponto SS7 é onde se encontra a “Ponte do Rubão”, cujo monitoramento que já vem sendo realizado há um tempo constatou que não há nenhum indício de processos erosivos. Assim, como o ponto SS8 que não apresenta nenhuma interferência aparente sobre o reservatório.

Portanto, estes dois últimos pontos podem ser excluídos do monitoramento, pois não apresentam processos erosivos significativos ao reservatório

7.2.5 Jusante da barragem

Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava		71
Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA		AR 673/13 Outubro/2013

Foi realizada também a vistoria técnica no trecho a jusante da barragem, isto é, aproximadamente 1 km do eixo do barramento nas margens esquerda e direita do rio Tocantins, já na área do remanso do reservatório da UHE São Salvador (Figura 7.2.5-1).

Por estes pontos se localizarem fora do reservatório da UHE Cana Brava, porém de responsabilidade desta, devido a abertura das comportas, optou-se por descrevê-los em um item à parte.



Figura 7.2.5-1 – Localizações dos pontos vistoriados a jusante da barragem da UHE Cana Brava, no rio Tocantins (Imagem Google Earth, 2013, sem escala).

Ponto JB1

Este ponto se localiza na margem direita do rio Tocantins. Neste local já haviam feito uma estrutura de enrocamento, porém não teve comprimento suficiente para conter as erosões.

Assim, com a abertura das comportas ocorre o aumento do nível, da força e da quantidade de águas turbinadas, provocando uma possível elevação do NA, que

Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava		72
Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA		AR 673/13 Outubro/2013

ultrapassaria o limite do enrocamento instalado na margem, causando erosões nos taludes pelo embate de ondas. Além disto, o solo neste local é bastante arenoso, com pouca coesão entre as partículas, fato que poderia aumentaria a probabilidade de erosões. Porém, esse processo segundo a Fiscalização ambiental da hidrelétrica, encontra-se estabilizado, sem riscos à jusante. Na próxima visita de campo será feita uma análise com mais afinco, buscando sanar esta dúvida.



Foto 7.2.5-1 – Ponto JB1. (A) Depósito aluvionar na margem direita do rio Tocantins. Erosão por solapamento de base pelo embate de ondas do reservatório; **(B)** Talude com aproximadamente 7 metros de altura.



Foto 7.2.5-2 – Ponto JB1. (A) Vista da erosão na margem direita do rio; **(B)** Detalhe da foto A.

Ponto JB2

Este ponto se localiza na margem esquerda do rio Tocantins, a jusante da barragem, e também apresenta erosões pelo embate de ondas.

Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava		73
Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA		AR 673/13 Outubro/2013

No relatório de setembro de 2011 cuja vistoria foi realizada pela empresa Suoli Engenharia Geotécnica, este local foi destaque devido a magnitude da erosão (Foto 7.2.5-3) e por se localizar próxima a uma torre de transmissão. Segundo este relatório estes processos erosivos são causados pelo fluxo de jusante vindo dos vertedouros que aumentam o fluxo da corrente e o NA, e também pelo fluxo de águas superficiais e internos na margem.

As Fotos 7.2.5-3 a 7 mostram estes processos erosivos com mais detalhes.



Foto 7.2.5-3 – Ponto JB2. Vista da erosão em setembro de 2011, localizada na margem esquerda do rio Tocantins.



Foto 7.2.5-4 – Ponto JB2. Vista atual da erosão. Nota-se que este processo erosivo possui grande extensão, e altura de aproximadamente 6 a 7 metros.

Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava		74
Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA		AR 673/13 Outubro/2013



Foto 7.2.5-5 – Ponto JB2. Foto de detalhe do processo erosivo. Nota-se para as árvores caídas, que com o solapamento de base e desestabilização da porção superior do talude, caem juntamente com o solo, não sendo suficientes para segurar o solo.

Maio/2011



Setembro/2011



Atual



Foto 7.2.5-6 – Ponto JB2. Neste local ocorre erosão devido a uma vala de drenagem na superfície do talude causado pelo escoamento das águas pluviais (setas vermelhas). Este escoamento concentrado e com maior energia em períodos chuvosos desencadeou esta enorme erosão.

Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava		75
<i>Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA</i>		AR 673/13 Outubro/2013



Foto 7.2.5-7 – Ponto JB2. Detalhe da Foto 7.2.5-6 na base do talude. Nota-se que o fluxo de águas também se dá na base do talude, provocando processos de *piping*, podendo desencadear uma voçoroca neste local.

Esse ponto vem sendo monitorado através de instalação de marcos, bem como através de vistoriaste, o que possibilitou constatar o avanço desse processo erosivo.

Para conter esse avanço, foi realizado o levantamento planialtimétrico e elaborado um projeto de recuperação. Esse projeto foi licenciado junto à Secretaria Municipal de Meio Ambiente através do processo Nº. 1810/2013 em 25/03/2013.

Foi iniciado o processo de contratação da empresa que executará o projeto, bem como solicitado ao proprietário vizinho à área, uma autorização de acesso para a realização das intervenções.

Atualmente essa área está sendo ocupada por um acampamento do MAB – Movimento dos Atingidos por Barragem, o que impediu o início das atividades. Assim que a área for desocupada serão iniciadas as atividades previstas no projeto de recuperação.

Síntese:

Os pontos JB1 e JB2 apresentam processos erosivos por solapamento de base devido ao embate de ondas, cujas ondas possuem um maior impacto do que a montante do barramento devido a abertura das comportas que jogam águas turbinadas e aumentam a velocidade e o fluxo da corrente.

Apesar, de no ponto JB1 ter sido construído um enrocamento em sua margem, será verificada no próximo trabalho de campo a necessidade ou não da ampliação deste, tendo em vista que o processo pode estar estabilizado. No ponto JB2 além do impacto na margem pelo embate das ondas, há também valas de drenagens pluviais na superfície do talude, que intensificam a erosão e abriram um buraco na margem esquerda. Porém, a recuperação já esta sendo projetada, mas o local como já dito anteriormente, esta ocupado. Assim que desocupado, as obras de recuperação entrarão em vigor (elas já estão sendo esquematizadas).

Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava		76
<i>Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA</i>		AR 673/13
		Outubro/2013

7.3 Uso e ocupação das margens do reservatório

Em vistoria observou-se que nas margens do reservatório, principalmente nas proximidades do município de Minaçu há vários tipos de ocupação (Figura 7.3-1). Nestas áreas ocorrem implantações de loteamentos e de construções para lazer da população, que sofreu um intenso avanço de 2012 para 2013.



Figura 7.3-1 – Destaque de alguns pontos de uso e ocupação nas margens do reservatório, principalmente próximo à cidade de Minaçu.

Segundo relatórios anteriores o uso e ocupação das margens nesta área está relacionada a exploração de atividades de lazer junto ao reservatório, e suas características principais são:

- aberturas de estradas de acesso de pessoas e barcos ao reservatório, assim como de gado, ocasionando concentração de fluxos superficiais, com possível geração de erosões (Foto 7.3-1 e 2);
- desmatamento em área de APP, expondo o solo e as margens aos processos erosivos;
- criação de trapiches para acesso de barcos (Foto 7.3-3);
- implantação de loteamentos (Foto 7.3-2).

O resultado deste uso das margens contribui para a exposição do solo, que, em conjunto com a ação de embate de ondas do reservatório, favorecem a formação de processos erosivos.

A UHE Cana Brava possui um Plano de Conservação e Uso do Entorno dos Reservatórios Artificiais (Pacuera) no qual abarca o conjunto de diretrizes e proposições com o objetivo de disciplinar a conservação, recuperação, o uso e ocupação do entorno do reservatório, respeitando os parâmetros estabelecidos na

Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava		77
Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA		AR 673/13 Outubro/2013



Resolução do CONAMA Nº 302/2002. O principal objetivo é contribuir para a tomada de decisão nas áreas social, ambiental e institucional; para o direcionamento adequado do uso e ocupação do solo no entorno do reservatório; para o aproveitamento do potencial de usos múltiplos das águas e, para a gestão integrada do empreendimento.



Foto 5.3-1 – Abertura de acesso para barcos na margem do reservatório.



Foto 5.3-2 – Vista de uma das margens do reservatório próximo ao município de Minaçu. Nota-se a ocupação nestes locais.

Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava	Tractebel Energia GDF SVEZ	78
Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA		AR 673/13 Outubro/2013



Foto 5.3-3 – Criação de trapiches para acesso de barcos e pessoas, principalmente para pesca.

Síntese:

Devido ao reservatório se encontrar próximo à área urbana do município de Minaçu, suas margens são ocupadas pela população local, principalmente para áreas de lazer, ocupando áreas que deveriam ser de Preservação Permanente.

<p>Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava</p>		<p>79</p>
<p>Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA</p>		<p>AR 673/13 Outubro/2013</p>




8 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A vistoria atual, de junho de 2013, realizada ao longo dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava evidenciou, em conjunto com as observações obtidas nas vistorias anteriores, que os taludes monitorados e as ocorrências geotécnicas são normais devido à nova dinâmica em função da criação do reservatório, não tendo havido notáveis instabilidades recentes que ofereçam riscos importantes e/ou diminuição do volume útil do reservatório.

Nos pontos que margeiam o rio Bonito, nas imediações da cidade de Minaçu, destacam-se os Pontos C1, C3 e C4 que se referem às erosões causadas pela destruição ou não construção de galerias de drenagens pluviais, cujas erosões foram intensificadas pelo escoamento indisciplinado de águas superficiais pluviais, principalmente em períodos chuvosos. Assim, são necessárias medidas por parte da Prefeitura em termos de obras de infraestrutura nestes locais.

Em relação aos pontos com erosões que se encontram nas margens do reservatório, estes foram divididos conforme o tipo de processos associados a eles, sendo estes processos: a) queda de blocos; b) associados a estradas; c) escorregamento; d) assoreamento; e) solapamento de margem pelo embate de ondas; f) outros; g) e a jusante da barragem.

A Figura 8-1 apresenta o mapa final com as localizações de todos os pontos monitorados separados por cores em função dos tipos de processos associados às erosões, permitindo sua espacialização.

Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava		80
Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA		AR 673/13 Outubro/2013

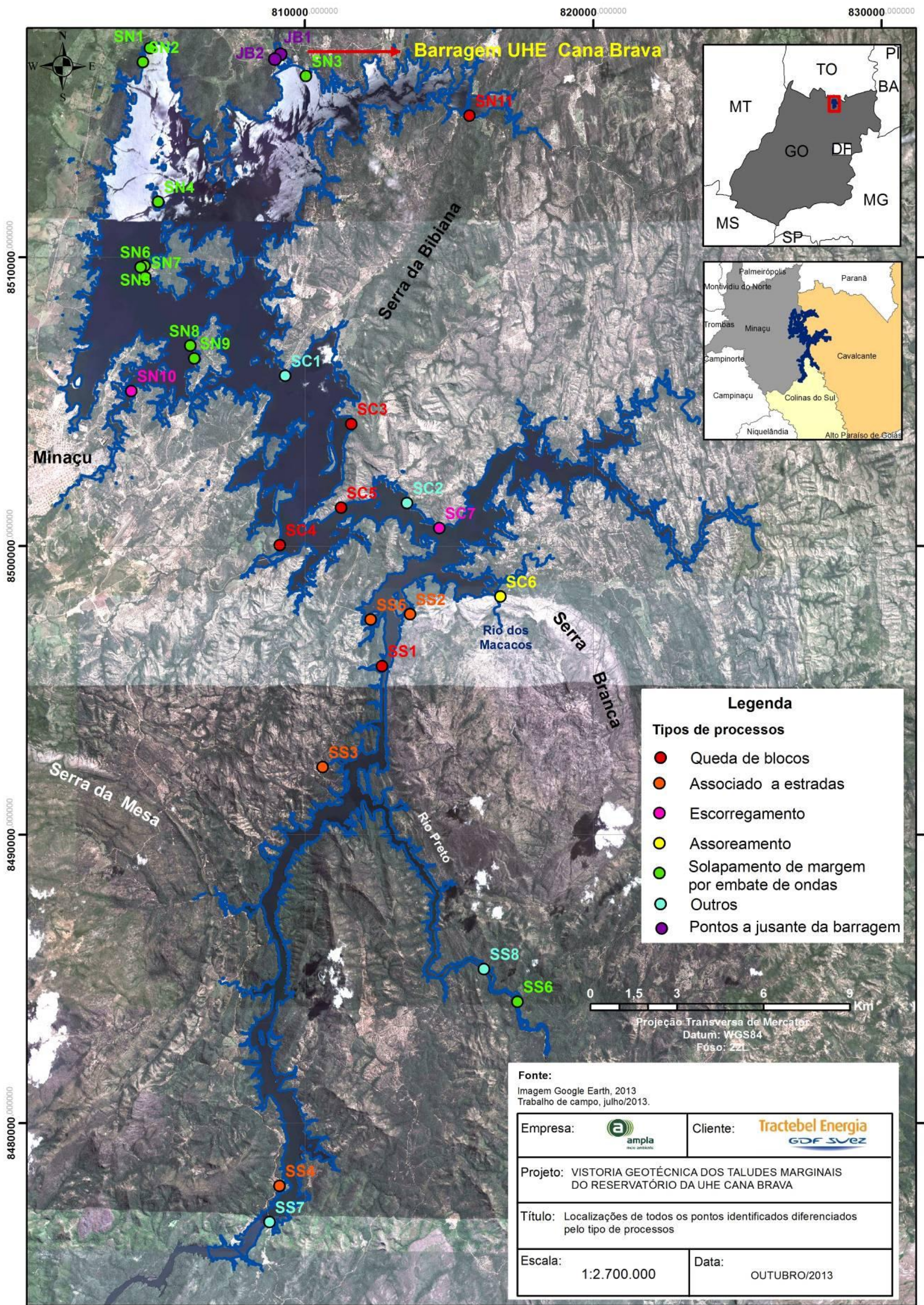


Figura 8-1 – Localizações dos pontos monitorados destacados pelos tipos de processos associados às erosões (Imagem Google Earth, 2013).



a) *Queda de blocos*

Foram definidos 5 pontos que apresentam probabilidade de ocorrência de queda de blocos e/ou lascas de rochas. Estes pontos se encontram próximos às serras, onde ocorrem afloramentos rochosos (Figura 8-1).

Este tipo de movimento é extremamente rápido, não sendo possível prever quando irá acontecer. Assim, não há necessidade de tal monitoramento, além disto, não provoca nenhum tipo de interferência no reservatório.

Sobre os pontos referentes à Gruta da Bibiana (SC3) e o Sítio Arqueológico (SC4), mesmo com a elevação do NA, o mesmo não atinge a entradas destes locais. Assim não há necessidade de um monitoramento constante. O que se recomenda nestes locais é o aumento da sinalização devido a possíveis quedas de blocos. Em relação à Gruta da Bibiana, existe a hipótese deste local se tornar aberto a visitação pública, tendo todo o aparato necessário para tal ação.

b) *Processos associados a estradas*

Os pontos SS2, SS3, SS4 e SS5, todos localizados no setor sul do reservatório, se referem às erosões causadas pela falta de manutenção das estradas próximas ao lago. Nestes locais as estruturas de drenagens pluviais estão destruídas ou simplesmente não existem, o que provoca, devido a declividade e períodos de chuva, o escoamento superficial indisciplinado das águas pluviais, ocasionando abertura de sulcos e ravinas na beira das estradas e carreamento de sedimentos para o reservatório.

Estas áreas são de responsabilidade da Prefeitura Municipal de Minaçu e/ou da AGETOP, que já foram notificadas anteriormente sobre a situação destas estradas que afetam diretamente o reservatório. No entanto, até o momento nada foi feito.

Assim, recomenda-se o contínuo monitoramento destes locais, e se for preciso, notificar novamente a AGETOP, caso estas erosões tomem proporções maiores.

c) *Escorregamentos*

Somente dois pontos associados a escorregamentos foram identificados, os pontos SN10 e SC7. Neste caso, estas áreas se encontram relativamente estáveis, com aumento da vegetação, principalmente no ponto SN10. Não havendo necessidade de intervenções de estabilização, recomenda-se seguir com o monitoramento.

d) *Assoreamento*

O único ponto relacionado ao processo de assoreamento é o ponto SC6, localizado na foz do rio dos Macacos, que deságua diretamente no reservatório. Porém, este local está sendo monitorado em outra campanha acompanhada pela usina.

e) *Solapamento de margem pelo embate de ondas*

Este tipo de processo é o que mais ocorre, em função da criação do reservatório. Com a formação de ondas, estas impactam continuamente as margens do reservatório, e com isto erodem a base do talude, desestabilizando a porção superior, que desmorona. Este tipo de processo ocorrerá até que o talude atinja seu perfil de estabilidade ou a rocha.



Os pontos identificados com este processo ocorrem praticamente todos no setor norte do reservatório, onde foi inundada uma área maior. Somente o ponto SS6 que ocorre no setor sul, no rio Preto, está associado à dinâmica fluvial natural do rio.

Nos pontos SN1 a SN9 recomenda-se a mínima intervenção, ou seja, é necessário esperar que o perfil do talude se estabilize alcançando um equilíbrio com o novo cenário de elevação e flutuação do nível da água.

Nestes pontos o monitoramento deve continuar para verificar a progressão destas erosões por meio de comparação de imagens. Nos casos em que se verifique a estabilidade dos taludes deve-se revegetar a área a partir de espécies pioneiras para manter a estabilização do talude e o novo perfil gerado.

Ressalta-se que nenhum dos pontos com processos erosivos atingiram seu nível de estabilidade, ou seja, ainda irão progredir. Neste caso, em pontos mais críticos, recomenda-se que na próxima vistoria seja realizada uma estimativa da projeção do perfil de erosão, ou seja, estimar por meio do ângulo da praia e do terreno até onde este processo erosivo irá se prolongar, e se irá atingir terrenos de terceiros. Caso não atinja terrenos de terceiros, o melhor a fazer é esperar que a erosão se estabilize, com o monitoramento contínuo, e quando atingir o perfil de estabilidade, entrar com revegetação.

Apenas quando houver riscos a obras e benfeitorias de terceiros, medidas específicas deverão ser estudadas e implementadas, conforme sugestões a seguir apresentadas:

- Enrocamentos

Segundo Holanda *et al.* (2009) para contornar o problema da baixa coesão dos solos aluviais das margens dos rios, normalmente Neossolos Flúvicos, tem sido colocado material granular com diâmetro médio de 70 cm. Este material não só retém as partículas que são arrastadas pela erosão subterrânea como absorve o impacto das ondas sobre a face do barranco, evitando o solapamento de sua base. Perpendicularmente à margem do curso do rio podem ser construídos espigões, que também são compostos de material granular, que afastam o fluxo da corrente da margem do canal fluvial, diminuindo a ação da turbulência e da velocidade da água no processo de erosão. Os espigões têm a finalidade de impedir que as ondas geradas pelos ventos atinjam diretamente a base do barranco, provocando solapamento, e criam uma zona de deposição de sedimentos à jusante, visando a formação de uma praia estável (Figura 8-2). O enrocamento do barranco é executado para absorver o impacto das ondas sobre a base desses taludes marginais.

Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava		83
Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA		AR 673/13 Outubro/2013



Figura 8-2 – Modelo de espigões construídos no baixo curso dos rios São Francisco e Sergipe, em março de 2007 (Holanda *et al.*, 2009).

Com a implantação de espigões forma-se uma área onde os sedimentos vão sendo depositados, evitando que as ondas atinjam a base do talude e o consequente solapamento.

O enrocamento somente da base do barranco tem sido a solução de engenharia mais comumente adotada, para conter os processos erosivos nos taludes (Casado *et al.*, 2002). Este tipo de técnica promove a estabilização do talude do rio, em situações de intenso trabalho erosivo na margem, seja pela baixa coesão do solo constituinte do talude, seja pela proximidade do canal principal ou fluxo mais intenso da água à margem do rio. Ocorrem várias situações em que somente essa técnica pode promover o controle da erosão.

- Biomantas:

Em associação com o enrocamento pode-se utilizar as biomantas ou geotêxteis, que é o caso dos pontos JB1 e JB2, a jusante da barragem, que neste caso, o enrocamento terá que ser feito em uma cota mais elevada. O objetivo das biomantas é estabilizar o talude marginal a partir da associação com espécies vegetais (arbustivas e/ou gramíneas) de desenvolvimento rápido, propiciando a formação de um ambiente para o desenvolvimento de vegetação ripária obedecendo ao modelo de sucessão secundária (Figura 8-3). A escolha é motivada pelas vantagens como a proteção imediata do solo contra a erosão, a sua degradação programável, além de proporcionar rapidez no processo de revegetação.

As faixas de geotêxtil podem ser dispostas transversalmente à margem do rio, a partir da superfície do solo no alto do barranco, até sua parte mais baixa. Na linha d'água foram instalados retentores de sedimentos, que são constituídos de fibras vegetais, envolvidos por malha de polipropileno.



Figura 8-3 – Modelo de manta geotêxtil aplicadas em um talude.

f) *Outros*

Em relação ao ponto SC2, em um ano e meio de monitoramento topográfico dos 9 marcos instalados no depósito de tálus, nas porções superior, inferior e meia encosta, não foi constatada nenhuma movimentação significativa.

Assim, recomenda-se o monitoramento visual contínuo, e em relação às coletas de dados topográficos nos marcos instalados realizado por outra empresa, que este passe a ser trimestral.

Os pontos SS7 (Ponte do Rubão) e SS8 serão retirados na próxima vistoria, pois não apresentam nenhum tipo de erosão e/ou interferência aparente no reservatório.


g) *Jusante da barragem*

Os dois pontos localizados a jusante da barragem, JB1 e JB2 apresentam erosões por solapamento de base devido ao embate de ondas, sendo maior o impacto destas ondas devido à abertura das comportas, que aumenta a velocidade e fluxos da corrente.

No ponto JB1 já há uma estrutura de enrocamento construída na margem direita do rio. Seria adequado estender este enrocamento até uma distância que não haja mais influência das águas turbinadas. Além disto, nas áreas que já apresentam erosões poderiam implantadas obras de estabilização adequadas.

Em relação ao ponto JB2, na margem esquerda do rio Tocantins, além da construção de enrocamentos e instalação de biomantas nos taludes, poderiam ser construídas escadas hidráulicas para dissipar a energia das águas pluviais vindas de montante e revegetar a área.

Contudo, os dois pontos e sugestões citados anteriormente serão reavaliados na próxima vistoria.

Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava		85
Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA		AR 673/13
		Outubro/2013



Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava	Tractebel Energia GDF SVEZ	86
<i>Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA</i>		AR 673/13 Outubro/2013



9. BIBLIOGRAFIA

Bertoni, J.; Lombardi Neto, F. Conservação do solo. Livroceres: Piracicaba, p.392, 1985.

Bigarella, J. J.; Passos, E. Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais. Florianópolis: Ed. Da UFSC, 2003 v. 3 (p.877-1436).

Casseti, Valter. Geomorfologia. [S.l.]: [2005]. Disponível em: <<http://www.funape.org.br/geomorfologia/>>. Acesso em: 15/09/2013.

Christofoletti, A. Geomorfologia Fluvial. São Paulo: Edgard Blucher, 1981.

D'Armada, J.C.R. Como as ondas geradas pelo vento e as características da vegetação ciliar influenciam erosões em margens de reservatórios: UHE Porto Colômbia, um estudo de caso. [Dissertação] Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia. Universidade Federal de Itajubá. Itajubá - MG, dezembro, 2012.

Furnas Centrais Elétricas S.A., Usina Hidrelétrica de Porto Colômbia – Diagnóstico Ambiental, Arquivo Técnico, Rio de Janeiro, 2004.

Guerra, A. J. T.; Marçal, M. S. Geomorfologia Ambiental, Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

Guidicini, G.; Nieble, C. M. Estabilidade de taludes naturais e de escavação. São Paulo. Edgard Blücher; Ed. da Universidade de São Paulo, 1984. 194p.

Magalhães, R. A. Erosão: definições, tipos e formas de controle. Companhia Energética de Minas Gerais – CEMIG. VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão Goiânia (GO), 03 a 06 de maio de 2001.

Müller, A. C. Hidrelétricas, meio ambiente e desenvolvimento. São Paulo: Makron Books, 1995. 412p.


Pinto, R.C.; Passos, E.; Caneparo, S.C. Classificação dos movimentos de massa ocorridos em março de 2011 na Serra da Prata, estado do Paraná. Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia: Geoiingá. Maringá, v.4, n.1, p. 3-27, 2012.

Projeto RadamBrasil. Levantamento de Recursos Naturais, Volume 25. Folha SD-22. Ministério de Minas e Energia, Secretaria Geral, Rio de Janeiro, 1981.

Schreiber, Gerhard Paul. Usinas Hidrelétricas. São Paulo: Edgard Blücher, 1977.


Siqueira, Alessandra G. et al, Erosão em Margens de Reservatórios, Revista ABGE, nº 89, Janeiro 2011.

Carvalho, J.C.; Sales, M.M; Souza, N.M.; Melo, M.T.S. Processos erosivos no centro-oeste brasileiro. Universidade de Brasília: FINATEC, 2006.

Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava		87
Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA		AR 673/13 Outubro/2013



ANEXO 1

Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava		88
<i>Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA</i>		AR 673/13 Outubro/2013



Ofício nº 1705 / 2012 - PR

Goiânia, 01 de junho de 2012.

Excelentíssimo Senhor
MARCOS ROBERTO CASTANHEIRA
Gerente de Usina
Tractebel Engenharia S.A
Usina Hidrelétrica Cana Brava, Cana Brava, s/nº
73.790-000 - Cavalcante-GO

Senhor Gerente,

1. Com os nossos cumprimentos, reportamo-nos ao seu Ofício CE UHCB-0010/2012, referente aos processos erosivos na GO-132, nas proximidades de Ponte do Rubão, no Município de Minaçu, neste Estado.
2. Conforme manifestação da Gerência de Manutenção Viária desta Agência, sugerimos aguardar novo programa "Rodovia Manutenção", para proceder a recuperação destas erosões, tendo em vista a grandeza destes serviços e por não estar provocando transtorno momentâneo na Rodovia.
3. Ao seu inteiro dispor para maiores esclarecimentos sobre o assunto, firmamo-nos com consideração.


Atenciosamente,


JAYME EDUARDO RINCON
Presidente

AGÊNCIA GOIANA DE TRANSPORTES E OBRAS
Celso Flores Pinto
Chefe de Gabinete

Cibelle FR-GESEG
Proc. 4157/12

Av. Governador José Ludovico de Almeida, nº 20 – (BR-153 km 3,5) Conjunto Caçara –
Fone (0xx62) 3265-4000/3265-4001 – Fax: (0xx62) 3265-4018 – CEP 74.775-013 – Goiânia – GO

Monitoramento geotécnico dos taludes marginais do reservatório da UHE Cana Brava		89
Relatório Semestral 2 – Campo junho/2013 – UHE CANA BRAVA		AR 673/13 Outubro/2013