

Projeto Básico Ambiental (PBA) UHE Teles Pires

P.07 - Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais Sujeitas a Processos Erosivos

Equipe Responsável pela Elaboração do Programa			
Responsável	Registro Profissional	Cadastro Técnico Federal – IBAMA	Assinatura
Andréia Márcia Cassiano	CREA 5061740520	502601	
Alessandro Farinaccio	CREA 5060782999	285913	
Marlon Rogério Rocha	CREA 5061556731	460130	

Controle de Revisão			
Revisão	Data	Descrição	Responsável/ Empresa
00	03/03/2011	Revisão Técnica	Renata Cristina Moretti/ JGP Consultoria e Participações Ltda.
01	03/05/2011	Revisão Técnica	Andréia Márcia Cassiano / JGP Consultoria e Participações Ltda.
02	01/09/2011 (Versão Final)	Revisão Técnica motivada pelo Ofício N° 830/2011/DILIC/IBAMA	Renata Cristina Moretti/ JGP Consultoria e Participações Ltda.

P.07 - Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais Sujeitas a Processos Erosivos

1. Introdução / Justificativa

O Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais Sujeitas a Processos Erosivos foi proposto no Estudo de Impacto Ambiental - EIA da Usina Hidrelétrica Teles Pires – UHE Teles Pires (EPE/LEME-CONCREMAT, 2010), tendo sido referendado como condição de validade 2.1 da Licença Prévia Nº 386/2010, concedida pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA.

O presente Programa atende ainda ao item f das Exigências Relativas aos Programas do Meio Físico dispostas no Ofício Nº 1203/2010/DILIC/IBAMA, de 13 de dezembro de 2010, que recomenda que o Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais Sujeitas a Processos Erosivos deva abranger trecho a jusante do barramento até a foz do rio Apiacás. Da mesma forma, considera a recomendação 9.4.1 disposta no Parecer Técnico Nº 111/2010/COHID/CGENE/DILIC/IBAMA, de 10 de dezembro de 2010.

Em empreendimentos hidrelétricos, os processos erosivos podem ser induzidos por um amplo conjunto de serviços que englobam desde a supressão de vegetação e limpeza do terreno até as atividades de movimentação de terra para a implantação de canteiros de obras e barramento.

Destaca-se a fase de enchimento de um reservatório, quando ocorre a elevação do nível freático nas áreas de entorno e o enfraquecimento de camadas mais sensíveis à saturação. A diminuição da coesão aparente ou das pressões neutras pode conduzir à diminuição da resistência ao cisalhamento, gerando ruptura de taludes e desenvolvimento de processos de instabilização, principalmente em terrenos com declividade acentuada.

Assim, a formação do reservatório pode acelerar ou reativar os processos erosivos das encostas devido à elevação do nível freático e aparecimento de surgências d'água nas paredes das erosões. Com essa aceleração ou reativação, pode ocorrer propagação de processos erosivos para montante, a partir das bordas do reservatório. Esse tipo de erosão subterrânea (*piping*), associada à dinâmica das águas subsuperficiais, também pode induzir à instabilização de taludes e encostas de maciços terrosos, notadamente em terrenos de maior declividade.

O alteamento do nível d'água mais intenso em taludes rochosos, devido à baixa porosidade relativa, apesar de menos frequente, também pode gerar esforços ao longo das descontinuidades principais, além de esforços cisalhantes ortogonais, e resultar no desencadeamento de escorregamentos nas encostas e nos taludes.

Além disso, a ação das ondas ao longo de toda a borda do reservatório pode gerar feições erosivas principalmente em encostas constituídas por materiais pouco coesos e de maior erodibilidade. De acordo com as direções predominantes dos ventos, encostas voltadas para estas direções podem estar mais sujeitas à ação das ondas.

1.1 O diagnóstico ambiental do empreendimento e sua relação com o Programa

No diagnóstico ambiental do EIA (EPE/LEME-CONCREMAT, 2010) foram identificadas as áreas suscetíveis à instabilização das encostas e processos erosivos na Área de Influência Direta (AID)/Área Diretamente Afetada (ADA), bem como avaliados o grau de susceptibilidade a esses processos/mecanismos, a partir da análise de condicionantes geológico-geotécnicos.

Projetando-se a área a ser abrangida pelo reservatório, foi observado que os trechos marginais com alta susceptibilidade aos processos de instabilização de encostas abrangem cerca de 0,58 km, representando 0,07% do perímetro do reservatório. Esses trechos estão instalados em terrenos com declividades superiores a 20% situados na margem direita do reservatório e cerca de 600 metros a montante do barramento, e em terrenos caracterizados por morrotes com altas declividades (> 45%). Também ocorrem na margem direita do reservatório, no terço superior do reservatório.

Os trechos de média susceptibilidade totalizam 16,76 km (2,02% do perímetro do reservatório) e concentram-se principalmente na margem esquerda do terço inferior do reservatório, em terrenos abrangidos por colinas rochosas com declividades superiores a 45%. Além disso, ocorrem em ambas as margens em seu terço médio, em terrenos que conjugam um relevo de morrotes, com declividades entre 20 e 45%. A jusante do barramento e na margem direita do rio Teles Pires, ocorre um trecho de cerca de 3 km identificado como de grau médio à susceptibilidade devido à ocorrência de terrenos de riolitos e granitos com declividades variáveis entre 8 e 45%.

Os trechos com baixa susceptibilidade aos processos de instabilização de encostas totalizam 812,36 km, representando 97,91% do perímetro do reservatório, sendo caracterizados por terrenos com baixas declividades (inferiores a 20%), onde a possibilidade de ocorrência de processos de instabilização está limitada a pequenos escorregamentos de solos coluviais e aluviais.

Com o intuito de atender à Recomendação 9.4.1 do Parecer Técnico N° 111/2010/COHID/CGENE/DILIC/IBAMA, de 10 de dezembro de 2010, é apresentado a seguir um estudo de análise integrada do meio físico que resultou na identificação dos principais tipos de terrenos da AID/ADA do empreendimento, considerando-se também trecho de jusante do empreendimento até a foz do rio Apiacás e áreas a serem submersas. Para a delimitação dessas unidades de terrenos, a análise integrada dos atributos do meio físico compreendeu a compilação de informações sobre: o substrato rochoso e seus atributos geotécnicos; o relevo, no que se refere aos seus aspectos morfométricos e à sua dinâmica superficial; e os solos quanto às suas propriedades físico-químicas e aptidão agrícola.

O conceito de terreno utilizado nessa avaliação refere-se a uma porção da superfície terrestre que é caracterizada pela similaridade do arranjo espacial de seus componentes e atributos, e que pode ser facilmente reconhecida pela sua fisionomia, tanto no campo quanto por meio de imagens de sensores remotos. Os terrenos definem-se por sua forma (relevo), sua constituição (substrato rochoso), sua cobertura detrítica (solos) e por sua dinâmica superficial.

Assim, foram identificadas as seguintes unidades de terrenos: Morrotes Dissecados (I), Colinosos argilosos com afloramentos rochosos (II) e Planícies fluviais (III). Suas principais características estão apresentadas nos **Quadros 1.1.a, 1.1.b e 1.1.c** e sua distribuição é mostrada na **Figura do Anexo 1** (Mapa de Terrenos e trecho de jusante da UHE Teles Pires). Com base nas características do relevo e dos atributos geológicos e pedológicos foram estabelecidas as potencialidades e fragilidades dos três (3) tipos de terrenos que caracterizam a AID e a ADA da UHE Teles Pires.

Quadro 1.1.a

Características e atributos do tipo de terreno Morrotes dissecados que ocorrem na AID e ADA da UHE de Teles Pires

MORROTOS DISSECADOS		
RELEVO	Morrotes e Morros e Escarpas dissecadas Amplitude: 20 a 80 m Compr. rampa : 200 a 800 m Inclinação: 5 a 35% Altitude: 250 a 320 m	Associam-se morrotes e morros de topos estreitos, convexos e rochosos e escarpas dissecadas em morrotes. Vertentes de perfil contínuo ou descontínuo, com segmentos retilíneos: íngreme, escarpado, rochoso, e com segmentos convexos com corpos de tálus. Vales erosivos encaixados.
SUBSTRATO ROCHOSO, SEDIMENTOS E COBERTURAS	Biotita monzogranito, sienogranito, ortoclásio-granito, hornblenda-biotita granito, micromonzogranito, quartzo-monzogranito e granófiro, dioritos, quartzo-dioritos, quartzo-monzodioritos, derrame félsico, depósitos piroclásticos, rochas vulcanoclásticas, microgranito porfítico subvulcânico. Aqüífero de baixa permeabilidade, ampliada localmente quando associada ao material poroso do manto de intemperismo. O aquífero é heterogêneo e com fluxo descontínuo, tem extensão local, com comportamento livre, por vezes semiconfinado.	
UNIDADES DE SOLOS	Predomina CAMBISSOLO HÁPLICO Ta e Tb Distrófico típico, textura franca ou franca argilosa, A moderado, relevo ondulado, substrato granito + NEOSSOLO LITÓLICO + AFLORAMENTO DE ROCHA	
DINÂMICA SUPERFICIAL	Erosão em sulco, reentalhe de drenagem, rastejo generalizado e de média intensidade. Movimentos de massa do tipo: escorregamento planar e queda de blocos são ocasionais e de média intensidade.	
POTENCIALIDADES	Áreas com potencial baixo para a ocorrência de abrigos e cavernas em arenitos e conglomerados Baixo potencial de uso agrícola e mesmo pastagens devido a baixa capacidade de armazenamento de água, perfil de solo raso e freqüente associação com matações Aptidão para abrigo e proteção da fauna e da flora silvestre e como ambiente para recreação e lazer.	
RESTRICÇÕES	Susceptibilidade a erosão laminar, em sulcos, rastejo e a movimentos de massa quando da remoção da cobertura vegetal natural. Solos rasos, com baixa fertilidade, problemas de toxidez por alumínio, baixa capacidade de retenção de umidade, e susceptibilidade a compactação superficial, a erosão hídrica e a movimentos de massa. Declividades altas, solos rasos e afloramentos rochosos.	
DIAGNÓSTICO	Terreno muito sensível à interferência antrópica.	

Quadro 1.1.a**Características e atributos do tipo de terreno Morrotes dissecados que ocorrem na AID e ADA da UHE de Teles Pires**

MORROTOS DISSECADOS	
OCORRÊNCIA	Em ambas as margens do rio Teles Pires, a jusante da ilha Itá, onde deve constituir trechos da margem do futuro reservatório.

Ocorrência dos processos: *Ocasional* - ocorre em alguns locais, de modo fortuito e eventual. *Frequente* - ocorre em vários locais, sendo um processo que se repete no relevo. *Generalizado* - ocorre em muitos locais sendo comum a sua presença. **Intensidade dos processos:** *baixa, média e alta*. **Nível de Manejo:** (A) baixa tecnologia; (B) média tecnologia e (C) alta tecnologia.

Quadro 1.1.b**Características e atributos do tipo de terreno Colinosos argilosos com afloramentos rochosos, que ocorrem na AID e ADA da UHE de Teles Pires**

COLINOSOS ARGILOSOS COM AFLORAMENTOS ROCHOSOS		
RELEVO	<p>Colinas e Ressaltos residuais</p> <p>Amplitude: 20 a 50 m Compr. rampa: 500 a 1100 m Inclinação: 2 a 5 % Altitude: 180 a 260 m</p>	<p>Associam-se colinas médias, pequenas e ressaltos residuais. As colinas têm topos convexos amplos e estreitos e vertente de perfil contínuo e retilíneo de baixa inclinação. Os ressaltos têm topo subhorizontal, convexo e por vezes rochoso. Vertentes de perfil descontínuo, com segmentos retilíneos a convexos íngremes. Vales erosivos abertos e bem marcados no relevo, com canais sobre rocha, matacões, blocos, seixos e areia grossa e média.</p>
SUBSTRATO ROCHOSO, SEDIMENTOS E COBERTURAS	<p>Biotita monzogranito, sienogranito, ortoclásio-granito, hornblenda-biotita granito, micromonzogranito, quartzo-monzogranito e granófiro, dioritos, quartzo-dioritos, quartzo-monzodioritos, derrame félsico, depósitos piroclásticos, rochas vulcanoclásticas, microgranito porfítico subvulcânico, granada-biotita metagranito, hornblenda-biotita metagranito, metatonalito, metagranodiorito, quartzo metadiorito e faixas miloníticas.</p> <p>Aquífero de baixa permeabilidade, ampliada localmente quando associada ao material poroso do manto de intemperismo. O aquífero é heterogêneo e com fluxo descontínuo, tem extensão local, com comportamento livre, por vezes semiconfinado.</p>	
UNIDADES DE SOLOS	<p>Predominam ARGISSOLO VERMELHO AMARELO Tb Eutrófico, A moderado, textura média/argilosa + ARGISSOLO VERMELHO AMARELO Tb Distrófico, A moderado, textura média/argilosa e média/média + LATOSSOLO VERMELHO Epi ou Endo Eutrófico típico, A moderado, textura argilosa.</p>	
DINÂMICA SUPERFICIAL	<p>Erosão laminar e em sulcos, assoreamento de canais fluviais e nascentes são frequentes e de média a alta intensidade.</p> <p>Rastejo localizado e de baixa intensidade.</p>	
POTENCIALIDADES	<p>Solos profundos com boas características físicas, que necessitam de práticas complementares de melhoramento correção e adubação.</p> <p>Elevado potencial de produção devido ao caráter eutrófico e boa capacidade de armazenamento de água.</p> <p>Médio potencial de uso agrícola devido ao caráter distrófico do solo, apesar de haver a possibilidade das plantas explorarem horizontes profundos com reserva de elementos nutrientes</p> <p>Terras com aptidão BOA para a agricultura com nível de manejo C, REGULAR no B e INAPTA no A, que necessitam de práticas complementares de melhoramento correção e adubação.</p> <p>Potencial para ouro associado aos granitos e monzogranitos pórfiros, magnéticos, calcioalcalinos (Suíte Intrusiva Paranaíta e Granito Nhandu) e subvulcânicas (microgranitos porfíricos da Suíte Colfider).</p>	

Quadro 1.1.b**Características e atributos do tipo de terreno Colinosos argilosos com afloramentos rochosos, que ocorrem na AID e ADA da UHE de Teles Pires**

COLINOSOS ARGILOSOS COM AFLORAMENTOS ROCHOSOS	
RESTRICÇÕES	Susceptibilidade a compactação, a erosão laminar, em sulcos quando da remoção do solo superficial devido à aração, a obras de terraplenagem ou a obras de drenagem que provocam a concentração do escoamento superficial e assoreamento de talvegues. Deficiência de nutrientes, baixa fertilidade do solo e gradiente textural pode provocar degradação das pastagens e aumento de erosão. Apresentam restrições para a mecanização extensiva devido a densidade de drenagem e a presença freqüente de afloramentos rochosos.
DIAGNÓSTICO	Terreno sensível à interferência antrópica.
OCORRÊNCIA	Nas duas margens do Rio Teles Pires a montante da Ilha Itá.

Ocorrência dos processos: *Ocasional* - ocorre em alguns locais, de modo fortuito e eventual. *Freqüente* - ocorre em vários locais, sendo um processo que se repete no relevo. *Generalizado* - ocorre em muitos locais sendo comum a sua presença. **Intensidade dos processos:** *baixa, média e alta*. **Nível de Manejo:** (A) baixa tecnologia; (B) média tecnologia e (C) alta tecnologia.

Quadro 1.1.c**Características e atributos do tipo de terreno Planícies Fluviais que ocorrem na AID e ADA da UHE de Teles Pires**

PLANÍCIES FLUVIAIS		
RELEVO	Planícies Fluviais e Terraços Inclinação: < 1% Altitudes 240 a 250 m	Terrenos planos formados pela planície de inundação que é alagada no período das enchentes, contendo ainda brejos, alagadiços, lagos e baixos terraços e terraços não mais atingidos pelas cheias.
SUBSTRATO ROCHOSO, SEDIMENTOS E COBERTURAS	Sedimentos de aluviões constituídos por níveis areia muito fina e areia silto-argilosa, tendo na base camadas de areia grossa com grânulos e cascalho de quartzo anguloso e ou seixos de granitóides, de cor bege acinzentada a cinza escuro, com matéria orgânica.	
ASSOCIAÇÕES DE SOLOS	Predomina NEOSSOLO FLÚVICO Ta distróficos gleissólico, textura indiscriminada, A moderado, sendo subordinado os GLEISSOLOS HÁPLICOS Distróficos, textura indiscriminada e NEOSSOLO QUATZARÊNICO hidromórfico típico.	
DINÂMICA SUPERFICIAL	Inundações periódicas nas planícies e nos alagadiços, deposição de finos e matéria orgânica por decantação durante as cheias. Solapamento e escorregamentos são localizados e de baixa intensidade nas margens da planície e dos baixos terraços. No período de estiagem as margens da planície são estáveis. Nos terraços baixos e terraços a erosão laminar e em sulcos são processos localizados e de baixa intensidade.	
POTENCIALIDADES	Aptidão para abrigo e proteção da fauna e da flora silvestre e como ambiente para recreação e lazer. Solos com fertilidade média (lavouras de subsistência), porém sem expressão significativa em termos de área utilizável. Aptidão REGULAR para lavouras de nível de manejo B e INAPTA para o nível A Potencial para ouro associado a mineralizações secundárias	
RESTRICÇÕES	Enchentes anuais, alagadiços e solos moles, erosão lateral e vertical do canal e das margens, deposição de finos durante as enchentes, Estabilidade precária das paredes de escavação, recalque de fundações, danificação das redes subterrâneas por recalque. Freático elevado e vulnerabilidade do aquífero a contaminação é alta; Áreas favoráveis ao assoreamento Solos com fertilidade geralmente baixa Áreas de Preservação Permanente (APP)	

Quadro 1.1.c**Características e atributos do tipo de terreno Planícies Fluviais que ocorrem na AID e ADA da UHE de Teles Pires**

PLANÍCIES FLUVIAIS	
DIAGNÓSTICO	Terreno muito sensível a interferências antrópicas.
OCORRÊNCIA	Ao longo do rio Teles Pires e de seus principais afluentes.

Ocorrência dos processos: *Ocasional* - ocorre em alguns locais, de modo fortuito e eventual. *Frequente* - ocorre em vários locais, sendo um processo que se repete no relevo. *Generalizado* - ocorre em muitos locais sendo comum a sua presença. **Intensidade dos processos:** *baixa, média e alta*. **Nível de Manejo:** (A) baixa tecnologia; (B) média tecnologia e (C) alta tecnologia.

Os Morrotes dissecados apresentam susceptibilidade a erosão laminar e em sulcos, a rastejos e a movimentos de massa de média intensidade quando da remoção da cobertura vegetal natural. Algumas das intervenções de maior porte ocorrerão sobre os terrenos de Morrotes dissecados, distribuídos principalmente em ambas as margens do reservatório, a jusante da ilha Itá.

Assim, nesses terrenos, a remoção da cobertura vegetal e exposição dos horizontes mais erodíveis dos solos à ação das águas pluviais, podem provocar aumento na intensidade e na frequência de ocorrência de processos de dinâmica superficial, os quais podem resultar em impactos sobre os recursos hídricos superficiais e sobre a biota aquática.

Nos terrenos Colinosos argilosos com pedras, que constituem boa parte da ADA da UHE Teles Pires, a erosão laminar e em sulcos e o assoreamento de canais fluviais e nascentes são frequentes e de média a alta intensidade. Além disso, pode ocorrer o rastejo localizado e de baixa intensidade.

As Planícies fluviais ocorrem ao longo do rio Teles Pires e de seus afluentes, ou seja, praticamente ao longo de toda a área afetada pelo reservatório da UHE Teles Pires, onde se encontram elevadas de 1,5 a 3 m e apresentam larguras de 200 a 1.500 m. São formadas pela planície de inundação, baixo terraço e terraço. Nesses terrenos ocorrem, ainda, lagoas formadas em canais abandonados, brejos, alagadiços e barras longitudinais arenosas que formam praias e ilhas. Além de serem eventualmente inundadas durante as grandes cheias do rio, essas planícies recebem um aporte contínuo de água, proveniente do fluxo subterrâneo das encostas, mesmo em época de estiagem, constituindo-se, por isso, em áreas permanentemente úmidas ou alagadas.

As margens do reservatório ficarão em contato com Planícies fluviais e, em vários trechos, coincidirão com terrenos do tipo Morrotes dissecados, onde poderão ocorrer problemas localizados de estabilidade, principalmente nas encostas íngremes e por vezes escarpadas. Especialmente nos setores com vertentes de declividade acentuada, a implantação do reservatório poderá provocar movimentos de massa e desestabilização das encostas marginais. Embora improvável, a instabilização das margens poderá ocorrer também associada às variações no lençol freático dos terrenos marginais, gerando processos de fluxo e erosão subsuperficial (*pipping*).

1.2 Justificativa

Conforme caracterizado no diagnóstico ambiental do EIA-RIMA do empreendimento e na análise integrada, sucintamente apresentada na Seção anterior, os terrenos que compõem a AID/ADA do empreendimento apresentam diferentes graus de fragilidade face às interferências previstas na fase de implantação do empreendimento e ao longo da sua operação.

Como destacado, o potencial de geração de processos de movimentos de massas e erosivos durante as atividades de construção da UHE Teles Pires está associado ao conjunto de intervenções sobre os terrenos da ADA. Os serviços construtivos serão executados nos três tipos de terrenos identificados (Morrotes dissecados, Colinosos argilosos e Planícies fluviais) e englobam desde as ações de abertura de caminhos de serviço e melhoramento de acessos existentes, supressão de vegetação, terraplenagem da área de implantação dos canteiros de obras, habilitação e utilização de áreas de apoio (áreas de empréstimo, estoques, jazidas e bota-foras) até as escavações obrigatórias.

Tratam-se, no entanto, de impactos que se encerram imediatamente após o término das obras, desde que adotadas as medidas de controle ambiental preventivas e corretivas e de recuperação das áreas degradadas. Em grande parte essas medidas estão detalhadas no Plano Ambiental para Construção – PAC e serão conduzidas em consonância com as ações previstas no presente Programa.

Dessa forma, o Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais Sujeitas a Processos Erosivos auxiliará na identificação de áreas mais suscetíveis onde ocorrerão as intervenções construtivas, e norteará o seu adequado monitoramento e a aplicação das medidas preventivas, de controle e recuperação ambiental cabíveis, em consonância com aquelas dispostas no Plano Ambiental para a Construção – PAC do empreendimento. Da mesma forma, também permitirá o acompanhamento das medidas tomadas.

Especificamente com relação à instabilização de margens e indução de processos erosivos durante o enchimento do reservatório e operação do empreendimento, a implantação do reservatório poderá provocar erosão e movimentos de massa nas encostas situadas nas suas margens, sobretudo nos setores dos terrenos que configurarão margens abruptas ou de declividade acentuada.

Os aspectos morfológicos da ADA mostram os vales dos rios Teles Pires e Paranaíta com configuração em “U” e fundo chato, onde aparecem planícies aluviais. No entanto, a análise da influência da variação do nível d’água (NA) deve ter seus efeitos observados em separado sobre as aluviões e sobre o manto de alteração das rochas cristalinas. Nas aluviões, a implantação do reservatório poderá causar alterações mais significativas nas áreas de remanso, onde ocorrerão variações na profundidade da superfície freática. Assim, as alterações poderão ser sentidas principalmente nas aluviões do rio Paranaíta e córregos Jaú, Porto de Areia e Baixão Velho, visto que as aluviões do rio Teles Pires serão cobertas pela lâmina d’água.

Com enfoque nos saprolitos das rochas cristalinas, avalia-se que possíveis alterações na situação atual possam afetar a estabilidade das encostas marginais. Nesse ambiente, o reservatório irá avançar grandes distâncias, saturando os solos dos terrenos marginais e contribuindo para a geração de focos erosivos e ruptura de taludes instáveis em áreas de forte declividade, imprimindo nova dinâmica ao processo de evolução do relevo. Esse efeito poderá ser mais intensamente sentido na fase de enchimento do reservatório e deverá acomodar-se naturalmente a uma nova situação.

Após a formação do reservatório, considerando que a operação da UHE Teles Pires não prevê deplecionamentos, deverá ocorrer uma estabilização da superfície potenciométrica nos terrenos marginais, criando-se uma nova situação de equilíbrio com reduzidas possibilidades de solapamento da base de taludes e de mobilização dos sedimentos além daquelas que hoje são observadas com o rio em seu estado natural.

No entanto, é possível que ocorra erosão nas margens e movimentos de massa condicionados pelo embate de ondas do espelho do reservatório da UHE Teles Pires, ondas estas causadas por ventos, sobretudo nos setores mais largos e com face voltada para a direção preferencial dos ventos (predominância de ventos de SE e E, conforme dados apresentados na Seção 2.4 do EIA-RIMA). Nesse sentido, é oportuno lembrar mais uma vez que o reservatório previsto apresentará configuração morfométrica composta por um corpo principal e braços ao longo do vale do rio Paranaíta, entre outros afluentes. De modo geral, o reservatório e seus braços são relativamente estreitos, com larguras mais significativas (aproximadamente 2500 metros) na região do corpo principal situada entre os braços do córrego Oscar Miranda e do rio Paranaíta. Nos demais setores o espelho d'água é mais estreito.

Assim, considerando as diferenças de terrenos ao longo do reservatório e as diferentes fragilidades e impactos suscetíveis de ocorrência nestes, e também a fase de enchimento e pós enchimento do reservatório, bem como a morfometria final do reservatório, o presente Programa será norteado de acordo com essas informações e especificidades.

A manutenção da cobertura vegetal nas margens é outro fator que deve minimizar os riscos ou mesmo a intensidade dos processos associados ao impacto potencial em pauta. Todavia, os setores das margens do reservatório atualmente desprovidos de cobertura vegetal nativa, ocupados atualmente por pastagens, mas com relevos de Morrotes dissecados, podem se configurar como os setores mais susceptíveis ao impacto. Nesse aspecto, as medidas de recuperação vegetal das margens previstas nos Programas de Recomposição Florestal e Programa de Implantação da Área de Preservação Permanente do Reservatório, são estratégicas para a efetiva proteção das margens e prevenção de processos de instabilização dos terrenos e erosivos. Da mesma forma, o presente Programa poderá auxiliar na definição de áreas prioritárias para a recomposição florestal.

Destaca-se que na **Figura do Anexo 1** são apresentados alguns perfis levantados ao longo da área do futuro reservatório que possibilitam a visualização dos tipos de terrenos e sua distribuição topográfica.

Com relação a esse último trecho, em razão da manutenção da capacidade de transporte e redução do suprimento de sedimentos, poderá ocorrer, a jusante do eixo e em setores de margens instáveis, processos que podem alterar a geometria fluvial mediante processo de erosão lateral ou mesmo através do entalhamento do leito. No caso específico do rio Teles Pires, a calha do rio, a jusante do barramento, encontra-se quase totalmente sobre rochas do embasamento cristalino. Todavia, há trechos de margens formadas por sedimentos inconsolidados, os quais podem eventualmente ser remobilizados. Admite-se que esse impacto potencial poderá ocorrer no rio Teles Pires, a jusante do eixo, estritamente em margens formadas com material inconsolidado no trecho entre o reservatório e a Ilha Esperança.

Os dados e informações obtidos auxiliarão e nortearão a adoção de medidas preventivas, corretivas e/ou mitigadoras de problemas relacionados à erosão e à instabilização de encostas, bem como auxiliarão o desenvolvimento de outros Programas previstos neste PBA, tais como o Plano Ambiental de Conservação e Uso do Solo do Entorno do Reservatório Artificial, além dos já citados Programas de Recomposição Florestal e de Implantação de Áreas de Preservação Permanente – APP do Reservatório, e o Plano de Enchimento Controlado do Reservatório, elaborado em atendimento à condicionante N^o 2.8 da Licença Prévia N^o 386/2010.

2. Objetivos

Considerando o porte das intervenções previstas e as características dos terrenos afetados, o Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais Sujeitas a Processos Erosivos objetiva identificar, caracterizar e acompanhar de forma detalhada os condicionantes, os processos e os mecanismos de instabilização das encostas marginais do reservatório e de trechos a jusante do barramento da UHE Teles Pires, seja por processos erosivos, seja por movimentos de massa, em períodos antes, durante e após o enchimento.

Com o desenvolvimento do Programa será possível identificar, indicar e aplicar medidas de proteção contra os processos de instabilização e erosão e estabelecer recomendações e detalhamentos sobre as intervenções requeridas para garantir a estabilidade em locais de alta suscetibilidade e de relevante criticidade. Da mesma forma, a atividade de monitoramento também permitirá a verificação da eficácia das medidas de controle e mitigadoras empregadas.

3. Metas

Mencionam-se as seguintes metas a serem alcançadas pelo Programa:

- Mapeamento das unidades geológico-geotécnicas semelhantes e com problemas de instabilização e ordenamento dos setores críticos seguindo uma escala de prioridades para os levantamentos de campo;

- Mapeamento de graus de suscetibilidade à ocorrência de processos de instabilização, assim como suas criticidades, em diversos trechos e/ou setores das encostas, em períodos antes e após o enchimento;
- Monitoramento e mapeamento da evolução do comportamento dos pontos das encostas marginais, em função das criticidades identificadas, durante a construção do empreendimento, particularmente logo após o enchimento do reservatório, e após a entrada de operação da usina;
- Monitoramento e mapeamento das variações de morfologia das margens e possíveis processos de desestabilização de encostas a jusante da UHE Teles Pires;
- Indicação, detalhamento e aplicação das medidas para a prevenção, controle e remediação dos processos de instabilização de encostas e erosivos;

4. Área de Abrangência

A área de abrangência do Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais Sujeitas a Processos Erosivos inclui os terrenos de encostas localizados nas Áreas Diretamente Afetada (ADA) e de Influência Direta (AID) da UHE Teles Pires, incluindo trecho a jusante do barramento até a foz do rio Apiacás.

5. Base Legal e Normativa

A Lei Nº 12.334, aprovada em 20 de setembro de 2010, estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens. De acordo com essa lei, o empreendedor de acumulações de água para quaisquer usos será o responsável legal pela segurança da barragem, devendo desenvolver ações voltadas para esse objetivo. No caso das barragens para fins de aproveitamento hidrelétrico, a lei determina que a fiscalização da segurança caberá à entidade que concedeu ou autorizou o uso do potencial hidráulico.

Com relação a normas técnicas, cita-se a ABNT NBR 11682:2009 que trata da estabilidade de encostas resultantes de escavações ou aterros e cujas diretrizes devem ser aplicadas em caso de necessidade de intervenção em encostas naturais para fins de estabilização ou recuperação.

6. Metodologia / Atividades a serem desenvolvidas

As atividades do Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais são apresentadas a seguir:

6.1 Levantamento de dados existentes

No início do Programa será efetuado um levantamento de todos os dados obtidos durante a elaboração dos estudos ambientais, e das investigações geológico-geotécnicas efetuadas para o detalhamento do projeto executivo do empreendimento, notadamente obtidas na área do eixo do barramento e vertedouros. Esses dados serão obtidos a partir

de relatórios e de material cartográfico (mapas geológicos, geomorfológicos, topográficos, geotécnicos, de declividade, de suscetibilidades), além de modelos digitais do terreno, imagens de satélites recentes e atualizadas, fotos aéreas e demais levantamentos fotográficos disponíveis. Com relação aos estudos ambientais, destacam-se aqueles apresentados no EIA-RIMA do empreendimento (EPE/LEME-CONCREMAT, 2010), além das informações apresentadas na **Seção 1.1** deste Programa.

Todo esse conjunto de dados disponíveis será analisado e interpretado com o intuito de possibilitar uma compartimentação preliminar em unidades geológico-geotécnicas semelhantes e com problemas de instabilização mais esperados.

Com base nas características das unidades geológico-geotécnicas e considerando os processos de instabilização mais prováveis, assim como a declividade e a extensão da encostas que estarão emersas, para as situações de enchimento e pós-enchimento do reservatório, serão determinados e ordenados os setores críticos segundo uma escala de prioridades para os levantamentos de campo.

A análise e interpretação dos dados levantados serão apresentadas em relatório parcial interno, sendo que o material organizado será utilizado como ferramentas de análise e de ajustes posteriores das áreas indicadas. Para tanto, serão preparados mapas topográficos e de declividades, a serem utilizados no desenvolvimento das atividades descritas na seção seguinte. Esses materiais deverão ser preparados em escalas adequadas ao desenvolvimento dessas atividades, devendo ser na escala 1:10.000 ou maior, abrangendo faixa de ao menos 100 m a partir do limite do reservatório e trecho de jusante do reservatório até a foz do rio Apiacás, também em faixa lateral ao rio com 100 m de extensão, em ambas as margens.

6.2 Levantamentos de campo, mapeamento geológico-geotécnico de detalhe e caracterização dos processos de instabilização das encostas

As atividades serão iniciadas com os levantamentos de campo de superfície, cujos resultados serão apresentados em plantas, disponibilizadas na etapa anterior na escala 1:10.000 ou maior. Tanto os dados levantados durante as vistorias de campo, como as informações concretizadas em um mapeamento geológico-geotécnico, permitirão uma melhor caracterização e entendimento dos processos de instabilização de encostas (agentes, causas, geometria, etc.). Nessa caracterização deverão ser considerados, ainda, os dados e informações obtidas nas atividades do Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas, notadamente relacionadas às atividades de instalação de poços de monitoramento e mapeamento da superfície potenciométrica.

Os levantamentos de campo de superfície poderão ser iniciados nas áreas prioritárias apontadas na fase anterior e estendidos às demais áreas de interesse, sendo que terão foco maior nas áreas de implantação de canteiros, área do barramento, margens atuais dos corpos d'água, segmentos de encostas íngremes a serem submersos e trecho de jusante do barramento.

Envolverão principalmente levantamentos fotográficos e observações de campo para a identificação de feições de instabilidade, tais como queda de blocos, sinais de processos erosivos, solapamento de margens, escorregamentos e rastejos, além da localização de surgências d'água, pontos de assoreamento e outras informações de interesse para o entendimento dos processos de instabilização de encostas (interferências humanas, vegetação). No **Quadro 6.2.a** são apresentados indicadores dos processos do meio físico de interesse para a compreensão da instabilização de encostas e possíveis parâmetros de mensuração.

Quadro 6.2.a

Indicadores e parâmetros de processos do meio físico de interesse para a caracterização de instabilizações de encostas

Processos do Meio Físico	Indicadores	Parâmetros
Erosão pela água	Feições erosivas (sulcos, ravinas e voçorocas)	Comprimento, largura e profundidade (m)
		Área afetada (m ² ou ha)
		Profundidade do N.A. aflorante (cm, m)
Movimentos de massa	Feições de massas movimentadas (rastejos, escorregamentos, quedas de blocos, corridas de fluxos)	Geometria
		Volume (m ³)
		Grau de saturação (%)
		Número e tamanho de blocos instáveis
	Feições de massas em movimentação (trincas, degraus, “embarrigamentos”, árvores inclinadas)	Comprimento e largura de trincas (cm, m)
		Presença e altura de degraus (cm), inclinação (% ou graus)
		Grau de saturação (%)
		Números/m ² ou há
Deposição de sedimentos ou partículas	Dimensão do assoreamento	Classificação do material (argila, silte, areia, detritos)
		Volume do depósito (m ³)
		Área ocupada no curso/corpo d'água (m ² , ou ha)
		Área ocupada na zona de inundação (ha)

Fonte: compilado e modificado de Bitar e Ortega (1993).

Ainda durante os levantamentos de campo, notadamente onde foram encontradas feições de instabilidade, deverão ser registradas e mapeadas as unidades geológicas e geológico-geotécnicas com destaque para a identificação e localização dos limites (área, espessura) entre os afloramentos de rocha sã/alterada, com altos/baixos graus de coerência, com diferenças marcantes de composição ou textura, etc. Para a melhor identificação e definição das unidades geológico-geotécnicas poderão ser efetuadas sondagens a trado.

Os locais de observação e coleta de dados deverão ser numerados e localizados em mapas e por meio de GPS. Os dados levantados deverão ser apresentados em fichas de cadastro enriquecidas com croquis em planta, seção transversal e registro fotográfico. Nos locais de identificação de feições de instabilização e erosivas, as fichas de cadastro deverão conter, além da descrição do local, unidades geológico-geotécnicas e feições identificadas, conforme proposto no **Quadro 6.2.a**. No caso de relação com a obra, deverão ser identificadas as ações que possam ter desencadeado esses processos, tais como terraplanagem, supressão da vegetação, implantação de drenagem artificial,

abertura de caminhos, etc; e indicadas medidas cabíveis, as quais serão implantadas em consonância com as medidas propostas no Plano Ambiental para Construção - PAC.

A partir desse levantamento de dados e interpretação dos seus resultados serão identificados setores de maior suscetibilidade e criticidade aos processos de instabilização de encostas, os quais deverão ter os levantamentos de campo mais detalhados. Nessa análise estão os trechos de maior fragilidade a serem submersos após o enchimento do reservatório. Dessa forma, serão definidas seções que abrangerão trecho a partir do limite da margem do rio Teles Pires e/ou rio Paranaíta até cerca de 100 m além do limite previsto para a margem do reservatório. Essas seções deverão ser estaqueadas em intervalos pré-definidos, onde serão implantados marcos que permitam sua localização nas vistorias de monitoramento posteriores.

Todas essas investigações de levantamento de campo, mapeamento geológico-geotécnico e caracterização dos processos de instabilização de encostas serão finalizadas em período máximo de um ano após o início da implantação da obra e todo o conjunto de dados será concretizado em relatório. Os resultados do desenvolvimento das atividades de campo deverão ser compostos por mapas de localização dos pontos vistoriados, fichas cadastrais, mapeamentos geológico-geotécnicos e registros fotográficos, a serem complementados com resultados de investigações adicionais, caso necessário. Além disso, deverão ser apresentados diagnósticos das áreas estudadas e medidas de proteção e controle. Nessa caracterização deverão ser considerados, ainda, os dados e informações obtidas nas atividades de Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas.

6.3 Estudos e análises das medidas de proteção e controle das encostas marginais

Considerando os processos e condicionantes da instabilização, serão recomendadas e estudadas as medidas de proteção consideradas mais apropriadas. No caso da identificação do desencadeamento desses processos associados às ações construtivas do empreendimento, a adoção das medidas será discutida em conjunto com as ações propostas pelo Plano Ambiental para Construção, sendo implantadas ainda durante a execução das obras.

Dentre as medidas a serem aplicadas durante a implantação do empreendimento e previstas no PAC, destacam-se:

- Implantação de dispositivos de drenagem provisória para disciplinamento do escoamento das águas pluviais sobre áreas em solo exposto, incluindo bacias de retenção de sedimentos, diques provisórios, camalhões, cercas-silte, entre outros;
- Implantação dos dispositivos para dissipação do escoamento concentrado;
- Monitoramento constante nas áreas fontes de sedimentos (erosões, saias de aterros, taludes de corte e pilhas de solo solto);
- Antecipação, na medida do possível, da implantação do sistema de drenagem definitivo;
- Proteção superficial provisória das áreas de solo exposto que mostrem sinais de instabilização;

- Correção ou estabilização, no menor prazo possível, de todas as feições de erosão surgidas nas áreas de escavação e terraplanagem ou que, de alguma forma, se originaram das alterações ocasionadas pela obra;
- Implantação de dispositivos de drenagem provisória durante a abertura dos caminhos de serviço.

Da mesma forma que durante a construção, cujas medidas listadas acima são previstas para serem aplicadas como parte do PAC, durante e após o enchimento do reservatório serão propostas intervenções nos processos erosivos e de movimentos de massa desencadeados ao longo das margens do reservatório e trecho de jusante. As medidas corretivas serão adotadas observando-se as informações coletadas anteriormente.

As medidas mais indicadas dizem respeito àquelas que permitam o pleno desenvolvimento da vegetação que irá compor as áreas de preservação permanente no entorno e a jusante do barramento.

As áreas com indícios de processos erosivos e de movimentos de massa deverão ser tratadas para contenção por meio de procedimentos que envolverão desde a implantação de sistemas de drenagem superficial e profunda, proteção superficial (mantas vegetais ou geotêxtil), paliçadas, linhas de sacaria, até intervenções de maior complexidade envolvendo equipamentos de maior porte para reconfiguração topográfica (terraplenagem).

Assim, em áreas em que o escoamento superficial de montante contribuir para a aceleração de processos erosivos a jusante, serão implantados sistemas de drenagem que permitam o disciplinamento dessas águas (leiras de terra, canaletas revestidas ou não, dispositivos para dissipação do escoamento concentrado, bacias de retenção de sedimentos, entre outros).

A proteção superficial com cobertura vegetal será adotada como complemento em todas as intervenções independente da solução adotada.

O conhecimento obtido acerca dos processos de instabilização e erosão de encostas permitirá propor alternativas e soluções de estabilização, sendo que as soluções deverão focar os agentes e causas desses processos e poderão ser implementadas de forma conjunta. Assim, deverão ser apresentados desenhos com o projeto das alternativas e medidas de controle detalhadas. Destaca-se que as medidas de revegetação são apresentadas no âmbito do Programa de Recomposição Florestal.

6.4 Monitoramento das condições de erosão e de estabilidade das margens e das encostas marginais

Serão realizadas inspeções periódicas enfocando os setores identificados como de alta susceptibilidade e de maior criticidade de desenvolvimento de processos erosivos, conforme descrito na **Seção 6.2**, ou ainda onde foram aplicadas medidas de contenção durante as obras, conforme colocado na **Seção 6.3**. Para tanto, durante as inspeções será

dada continuidade ao preenchimento das fichas de cadastro das feições observadas durante a etapa de mapeamento geológico-geotécnico.

Assim, destaca-se que nessas inspeções deverão ser observados os processos de instabilizações existentes ou potenciais, incluindo feições erosivas e de colapso em materiais fofos, cicatrizes de rupturas novas e antigas, trincas, deslizamentos e surgências de água. A avaliação das unidades geológico-geotécnicas atingidas deverá contemplar dados geométricos das áreas instabilizadas, tais como extensão, altura máxima, inclinação, e as causas dos processos de instabilização. No **Quadro 6.2.a** são apresentados indicadores dos processos do meio físico e parâmetros de mensuração.

As fichas de cadastro deverão conter, além do número de registro, indicadores, parâmetros mensurados, data da vistoria, descrição da localização, croquis, registros fotográficos, situação das feições, etc., também as medidas recomendadas e/ou situação da execução dessas, considerando-se inclusive as medidas preventivas.

Para as inspeções serão utilizados mapas topográficos e geológico-geotécnicos, além de imagens de sensores remotos (imagens de satélites e/ou fotos aéreas), produzidos anteriormente. Concomitantemente às inspeções será verificada a necessidade de investigações adicionais.

Na fase de operação do reservatório, além do monitoramento de áreas recuperadas, será dada ênfase ao monitoramento a jusante do barramento e ao longo da borda do reservatório.

As inspeções serão realizadas semestralmente durante e após a formação do reservatório e com frequência por até 04 (quatro) anos após o enchimento do reservatório.

7. Indicadores de Desempenho

O indicador de desempenho é o acompanhamento das ações previstas e será verificado pela relação do efetivo monitoramento dos pontos críticos identificados e vistoriados a cada campanha.

8. Etapas e Prazos

O Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais Sujeitas a Processos Erosivos será conduzido durante as etapas de Implantação da Infraestrutura de Apoio, de Construção da Obra Principal, de Fechamento da Barragem e Formação do Reservatório e de Operação da Usina e do Reservatório. O cronograma para o desenvolvimento das atividades do presente programa está ligado às etapas do empreendimento, sendo apresentado no final deste documento.

O Programa se estenderá por 4 anos após a formação do reservatório, sendo que este prazo poderá ser dilatado em conformidade com os indicadores de desempenho e os relatórios de acompanhamento do Programa.

Se o programa indicar a ocorrência de processos de dinâmica superficial nas margens, o mesmo prosseguirá. Caso contrário, deve ser validado pelo IBAMA o término do Programa.

9. Relatórios

Serão elaborados relatórios semestrais na fase de implantação e anuais na fase de operação.

Como se observa no Cronograma apresentado no final deste documento, e para atendimento a solicitação do IBAMA, será apresentado, no prazo de 30 (trinta) dias após o enchimento do reservatório, um relatório demonstrando a situação da estabilidade das encostas marginais, na área de abrangência do programa, listando as possíveis ocorrências de processos erosivos e deslizamentos de terra.

10. Recursos Humanos e Materiais Necessários

Para o desenvolvimento do programa serão necessários:

- Eng. Geotécnico /Geólogo
- Técnico auxiliar

11. Parcerias Recomendadas

Recomenda-se a parceria com o empreendedor do AHE São Manuel, após leilão, no que diz respeito ao trecho de jusante da UHE Teles Pires, já que este encontra-se na área de influência direta do AHE São Manuel.

12. Interface com outros Planos, Programas e Projetos

Considerando-se os demais Programas ambientais previstos no PBA da UHE Teles Pires, o Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais Sujeitas a Processos Erosivos terá interface com os seguintes Programas:

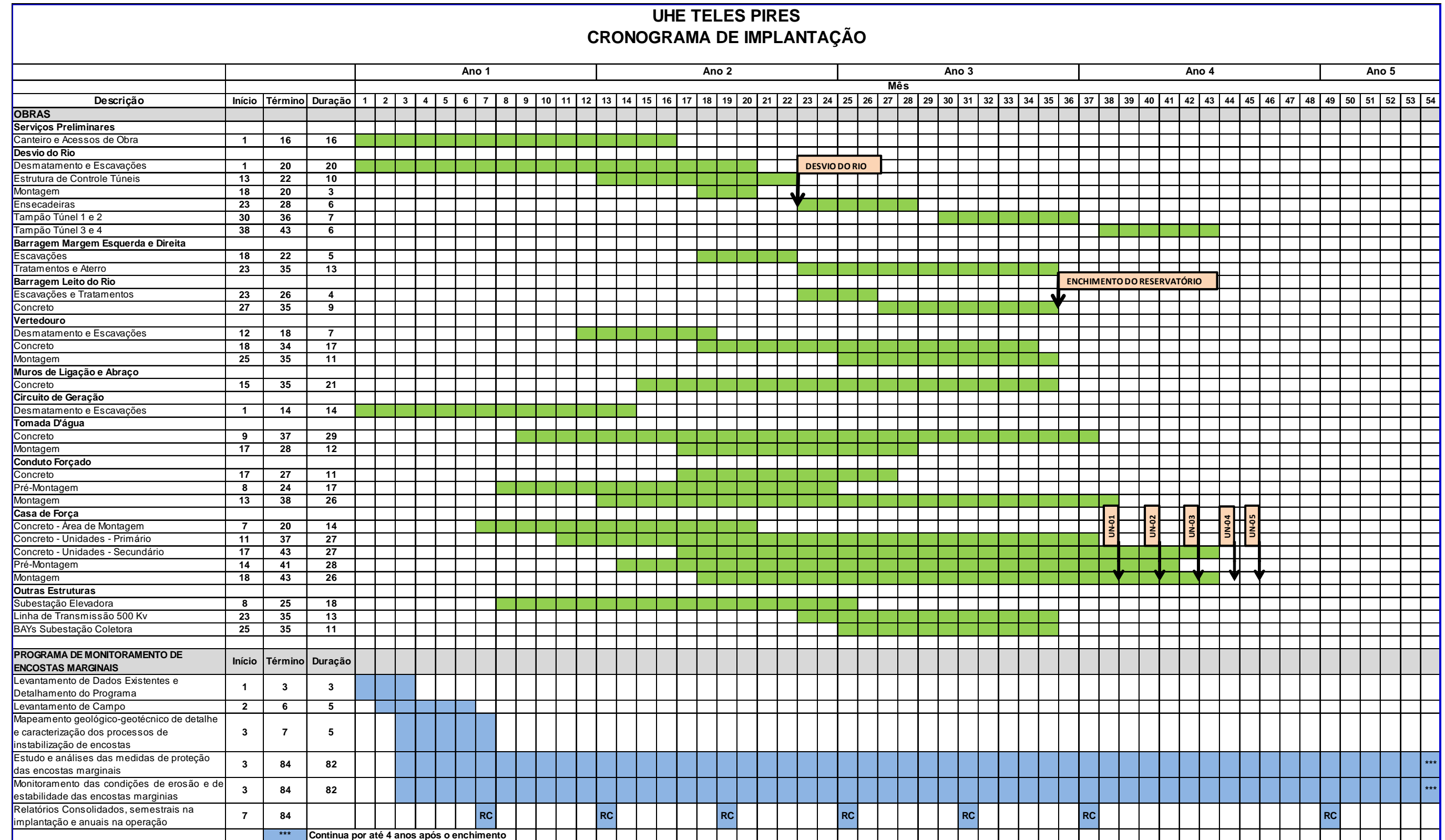
- P.02 - Plano Ambiental para a Construção – PAC
- P.06 - Programa de Monitoramento da Sismicidade
- P.09 - Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas
- P.33 - Programa de Implantação de Área de Preservação Permanente do Reservatório – APP
- P.34 - Programa de Recomposição Florestal
- P.44 - Plano Ambiental de Conservação e Uso do Entorno de Reservatório Artificial – PACUERA.

13. Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11682 – Estabilidade de Encostas**. 2009.

BITAR, *et al.* Indicadores geológico-geotécnicos na recuperação ambiental de áreas degradadas em regiões em regiões urbanas. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 7, 1993, Poços de Caldas. **Anais...**São Paulo: ABGE. v. 2, p. 177-183.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. EPE. **Estudo de Impacto Ambiental da Usina Hidrelétrica Teles Pires.** 2010.



Anexo 1
Mapa de Terrenos e Trecho de Jusante da UHE Teles Pires
