

## SUMÁRIO – 10.4 PROGRAMA DE CONTROLE D ESTANQUEIDADE DOS RESERVATÓRIOS

---

10.4. PROGRAMA DE CONTROLE DA ESTANQUEIDADE DOS RESERVATÓRIOS .....	10.4-1
10.4.1. INTRODUÇÃO.....	10.4-1
10.4.2. RESULTADOS CONSOLIDADOS .....	10.4-8
10.4.3. ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS DO PROGRAMA DE CONTROLE DA ESTANQUEIDADE DOS RESERVATÓRIOS .....	10.4-14
10.4.4. ATENDIMENTO ÀS METAS DO PROGRAMA DE CONTROLE DA ESTANQUEIDADE DOS RESERVATÓRIOS.....	10.4-16
10.4.5. ATIVIDADES PREVISTAS.....	10.4-18
10.4.6. CRONOGRAMA DAS ATIVIDADES PREVISTAS.....	10.4-19
10.4.7. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	10.4-21
10.4.8. EQUIPE TÉCNICA DE TRABALHO .....	10.4-21
10.4.9. ANEXOS.....	10.4-22

## 10.4. PROGRAMA DE CONTROLE DA ESTANQUEIDADE DOS RESERVATÓRIOS

### 10.4.1. INTRODUÇÃO

Este Relatório Semestral visa à caracterização das atividades realizadas no âmbito do Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios durante o ano de 2015, demonstrando a continuidade do PBA 10.4 conforme periodicidade estabelecida em seu cronograma.

Neste item é caracterizado um histórico completo da origem e posterior desenvolvimento e execução do Programa de Controle de Estanqueidade dos Reservatórios, com seus ajustes e adequações ao longo dos anos até a entrega do Relatório Final Consolidado encaminhado em fevereiro de 2015. A partir deste histórico, são apresentados, ao longo deste relatório, o andamento e o desenvolvimento das atividades realizadas durante todo o ano de 2015 referentes a este PBA que caracterizam sua continuidade, para atendimento de seus objetivos e metas.

Os estudos de Análise de Impactos do EIA/RIMA<sup>1</sup> da UHE Belo Monte (Volume 31) identificaram a presença de cavidades subterrâneas e de outras feições menores de *piping* associadas às rochas areníticas características da Formação Maecuru, que apresentavam possibilidades de fuga de água no futuro Reservatório Intermediário, principalmente aquelas situadas na região conhecida como Kararaô (Caverna Kararaô, Abrigo Novo Kararaô, Gruta do China e Caverna Kararaô Novo).

Em função dessa possibilidade de fugas de água significativas pelas cavidades e por feições menores através das rochas areníticas da Formação Maecuru, e levando-se em consideração que os reservatórios devem ser necessariamente estanques, foi estabelecido e proposto no EIA/RIMA<sup>2</sup> da UHE Belo Monte (Volume 33) o Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios no Plano de Acompanhamento Geológico/Geotécnico e de Recursos Minerais.

Ressalta-se que, em atendimento ao Termo de Referência (TR) do CECAV/ICMBio<sup>3</sup>, foram realizados estudos complementares de espeleologia para consolidação dessa caracterização espeleológica e avaliação desse impacto por toda a região de influência dos futuros reservatórios da UHE Belo Monte, os quais foram incorporados na elaboração e determinação dos objetivos e metas deste Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios.

---

<sup>1</sup> Leme Engenharia, 2009. Estudos de Impacto Ambiental do AHE Belo Monte – Avaliação de Impactos e Prognóstico Global – PARTE 3 – Volume 31

<sup>2</sup> Leme Engenharia, 2009. Estudos de Impacto Ambiental do AHE Belo Monte – Planos, Programas e Projetos, e Conclusões – Volume 33

<sup>3</sup> CECAV/ICMBIO (Centro de Estudo, Proteção e Manejo de Cavernas). Base de Dados. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/CECAV/ICMBIO> <acesso: novembro de 2007>.

Adicionalmente, informa-se que a Licença Prévia (LP) nº 342/2010 da UHE Belo Monte, em sua condicionante 2.29, estabeleceu: “*Em relação à espeleologia, atender ao preconizado no Parecer nº 102/2009 e na Nota Técnica nº 10/2010 – COEND/CGENE/DILIC/IBAMA*”. Os citados documentos avaliaram o conteúdo do EIA/RIMA e os resultados de uma vistoria realizada pela equipe do CECAV/ICMBio, relatada na Nota Técnica (NT) 001/2010-CECAV. Esses pareceres destacaram a necessidade de refinamento das medidas e programas apresentados no EIA, com destaque para um refinamento a ser feito da prospecção espeleológica e a apresentação de novas informações para fins de análise de relevância das cavidades naturais, sendo que uma série de recomendações técnicas foi elencada e inserida no conteúdo do próprio Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios, que integra o PBA<sup>4</sup> da UHE Belo Monte.

O Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios tem como objetivo principal, no referido PBA, a identificação, caracterização e monitoramento dos locais nos quais podem existir riscos associados à fuga de água dos reservatórios, principalmente através de cavidades subterrâneas, mais precisamente nas encostas da margem esquerda do Reservatório Intermediário. Estas encostas, originalmente, margeavam litologias sabidamente permeáveis pertencentes à Formação Maecuru, principalmente na região conhecida como Kararaô, portadora de cavidades subterrâneas e outras feições menores, identificadas e caracterizadas nos estudos de Espeleologia e Estabilidade das Encostas Marginais da Área de Influência Direta (AID) do EIA/RIMA da UHE Belo Monte.

A seguir é apresentado um histórico do desenvolvimento das atividades preconizadas no Programa, as quais sofreram, durante a sua execução, no período compreendido entre o terceiro trimestre de 2011 até o quarto trimestre de 2014, modificações no que diz respeito às suas metas, atividades e, conseqüentemente, cronograma, em função da mudança na conformação original do Reservatório Intermediário e demandas advindas do IBAMA. Este histórico é fundamental para o pleno entendimento da evolução e execução das atividades atuais desenvolvidas no contexto do presente Programa, que são realizadas para atendimento das recomendações solicitadas pelo próprio órgão ambiental (IBAMA) por meio do Ofício 02001.000868/2014-39-CGENE/IBAMA, datado de 31/01/2014.

É importante observar que o texto apresentado a seguir, referente ao histórico do Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios, vem sendo apresentado e atualizado, semestralmente e de forma constante, no âmbito do conteúdo dos relatórios consolidados (RCs) anteriores.

A nova proposição consolidada e aprovada para a conformação do Reservatório Intermediário, ocorrida em janeiro de 2012 (documento da Norte Energia, CE 002/12,

---

<sup>4</sup> Projeto Básico Ambiental da Usina Hidrelétrica Belo Monte, setembro/2011. Planos, Projetos e Programas – Versão Final – Volume 4.

protocolado no IBAMA), acarretou seu afastamento mínimo em pelo menos 3 km frente às rochas areníticas da Formação Maecuru, que caracterizam a região das Cavernas do Kararaô. Em função desta nova conformação, um novo cenário geológico-geotécnico do empreendimento foi configurado, onde esses arenitos, que possuem as cavidades subterrâneas mencionadas no objetivo principal do Programa, não estão mais sujeitos aos processos de saturação pelas águas do Reservatório Intermediário e, conseqüentemente, estão livres da possível reativação ou aparecimento de novos processos de formação de cavidades e *piping* que poderiam ocasionar fugas de água do futuro reservatório.

Em face desse novo contexto referente ao Reservatório Intermediário, foi efetuada uma reavaliação do Programa, na qual se procedeu à confecção de um novo planejamento de escopo e cronograma, objetivando a adaptação dos seus objetivos frente à nova realidade do empreendimento. Em função dessa nova realidade, a Nota Técnica (NT) NT\_SMFB\_Nº021\_PCER\_13\_04\_2012\_LEME\_CC\_RHOS\_CC\_VS, datada do dia 13/04/2012, foi elaborada, contendo todas as justificativas técnicas necessárias. Essa NT foi encaminhada ao IBAMA, que aprovou as proposições apresentadas na mesma, por meio do Ofício 154/2012/COHID/CGENE/DILIC/IBAMA, datado do dia 02/06/2012.

A partir da aprovação das novas proposições, tiveram início as atividades inerentes ao presente PBA, com as alterações propostas por meio da produção e determinação dos levantamentos topográficos em escala de detalhe e geral (utilização de bases com curvas de nível com equidistâncias de 1 m, 5 m e 10 m) na região de influência da UHE Belo Monte, que serviram como base para as atividades de campo e de escritório que foram executadas a partir de então. Concomitantemente a essa atividade, foram realizadas a coleta e a análise de dados e resultados oriundos dos boletins de sondagem que foram executados pelo setor de engenharia da obra ao longo da região de influência do empreendimento, principalmente, nas margens do Reservatório Intermediário, destacando-se a região do Graben do Macacão. No total, foram analisados 997 boletins de sondagem por toda a região da UHE Belo Monte no período de janeiro de 2012 a julho de 2013.

Adicionalmente, foram realizadas as atividades de mapeamento geológico-geotécnico, estrutural e hidrogeológico, que se iniciaram com a interação das atividades desenvolvidas no âmbito de outros programas e projetos, tais como o Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais e Processos Erosivos (PBA 10.3) e o Projeto de Monitoramento da Dinâmica das Águas Subterrâneas (PBA 11.3.1), e também foram baseados nos dados extraídos do mapeamento geológico regional apresentado no EIA da UHE Belo Monte. Posteriormente, realizou-se um mapeamento em maior detalhe na região do Kararaô para subsidiar o futuro planejamento das atividades relacionadas à continuidade ou não do Programa, onde seriam consolidadas as diretrizes relacionadas à necessidade ou não da instalação de piezômetros para monitoramento das condições hidrogeológicas das cavidades subterrâneas, ou a sua possível substituição por outro monitoramento menos impactante no interior das mesmas (implantação de medidores de vazão, por exemplo), incluindo também levantamentos geofísicos ou, até mesmo, a proposição de

conclusão do referido Programa frente às características geológico-geotécnicas estabelecidas na região devido ao novo arranjo do Reservatório Intermediário.

Em setembro de 2012, quando do início dos levantamentos geofísicos previstos na região do Kararaô, o proprietário das terras onde se localizam as cavidades estudadas proibiu o acesso da equipe técnica. Esta situação acarretou a paralisação de todas as atividades previstas no PBA e suas alterações aprovadas pelo IBAMA, tendo como consequência atrasos no seu desenvolvimento. A situação foi devidamente informada ao IBAMA por meio da correspondência CE 520/2012-DS, datada de 09/10/2012, à qual foi anexado o documento assinado pelo proprietário das terras que proibia a entrada, em sua propriedade, das equipes técnicas responsáveis pelos trabalhos. Contínuas tratativas junto ao proprietário foram realizadas com o intuito de removê-lo deste posicionamento, sendo que as mesmas se mostraram infrutíferas.

Enquanto se aguardava a solução desse impasse, procedeu-se, no mês de outubro de 2012, a um levantamento de campo ao longo da margem direita do Reservatório Intermediário, principalmente na região conhecida como Graben do Macacão, caracterizada, basicamente, por rochas areníticas, que objetivou a verificação e possível identificação de novas cavidades sujeitas a processos de fuga de água que possuíssem as mesmas características observadas na região do Kararaô. Esta atividade não detectou ocorrências de cavidades que tivessem alguma significância espeleológica e que pudessem acarretar o aparecimento de processos de fuga de água e que, portanto, devessem ser inseridas nos estudos no contexto do presente Programa.

Com a consolidação dos dados e resultados já levantados e avaliados, estabeleceu-se, no primeiro semestre de 2013, uma reavaliação técnica do Programa, que indicou claramente a impossibilidade de fluxos de água por estruturas regionais (zonas de falhas) no embasamento cristalino, formado basicamente por migmatitos e granitoides (rochas de fundação no limite esquerdo da nova conformação do Reservatório Intermediário), que pudessem se interligar às cavidades subterrâneas dos arenitos da Formação Maecuru na região do Kararaô. Tal entendimento técnico levou à proposição de conclusão do Programa de Estanqueidade junto ao IBAMA.

Com o objetivo de agilizar a aprovação dessa proposição junto ao órgão ambiental, realizou-se uma reunião específica com a equipe técnica do IBAMA no dia 22/08/2013, em sua sede em Brasília, para apresentação desse contexto geológico-geotécnico consolidado. Após as explanações realizadas, estabeleceu-se, junto ao próprio órgão ambiental, que a proposição de fechamento do referido Programa só deveria ser encaminhada de forma oficial no âmbito do Quinto RC e por meio da elaboração de uma Nota Técnica individualizada, após a realização de um *check-list* específico por toda a Área Diretamente Afetada (ADA) pelo empreendimento, principalmente na região da margem direita do entorno do Reservatório Intermediário, mais precisamente na região do então chamado “Graben do Macacão”, para que fosse confirmado e consolidado que a região de interesse, no contexto do presente Programa, estava restrita à região do Kararaô.

Após a realização desse *check-list* específico ao longo do segundo semestre de 2013, foi elaborada e encaminhada ao órgão ambiental a Nota Técnica NT\_SFB\_Nº038-PCER\_09\_12\_2013\_LEME, protocolizada em 23/12/2013, que indicou e consolidou a recomendação de conclusão do Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios a partir dos dados e resultados alcançados, tanto pelas atividades de escritório, quanto pelas atividades de campo. Inclusive, o conteúdo técnico presente no Quinto RC, entregue em janeiro de 2014 ao IBAMA, foi totalmente fundamentado nessa NT e se embasou na execução de quatro atividades fundamentais, a saber: (1) reavaliação dos estudos do EIA/RIMA e complementares de espeleologia; (2) reavaliação dos estudos geológico-geotécnicos no âmbito de outros programas ambientais; (3) reavaliação das condições geológico-geotécnicas existentes na região do Kararaô; e (4) execução propriamente dita do *check-list* caracterizado por novas campanhas de campo ao longo da região de influência dos reservatórios e da abrangência dos estudos de engenharia e ambientais já executados.

Entretanto, no dia 03/02/2014, o IBAMA encaminhou à Norte Energia o Ofício 02001.000868/2014-39-CGENE/IBAMA, datado de 31/01/2014, em resposta ao documento CE 0483/2013-DS que solicitava a conclusão do Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios, por meio da apresentação da NT NT\_SFB\_Nº038-PCER\_09\_12\_2013\_LEME. No referido Ofício, o IBAMA estabeleceu a continuidade do Programa e instituiu uma série de recomendações a serem cumpridas e que estão estreitamente relacionadas com as atividades executadas pelo setor de engenharia do empreendimento, no que se refere à verificação de áreas que possam apresentar problemas de estanqueidade relacionados à implantação das estruturas fixas da UHE Belo Monte (diques), como, por exemplo, a região do Graben do Macacão.

A seguir, são transcritas integralmente as recomendações (item 2 do referido Ofício) propostas pelo IBAMA para a continuidade do Programa:

- a) *Realizar uma investigação mais detalhada da região do Graben do Macacão e acompanhar, juntamente com a equipe de engenharia, as soluções de estanqueidade propostas para que não ocorra fuga de água do reservatório;*
- b) *Relatar, acompanhar e investigar novas áreas que tragam preocupação para a equipe de engenharia no que tange à estanqueidade, que eventualmente sejam identificadas no decorrer do detalhamento das estruturas que formarão o reservatório Intermediário;*
- c) *Manter as atividades de monitoramento após a implantação dos reservatórios e caso algum processo de fuga de água se instale na região, medidas de controle deverão ser adotadas para mitigar os eventuais impactos negativos; e*
- d) *Apresentar análise se o fluxo de água que percolará por cada um dos diques será significativo e avaliar quais serão os impactos sobre as áreas adjacentes ao Reservatório Intermediário.*

Para atendimento dessas recomendações, foi estabelecido entre os setores de meio ambiente e de engenharia da Norte Energia um planejamento de trabalho integrado

para definição e elaboração de um novo cronograma de atividades a serem desenvolvidas, visando ao atendimento ao Parecer do IBAMA no que se refere à continuidade do Programa de Controle da Estanqueidade. Este novo cronograma considera as atividades (ações) definidas e executadas pela engenharia da obra referentes, principalmente, aos estudos geológico-geotécnicos implementados na região do Graben do Macacão, para garantia da segurança e estabilidade das estruturas de barramento a serem construídas na região (diques 6C, 8A e 8B) e de suas fundações ao longo dos limites do Reservatório Intermediário, assim como das barreiras naturais ali existentes (proeminências topográficas – morros e morrotes).

O referido novo cronograma foi apresentado no âmbito do Sexto RC, encaminhado ao IBAMA em julho de 2014, sendo que suas atividades foram consideradas como iniciadas desde o final do quarto trimestre de 2013, tendo sido desenvolvidas ao longo de todo o ano de 2014, onde ajustes e novas adequações foram realizados quando indicados pelo setor de engenharia da obra. O novo cronograma deste Programa pode ser visualizado no item 10.4.6 “*Atendimento do Cronograma*” do presente Relatório Consolidado.

Em face dessa readequação e revisão das atividades que compõem o cronograma do Programa, as atividades previstas anteriormente no cronograma, que se baseavam exclusivamente na região do Kararaô, foram suspensas e consideradas como concluídas. Portanto, os atrasos que estavam sendo verificados nos prazos de execução de suas atividades devido ao impedimento à entrada em propriedade de terceiro, conforme antes aqui exposto, foram definitivamente sanados, já que o novo planejamento de ações referentes a este Programa foi direcionado para a região do Graben do Macacão, estando estreitamente relacionado com os estudos e projetos de engenharia da obra que estavam continuamente em desenvolvimento. Portanto, os resultados e dados obtidos nas investigações geológico-geotécnicas, previstas no âmbito dos projetos de engenharia, passaram a ser incorporados ao Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios, objetivando o atendimento às recomendações do órgão ambiental.

Já no âmbito do último RC para solicitação da LO do empreendimento, encaminhado em fevereiro de 2015, foram apresentados os seguintes resultados e dados fornecidos pelo setor de engenharia da Norte Energia para o desenvolvimento do referido Programa, de acordo com as novas premissas estabelecidas:

- 1) Mapa geológico modificado do PBA 11.3.1, principalmente da região do Graben do Macacão, onde a mesma foi caracterizada por retrabalhamento e deposição de sedimentos predominantemente arenosos, com estratos de argilitos e folhelhos das Formações Trombetas e Maecuru;
- 2) Caracterização das investigações geológico-geotécnicas realizadas por meio de furos de sondagens, observações de campo e levantamentos geofísicos que subsidiaram a definição de alternativas de engenharia para tratamento dos materiais (solo e rocha) de fundação para controle de percolação de água, tanto nas áreas abrangidas pelas estruturas construídas (diques 6C, 8A e 8B), quanto para as barreiras naturais (proeminências topográficas) que compõem o

perímetro da margem direita do Reservatório Intermediário na região do Graben do Macacão;

- 3) Realização de atividades contínuas de integração entre as equipes técnicas de meio ambiente e de engenharia com reporte dos seus resultados nos relatórios consolidados;
- 4) Apresentação de informações técnicas referentes ao monitoramento dos diques por meio da instalação de equipamentos de instrumentação; e
- 5) Apresentação dos relatórios de análise dos fluxos de água que percolarão pelos diques, elaborados pela Projetista do Empreendimento para todos os 28 (vinte e oito) diques que foram construídos ao longo do Reservatório Intermediário.

A partir da caracterização destas atividades, relatadas ao longo do referido RC, demonstrou-se que o Programa de Controle de Estanqueidade dos Reservatórios estava se desenvolvendo de forma satisfatória, conforme as novas diretrizes e premissas estabelecidas pelo órgão ambiental em 30/01/2014, por meio do Ofício 02001.000868/2014-39-CGENE/IBAMA. Além disso, afirmou-se ainda que, para continuidade dessa conformidade, seria fundamental que se mantivesse de forma proativa a integração existente entre os setores de meio ambiente e engenharia da Norte Energia para troca de informações técnicas e atendimentos aos objetivos e metas em vigor.

Em relação a esta questão, é importante destacar que a atividade de integração com o setor de engenharia da Norte Energia foi contínua ao longo do ano de 2015, onde se procedeu ao acompanhamento da construção dos diques e das alternativas de tratamento de engenharia dos materiais de fundação de solo/rocha, principalmente na região conhecida como “Graben do Macacão”. Além disso, procurou-se verificar, durante a realização das atividades de campo, o aparecimento de novos pontos que apresentassem características geológico-geotécnicas similares àquelas que originaram o PBA 10.4, com a detecção de novas cavidades areníticas que deveriam ser avaliadas detalhadamente ou até mesmo monitoradas a partir da formação do Reservatório Intermediário.

Informa-se que o Parecer 02001.003622/2015-08 COHID/IBAMA, datado de 10/09/2015, encaminhado por meio do Ofício nº 02001.010573/2015-51 DILIC/IBAMA, referente à análise da documentação que subsidiou a solicitação de Licença de Operação (LO) da UHE Belo Monte, relata que a equipe técnica do IBAMA considera que o Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios está sendo desenvolvido de maneira adequada pela Norte Energia a partir do seu novo escopo apresentado.

Além disso, ressalta-se que o IBAMA não enviou à Norte Energia qualquer tipo de avaliação a respeito da consolidação de conclusão do presente Programa para janeiro de 2016, apresentado no documento de atendimento ao item 2 do Ofício 02001.006165/2015-03 DILIC/IBAMA, encaminhado por meio da CE 0220/2015 – DS,



que demandava a caracterização das atividades a serem desenvolvidas e continuadas após a obtenção da LO da UHE Belo Monte. No conteúdo do referido documento, que também serviu como base para obtenção da LO da UHE Belo Monte, foi caracterizado e embasado o conceito que as atividades inerentes ao Programa 10.4 estão devidamente finalizadas no contexto ambiental.

#### **10.4.2. RESULTADOS CONSOLIDADOS**

Durante o ano de 2015, o setor de engenharia da obra desenvolveu as atividades de construção e implantação dos sistemas de proteção contra erosões e de impermeabilização estabelecidos pelo Consórcio Projetista ao longo da região do Graben do Macacão que foram caracterizados no âmbito do RC Final, enviado ao IBAMA em fevereiro de 2015. Além disso, procedeu-se à continuidade da construção dos diques 6C, 8A e 8B situados na região do Graben do Macacão e também à implantação dos equipamentos de auscultação e instrumentação para monitoramento e caracterização de eventuais deteriorações que possam constituir risco potencial às condições de segurança das referidas estruturas em todos os diques construídos ao longo das margens do futuro Reservatório Intermediário. Ressalta-se ainda que essas atividades foram acompanhadas, de forma integrada, pela empresa executora do presente Programa e pelo setor de meio ambiente e de engenharia da própria Norte Energia, visando ao pleno atendimento dos objetivos e metas preconizados no PBA 10.4.

Reitera-se que o tratamento preconizado pelo Projeto Executivo para o controle do fluxo de água pelas fundações dos Diques 6C, 8A e 8B estabeleceu a escavação de uma trincheira de vedação (*cut-off*), além da colocação de um filtro invertido a jusante desses diques e de parte do espigão arenítico na região do Graben do Macacão (entre os diques 6C e 8B). O Projeto Executivo estabeleceu, também, proteção de montante do espigão de arenito, na zona de flutuação do nível de água do Reservatório Intermediário, por meio da colocação de uma camada de enrocamento (*rip-rap*).

Portanto, durante o ano de 2015, as atividades de execução dos tratamentos de fundação na região do Graben do Macacão (atividade 7 do cronograma) e de implantação dos equipamentos de instrumentação (atividade 8 do cronograma) foram executadas e concluídas até a primeira quinzena do mês de dezembro de 2015.

É importante destacar que o acompanhamento/monitoramento das estruturas de barramento será contínuo, por meio dos equipamentos de instrumentação instalados (medidas de controle adotadas), sendo que seus dados e resultados serão fornecidos pela equipe técnica responsável por esta atividade dentro do Plano de Segurança de Barragens, sendo que esta equipe ficará alocada no empreendimento durante o período de operação da UHE Belo Monte.

Em face dessa premissa, e fazendo referência ao documento resposta do item 2 do Ofício 02001.006165/2015-03 DILIC/IBAMA, encaminhado em julho de 2015, por meio da CE 0220/2015, consolida-se o estabelecimento da conclusão desse Programa de Controle de Estanqueidade dos Reservatórios para janeiro de 2016. Ressalta-se que a

base conceitual que consolida essa conclusão do PBA 10.4 é reapresentada e reiterada no **item 10.4.3** do presente Relatório Consolidado.

Em função do enchimento dos reservatórios ter se iniciado em 25/11/2015, após a obtenção da LO, o presente RC ainda não apresenta, em anexo, os dados iniciais de instrumentação dos referidos diques presentes no Reservatório Intermediário, que poderão ser solicitados pelo IBAMA à Norte Energia quando lhe for conveniente.

Além disso, ao longo do ano de 2015, não foi verificada pelos setores de engenharia e meio ambiente da Norte Energia a necessidade de inserção de outras regiões no entorno do Reservatório Intermediário que apresentassem problemas geológico-geotécnicos relacionados à estanqueidade, semelhantes aos observados na região do Graben do Macacão e que pudessem indicar a continuidade do presente Programa após janeiro de 2016. As atividades de campo realizadas nesse período não constatarem nenhuma cavidade proveniente de rochas areníticas que pudesse ser incorporada a este Programa 10.4 e que tivesse potencial para geração de impactos ambientais similares àqueles identificados no EIA/RIMA.

Face ao que foi exposto, informa-se que as metas e objetivos estabelecidos para o Programa 10.4 foram atendidas de acordo com as premissas e recomendações solicitadas pelo IBAMA, seguindo o seu novo cronograma proposto em julho de 2014 e revisado no documento encaminhado ao IBAMA em julho de 2015 (CE 0220/2015 – DS).

As **Figuras 10.4 - 1 a 10.4 - 8**, a seguir, mostram fotos aéreas que ilustram o desenvolvimento das atividades de engenharia dos diques 6C, 8A e 8B e da construção do *rip-rap* no espigão de arenito que estão situados ao longo da região do Graben do Macacão, no período compreendido entre os meses de janeiro de 2015 a novembro de 2015 (mais atualizadas).



**Figura 10.4 - 1 – Vista geral de um trecho de construção de *rip-rap* no Espigão de Arenito, ainda no primeiro trimestre de 2015.**



**Figura 10.4 - 2 – Detalhe de um trecho de construção de *rip-rap* no Espigão de Arenito, em dezembro de 2015.**



**Figura 10.4 - 3 – Vista aérea do Dique 6C em janeiro de 2015.**



**Figura 10.4 - 4 – Vista aérea do Dique 6C em novembro de 2015.**



**Figura 10.4 - 5 – Vista aérea do Dique 8A em maio de 2015.**



**Figura 10.4 - 6 – Vista aérea do Dique 8A em novembro de 2015.**



**Figura 10.4 - 7 – Vista aérea do Dique 8B em janeiro de 2015.**



**Figura 10.4 - 8 – Vista aérea do Dique 8B em março de 2015.**

### **10.4.3. ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS DO PROGRAMA DE CONTROLE DA ESTANQUEIDADE DOS RESERVATÓRIOS**

A planilha de atendimento aos objetivos do presente Programa de Controle da estanqueidade dos Reservatórios é apresentada na sequência.

OBJETIVOS GERAIS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	STATUS DE ATENDIMENTO	ALTERAÇÕES DE ESCOPO OU PRAZO	JUSTIFICATIVA PARA O STATUS E ALTERAÇÕES
<p>Identificação, caracterização e monitoramento dos locais onde podem existir riscos associados à fuga d'água dos reservatórios, em regiões onde os reservatórios fazem limite com litologias sabidamente permeáveis da Formação Maecuru, notadamente onde ocorrem alinhamentos estruturais que favorecem o aparecimento de cavidades subterrâneas e outras feições menores originadas por piping, identificadas e caracterizadas nos temas Espeleologia e Estabilidade das Encostas Marginais da Área de Influência Direta do EIA/RIMA da UHE Belo Monte.</p>	<p>–</p>	<p>Concluído</p>	<p>Em função da nova conformação do Reservatório Intermediário, a principal região a ser estudada pelo Programa, que correspondia a região do Kararaô (rochas areníticas da Formação Maecuru) foi substituída pela região conhecida como Graben do Macacão, situada na margem direita do referido reservatório e formada, principalmente, por rochas areníticas retrabalhadas. Destaca-se que o foco principal do Programa foi modificado pelas recomendações do IBAMA, uma vez que os aspectos de garantia de estanqueidade na área de influência do Graben do Macacão e na região das selas topográficas, ao longo dos limites do Reservatório Intermediário, estão estreitamente relacionados ao entendimento de engenharia e devem analisadas e implantadas medidas, se necessárias, pelos projetos de engenharia, na execução das obras civis nesta região. Já no contexto ambiental, que caracterizava a região do Kararaô como o foco principal, a proposta inicial (EIA/RIMA) referia-se aos impactos que podem ser causados pelo aparecimento de processos de fuga d'água pelas cavidades de alta relevância espeleológica existentes, prejudicando sua manutenção e preservação no contexto geral da área de influência do empreendimento. Deve-se ressaltar que os referidos impactos ambientais não ocorrem na região do Graben do Macacão, conforme foi verificado nas atividades de campo realizadas (ausência de cavidades de relevância espeleológica).</p>	<p>A partir das novas premissas e diretrizes estabelecidas, um novo cronograma de atividades foi elaborado para continuidade do Programa, levando-se em consideração as atividades de engenharia executadas na região do Graben do Macacão. Estas atividades estabelecidas se caracterizaram por ações de integração entre os setores de engenharia e meio ambiente que visaram ao atendimento das recomendações propostas pelo IBAMA, por meio do Ofício 02001.000868/2014-39-CGENE/IBAMA, datado de 31/01/2014. Conforme relatado ao longo do presente Relatório Semestral, todas as recomendações solicitadas pelo IBAMA foram atendidas.</p>
<p>Durante o desenvolvimento do programa, a depender do grau de relevância a riscos de fuga de água, serão detalhadas medidas de controle, precedidas de estudos de alternativas, e estabelecidas as recomendações e detalhamentos sobre tratamentos, bem como sobre a continuidade do monitoramento.</p>	<p>–</p>	<p>Concluído</p>		<p>A instrumentação dos diques construídos, assim como o monitoramento de campo das encostas marginais ao longo do Reservatório Intermediário pelo setor de engenharia da UHE Belo Monte previsto no Plano de Segurança das Barragens, são responsáveis pelas questões relacionadas aos estudos de riscos de fuga de água que porventura possam ocorrer.</p>



#### **10.4.4. ATENDIMENTO ÀS METAS DO PROGRAMA DE CONTROLE DA ESTANQUEIDADE DOS RESERVATÓRIOS**

A planilha de atendimento às metas do presente Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios é apresentada na sequência.

META	STATUS DE ATENDIMENTO	ALTERAÇÕES DE ESCOPO OU PRAZO	JUSTIFICATIVA PARA O STATUS E ALTERAÇÕES
Efetuar investigações, instalar e manter a rede de monitoramento para fins de desenvolvimento desse Programa de Controle de Estanqueidade dos Reservatórios (com foco na região de cavidades subterrâneas)	Cancelada	Alteração de escopo por meio do Ofício 02001.000868/2014-39-CGENE/IBAMA	O IBAMA estabeleceu a continuidade do Programa, independentemente da região das cavernas do Kararaô, assim como a ocorrência da Formação Maecuru, e definiu uma série de recomendações a serem atendidas, as quais estão atreladas às atividades de engenharia, principalmente para o Graben do Macacão e para a percolação através dos Diques. Tal solicitação acarretou uma revisão profunda do Programa com novas metas a serem alcançadas que foram especificadas através das recomendações propostas pelo órgão ambiental.
Efetuar o detalhamento da caracterização geológica, estrutural, hidrogeológica e espeleológica nas áreas de interesse. Está incluído o detalhamento do contato basal.	Concluída		
Efetuar caracterização detalhada dos níveis de água dos aquíferos nas áreas de interesse e obter suas variações antes, durante e após o enchimento dos reservatórios.	Cancelada		
Identificar as possíveis interferências do empreendimento na elevação do nível d'água/cargas hidráulicas do aquífero Maecuru portador das cavidades subterrâneas.	Cancelada		
Identificar e caracterizar os locais de maior relevância para os processos de fuga d'água devido à elevação do nível de água do aquífero Maecuru.	Cancelada		
Possibilitar estudos e detalhamento de medidas de controle e de tratamentos necessários, a serem incorporadas ao projeto, para evitar fugas de água e/ou percolações indesejáveis pelas cavidades subterrâneas a partir dos reservatórios..	Cancelada		
Obter o monitoramento da dinâmica hídrica, sedimentológica e da evolução dos processos espeleogenéticos no interior das cavidades.	Cancelada		
Fornecer subsídios e orientação para a continuidade do programa.	Concluída	-	-

META	STATUS DE ATENDIMENTO	ALTERAÇÕES DE ESCOPO OU PRAZO	JUSTIFICATIVA PARA O STATUS E ALTERAÇÕES
<b>NOVAS METAS ESTABELECIDAS - Ofício 02001.000868/2014-39- CGENE/IBAMA</b>			
Realizar uma investigação mais detalhada da região do Graben do Macacão e acompanhar, juntamente com a equipe de engenharia, as soluções de estanqueidade propostas para que não ocorra fuga de água do reservatório.	Concluída	A definição e a execução dos tratamentos de fundação realizadas pelo setor de engenharia da obra foram concluídas no final do quarto trimestre de 2015. Com essa conclusão, todas as atividades inerentes a este objetivo (coluna ao lado direito) foram definitivamente concluídas, caracterizando o seu pleno atendimento. Conteúdo apresentado no decorrer dos relatórios consolidados anteriores, principalmente no Relatório Consolidado Final para Solicitação da LO, datado de fevereiro de 2015.	Estudos de engenharia, investigações geológico-geotécnicas, necessidade de estudos complementares, consolidação, avaliação e interpretação dos dados e resultados de investigações e definição e execução dos tratamentos de fundação a serem definidos pela engenharia.
Relatar, acompanhar e investigar novas áreas que tragam preocupação para a equipe de engenharia no que tange à estanqueidade, que eventualmente sejam identificadas no decorrer do detalhamento das estruturas que formarão o Reservatório Intermediário.	Concluída	Todas as atividades relacionadas ao atendimento desse objetivo específico, que são caracterizadas na coluna ao lado (direito), foram finalizadas, possibilitando o início do enchimento do Reservatório Intermediário.	Elaboração de Planejamento Integrado entre as equipes técnicas de engenharia e meio ambiente, atividades contínuas de integração entre as equipes de meio ambiente e engenharia e análise das informações de engenharia e repasse dos resultados para o IBAMA nos RCs.
Manter as atividades de monitoramento após a implantação dos reservatórios e caso algum processo de fuga de água se instale na região, medidas de controle deverão ser adotadas para mitigar os eventuais impactos negativos.	Em atendimento	A atividade de implantação da instrumentação e de construção dos diques foi devidamente concluída, enquanto a atividade de monitoramento dos diques continuará sendo desenvolvida no âmbito do Plano de Segurança das Barragens, podendo ser finalizada a atividade no contexto do PBA 10.4.	Implantação dos equipamentos de instrumentação na continuidade da construção dos diques e instrumentação e monitoramentos dos diques após enchimento por meio dos equipamentos de instrumentação implantados.
Apresentar análise se o fluxo de água que percolará por cada um dos diques será significativo e avaliar quais serão os impactos sobre as áreas adjacentes ao Reservatório Intermediário.	Concluída	Entregue todos os relatórios de análise dos fluxos de água elaborados pela Projetista no âmbito do Relatório que subsidiou a solicitação da LO.	Elaboração e apresentação da análise dos fluxos de água que percolarão pelos diques - Projetista.

#### **10.4.5. ATIVIDADES PREVISTAS**

A partir da formação do Reservatório Intermediário terão início, efetivamente, as atividades de monitoramento dos diques construídos ao longo de suas margens, por meio dos equipamentos de instrumentação (marcos superficiais, medidores de vazão, marcos fixos, piezômetros elétricos, piezômetros de tubo aberto, placas de recalque magnética, medidores triortogonais e pinos de deslocamento) já instalados. Além disso, vale destacar que a implantação de equipamentos de instrumentação também foi realizada nas outras estruturas que compõem a UHE Belo Monte, tais como suas estruturas de concreto (casas de força, vertedouro, galerias de drenagem, entre outros) e outras estruturas de terra (barragens). Além desta instrumentação, implantada de acordo com as características de cada estrutura, o setor de engenharia, tanto na fase de construção quanto de operação, também deverá implementar, após a fase de enchimento dos reservatórios, um monitoramento de campo das condições geológico-geotécnicas das barreiras naturais existentes ao longo do Reservatório Intermediário.

Toda esta instrumentação implantada nas estruturas construídas e o monitoramento nas barreiras naturais existentes objetivarão o acompanhamento e monitoramento das condições geológico-geotécnicas das referidas estruturas frente à formação dos reservatórios, dentre as quais está contemplada a questão da estanqueidade das estruturas do empreendimento, tanto artificiais quanto naturais, já que o principal fator na sua segurança refere-se à possibilidade de infiltrações de água que acarretem problemas de instabilização das mesmas.

Em resposta a estas questões geológico-geotécnicas está em execução o Plano de Segurança das Barragens da UHE Belo Monte, que abrange as atividades (instrumentação e inspeções de campo) que contemplam o controle e monitoramento de atributos geológico-geotécnicos que estão intimamente relacionados ao tema estanqueidade.

Além disso, ressalta-se que as inspeções trimestrais de campo que serão realizadas no contexto do Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais e Processos Erosivos (PBA 10.3), durante os dois primeiros anos após o enchimento, também serão importantes, principalmente ao longo do Reservatório Intermediário, para subsidiar com informações geotécnicas a respeito do eventual surgimento de problemas de fuga de água, que possa acarretar processos erosivos ou de instabilização nas estruturas de terra do empreendimento e/ou nas próprias barreiras naturais existentes.

Em função dessas premissas, e conforme consolidado no documento de atendimento ao item 2 do Ofício OF 02001.006165/2015-03 DILIC/IBAMA, encaminhado ao IBAMA por meio da CE 0220/2015 – DS datada do dia 17/07/15, reitera-se o estabelecimento da conclusão do Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios para janeiro de 2016.

O estabelecimento da conclusão do PBA 10.4 se deve ao fato que o atendimento da recomendação feita pelo próprio órgão ambiental, relacionada à: “*Manter as atividades de monitoramento após a implantação dos reservatórios e caso algum processo de fuga de água se instale na região, medidas de controle deverão ser adotadas para mitigar os eventuais impactos negativos.*” (item “c” do Ofício 02001.000868/2014-39-CGENE/IBAMA, datado de 31/01/2014), será plenamente atendida pelo Plano de Segurança de Barragens supracitado. Ressalta-se ainda que esse atendimento também estará sendo contemplado a partir das informações de campo provenientes do Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais e Processos Erosivos (PBA 10.3), conforme relatado acima.

Ademais, conforme amplamente caracterizado em relatórios e notas técnicas anteriores, como, por exemplo a NT\_SFB\_Nº38-PCER\_09\_12\_2013\_LEME, as atividades atuais relacionadas à estanqueidade do empreendimento são de responsabilidade da engenharia da obra e não se referem à questão espeleológica que deu origem ao PBA 10.4 (presença de cavidades em rochas areníticas de alta relevância espeleológica que podem acarretar processos de fuga de água).

Em face ao que foi exposto no âmbito do presente RC, consolida-se a conclusão do Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios para janeiro de 2016, sendo que o IBAMA poderá solicitar à Norte Energia, quando julgar necessário, informações técnicas referentes aos dados e resultados do monitoramento das condições de segurança das estruturas da UHE Belo Monte obtidos pelos equipamentos de instrumentação implantados e pelas observações de campo executadas (Plano de Segurança de Barragens).

#### **10.4.6. CRONOGRAMA DAS ATIVIDADES PREVISTAS**

O cronograma gráfico apresentado, na sequência ilustra as atividades desenvolvidas a serem concluídas em janeiro de 2016, que visaram ao atendimento de todas as recomendações estabelecidas pelo IBAMA.



#### 10.4.7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Reitera-se que a partir das recomendações estabelecidas pelo IBAMA para a continuidade do Programa de Controle de Estanqueidade dos Reservatórios, nas quais o foco principal foi detectar a possibilidade do surgimento de problemas de estanqueidade (fluxos de água) a partir das fundações, tanto em rocha quanto em solo, através das estruturas civis implantadas, principalmente àquelas referentes aos Diques em construção na região do Graben do Macacão, foi elaborado e implantado um plano integrado de ações junto ao setor de engenharia da obra, que foi responsável pela execução de todas as atividades relacionadas ao novo conceito estabelecido para o referido Programa. Este plano de ação originou um novo cronograma de atividades, já que houve uma modificação no foco principal da região a ser estudada especificamente para os problemas de estanqueidade, que se direcionou para a região do Graben do Macacão, em substituição à região do Kararaô, que ficou preservada em função da mudança na conformação do Reservatório Intermediário.

As atividades desenvolvidas e relatadas neste relatório demonstraram que o Programa de Controle de Estanqueidade dos Reservatórios se desenvolveu de forma satisfatória, conforme as novas diretrizes e premissas estabelecidas pelo órgão ambiental em 30/01/2014, por meio do Ofício 02001.000868/2014-39-CGENE/IBAMA, sendo que a sua continuidade após a formação dos reservatórios não se faz necessária por meio de um programa ambiental específico, no caso este PBA 10.4. Conforme caracterizado no **item 10.4.3**, a finalização do presente Programa de Controle da Estanqueidade dos Reservatórios (PBA 10.4) baseia-se no fato que o item “c” do Ofício 02001.000868/2014-39-CGENE/IBAMA, datado de 31/01/2014, que estabelece “*Manter as atividades de monitoramento após a implantação dos reservatórios e caso algum processo de fuga de água se instale na região, medidas de controle deverão ser adotadas para mitigar os eventuais impactos negativos.*”, estará sendo integralmente atendido com a execução do Plano de Segurança de Barragens, durante a fase de operação da UHE Belo Monte.

#### 10.4.8. EQUIPE TÉCNICA DE TRABALHO

PROFISSIONAL	FORMAÇÃO	FUNÇÃO	REGISTRO ORGÃO DE CLASSE	CADASTRO TÉCNICO FEDERAL CTF
Cristiane Peixoto Vieira	Engenheira Civil, M. Sc.	Gerente de Meio Ambiente	CREA/MG 57.945-D	2.010.648
Alexandre Luiz Canhoto de Azeredo	Geólogo	Coordenador Meio Físico	CREA/RJ 100.015/4-D	567.608
Luís Augusto da Silva Vasconcellos	Biólogo, M. Sc.	Coordenador de Campo	CRBio 20.598/01-D	1.772.130
Luciano Ferraz Andrade	Geógrafo	Geoprocessamento e design gráfico	CREA/MG 164.360/D	5.552.542

PROFISSIONAL	FORMAÇÃO	FUNÇÃO	REGISTRO ORGÃO DE CLASSE	CADASTRO TÉCNICO FEDERAL CTF
Carlos Chicarelli	Geógrafo	Levantamento de dados e acompanhamento de atividades	CREA/MG 120.924 D	4.963.386
Nestor Antônio Mendes Pereira	Geólogo	Coordenador das investigações geológico-geotécnicas do setor de engenharia (NE/DC)	CREA/SP 0600-41019-2 D	-

#### 10.4.9. ANEXOS

Não há anexos