



**UHE SANTO ANTÔNIO**

**PROGRAMA DE CONSERVAÇÃO DA FAUNA**

**Subprograma de Monitoramento de Mamíferos  
Aquáticos e Semiaquáticos**

**Cetáceos**

**Relatório Fase de Pós-enchimento – 1º Ano**

**Belo Horizonte**

**Novembro de 2013**

EMPRESA RESPONSÁVEL PELO EMPREENDIMENTO	
Nome do Empreendedor	<i>Santo Antônio Energia S.A.</i>
CNPJ	<i>09.391.823/0002- 40</i>
Endereço	<i>Rua Tabajara, 834 – Bairro Olaria”</i>
CEP – Município – U.F.	<i>76801-316 – Porto Velho – Rondônia</i>
Telefone – Fax	<i>(69) 3216 1600</i>
E-mail	<i>javiercisneros@santoantonioenergia.com.br</i>
Contato	<i>Javier Cornejo Cisneros</i>

EMPRESA RESPONSÁVEL POR ESTE RELATÓRIO	
Nome da Empresa	<i>Sete Soluções e Tecnologia Ambiental Ltda.</i>
CNPJ	<i>02.052.511/0001-82</i>
Endereço	<i>Rua Pernambuco, nº 1000 - 5º andar - Funcionários</i>
CEP – Município – U.F.	<i>30.130-151 - Belo Horizonte - Minas Gerais</i>
Telefone	<i>(31) 3287-5177</i>
E-mail	<i>sete@sete-sta.com.br</i>
Gerente do Projeto	<i>Eduardo Lima Sábato</i>

EQUIPE TÉCNICA		
PROFISSIONAL	FORMAÇÃO E REGISTRO PROFISSIONAL	RESPONSABILIDADE NO PROJETO
Eduardo Lima Sábado	<i>Biólogo</i> CRBio 08747/90	<i>Coordenação geral, consolidação de relatório</i>
Danielle dos Santos Lima	<i>Bióloga</i> CRBio 37619/04-D	<i>Coordenação geral, coleta de dados, montagem de banco de dados, elaboração e consolidação de relatório grupo mamíferos aquáticos</i>
Miriam Marmontel	<i>Oceanóloga</i> ( <i>Não há conselho de classe profissional</i> )	<i>Coordenação geral, revisão de relatório Grupo Mamíferos Aquáticos</i>
Waleska Gravena	<i>Bióloga</i> CRBio 90093/06-D	<i>Análise genética Grupo Mamíferos Aquáticos</i>
EQUIPE DE APOIO		
TÉCNICO	RESPONSABILIDADE	
André Bastos da Silva	<i>Biólogo - Coleta de dados Grupo Mamíferos Aquáticos</i>	
Beatriz Mafalda Calera	<i>Bióloga - Coleta de dados, montagem de banco de dados Grupo Mamíferos Aquáticos</i>	
João Carlos Gomes Borges	<i>Médico-veterinário - Coleta de dados Grupo Mamíferos Aquáticos</i>	
Jorge Calvimontes Ugarte	<i>Biólogo - Coleta de dados Grupo Mamíferos Aquáticos</i>	
Nathali Garcia Ristau	<i>Biólogo - Coleta de dados Grupo Mamíferos Aquáticos</i>	
Cássia Marina Pereira Nunes	<i>Edição e Produção</i>	
Leonardo Sanches Ferreira	<i>Edição e Produção</i>	

## Sumário

1. INTRODUÇÃO .....	1
2. OBJETIVOS.....	3
3. MÉTODOS.....	3
3.1. Delineamento amostral/Protocolos temáticos.....	3
3.2. Análise de dados.....	6
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	7
4.1. Distribuição.....	7
4.2. Variação sazonal.....	10
4.3. Estrutura de grupo.....	12
4.4. Estimativa populacional.....	15
4.5. Estrutura genética.....	16
5. CONCLUSÕES.....	17
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	18
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	19
ANEXOS.....	24

## Lista de Quadros

QUADRO 1. Segmentos amostrados durante o monitoramento de cetáceos nas fases de pré e pós-enchimento (Ano I) do reservatório da UHE Santo Antônio.....	4
QUADRO 2. Número de registros e indivíduos por espécie de acordo com os métodos utilizados durante o monitoramento de cetáceos nas fases de pré e pós-enchimento (Ano I) do reservatório da UHE Santo Antônio.....	7
QUADRO 3. Número de registros e indivíduos por espécie e segmento amostral durante o monitoramento de cetáceos nas fases de pré e pós-enchimento (Ano I) do reservatório da UHE Santo Antônio.....	8

## Lista de Figuras

FIGURA 1. Frequência de registros de botos e tucuxis ao longo dos segmentos amostrados na área de influência da UHE Santo Antônio durante o primeiro ano de monitoramento da fase de Pós-enchimento.....	8
FIGURA 2. Número de indivíduos de cetáceos avistados ao longo dos segmentos amostrais – 1º ano de monitoramento da fase de pós-enchimento do reservatório da UHE Santo Antônio.....	9
FIGURA 3. Frequência de registros de botos do gênero <i>Inia</i> e <i>S. fluviatilis</i> na área de influência da UHE Santo Antônio durante a estação seca de 2012 e a estação chuvosa de 2013 – 1º ano de monitoramento da fase de pós-enchimento.....	11
FIGURA 4. Número de indivíduos de <i>Inia</i> spp. e <i>S. fluviatilis</i> avistados na área de influência da UHE Santo Antônio durante a estação seca de 2012 e a estação chuvosa de 2013 – 1º ano de monitoramento da fase de pós-enchimento.....	11
FIGURA 5. Frequência dos registros de cetáceos de acordo com o tamanho do grupo – 1º ano de monitoramento da fase de pós-enchimento do reservatório da UHE Santo Antônio.....	12
FIGURA 6. Tamanho de grupo de <i>Inia</i> spp. e <i>S. fluviatilis</i> registrado durante a estação seca de 2012 – 1º ano de monitoramento da fase de pós-enchimento.....	14
FIGURA 7. Tamanho de grupo de <i>Inia</i> spp. e <i>S. fluviatilis</i> registrado durante a estação cheia de 2013 – 1º ano de monitoramento da fase de pós-enchimento.....	14

## 1. INTRODUÇÃO

Ao longo do vasto complexo fluvial presente na Amazônia brasileira, ocorrem três espécies de cetáceos, usualmente denominados golfinhos amazônicos: o boto-vermelho (*Inia geoffrensis* de Blainville, 1817), o boto-boliviano (*I. boliviensis* d'Orbigny, 1834) e o tucuxi (*Sotalia fluviatilis* Gervais, 1853) (Ruiz-García e Shostell, 2010; Trujillo *et al.*, 2010). De modo habitual, a taxonomia adotada para o boto considera *Inia* como gênero monoespecífico, cuja espécie, *I. geoffrensis*, apresenta três populações geográficas reconhecidas como subespécies: *I. g. humboldtiana*, na bacia do Orinoco; *I. g. boliviensis* na drenagem boliviana da bacia Amazônica (sub-bacia Beni-Mamoré) e no alto rio Madeira, no Brasil; e *I. g. geoffrensis* nos demais cursos d'água da bacia do rio Amazonas (Rice, 1998; Best e da Silva, 1989; Best e da Silva, 1993; Hamilton *et al.*, 2001). Entretanto, essa convenção tem sido questionada, já que comparações morfométricas (da Silva, 1994; Ruiz-García *et al.*, 2006) e moleculares (Banguera-Hinestroza *et al.*, 2002; Martínez-Agüero *et al.*, 2006; Ruiz-García *et al.*, 2008) indicaram uma divergência marcante e sustentam a distinção interespecífica de *I. boliviensis* e *I. geoffrensis*.

Tanto os golfinhos de rio do gênero *Inia* quanto *S. fluviatilis* exploram o ambiente aquático de acordo com os pulsos de inundação e a oferta alimentar (Gomez-Salazar *et al.*, 2012). Contudo, as cachoeiras, as corredeiras intransitáveis e os rios muito estreitos e rasos estão entre os importantes fatores de restrição distribucional destas espécies (Best e da Silva, 1989; 1993). Os botos possuem maior habilidade em explorar habitats complexos, como florestas inundadas, o que lhes confere uma vantagem competitiva sobre o tucuxi, que evita ambientes similares (Martin e da Silva, 2004). Enquanto no Brasil o boto-vermelho ocorre em lagos e rios da bacia Amazônica e Araguaia-Tocantins, a distribuição do tucuxi é restrita à área de drenagem do rio Amazonas, onde as duas espécies podem viver em simpatria (Borobia *et al.*, 1991; da Silva e Best, 1994). Em contrapartida, o boto-boliviano explora especificamente, no Brasil, os sistemas hidrográficos do Guaporé, Abunã, Mamoré e alto rio Madeira, situados no extremo oeste do estado de Rondônia (Ruiz-García e Shostell, 2010; Trujillo *et al.*, 2010).

Previamente aos estudos de viabilidade técnica e econômica dos aproveitamentos hidrelétricos Santo Antônio e Jirau, no alto rio Madeira, assumia-se que a população de *I. boliviensis* permanecia separada de *I. geoffrensis* por uma série de cachoeiras e corredeiras presentes entre os municípios de Guajará-Mirim e Porto Velho (Pilleri e Gihl, 1977; Grabert, 1983; Best e da Silva, 1989; 1993; da Silva, 2009). Todavia, os resultados obtidos naqueles estudos diferiram das informações até então vigentes, constatando a presença de botos do gênero *Inia*, sem distinção específica e detalhamento distribucional, em certos trechos das barreiras naturais desde Abunã, no limite entre Bolívia e Brasil, até Porto Velho (Furnas *et al.*, 2005).

A comprovação da presença de botos nos trechos encachoeirados indicou que não havia uma absoluta separação populacional e que, provavelmente, apenas a cachoeira Teotônio representava a barreira efetiva mais recente para *I. geoffrensis* (Trujillo *et al.*, 2010). Concluiu-se então que nessa “zona de transição” haveria uma baixa densidade de botos e que poderia ocorrer uma “zona híbrida”, promovendo o isolamento das espécies entre os extremos. Ademais, durante os referidos estudos de viabilidade técnica, comprovou-se que a corredeira Santo Antônio atuava como barreira geográfica para *S. fluviatilis* (Furnas *et al.*, 2005).

A partir da constatação da viabilidade dos aproveitamentos hidrelétricos no alto rio Madeira e, conseqüentemente, dos possíveis impactos negativos aos cetáceos, tornou-se necessário o delineamento de estratégias de monitoramento de *Inia* spp. e *S. fluviatilis* ao longo das distintas etapas necessárias à implementação e operação da UHE Santo Antônio. Sabe-se que os movimentos sazonais de golfinhos amazônicos estão relacionados com a migração da ictiofauna e com os pulsos de inundação anual dos rios, essenciais para a manutenção da produtividade (Gomez-Salazar *et al.*, 2012). Adicionalmente, os atributos físicos e ecológicos dos cursos d’água são claramente importantes (Smith e Reeves, 2000), já que aqueles estes cetáceos possuem forte associação aos ambientes marginais e confluências (Martin *et al.*, 2004).

A estreita relação entre os mamíferos aquáticos e os ambientes em que estão inseridos torna-os extremamente vulneráveis às ações de origem antrópica, já que compartilham os mesmos habitats e, frequentemente, exploram recursos similares (Rocha-Campos *et al.*, 2010). Em águas interiores estão sujeitos a impactos negativos ocasionados por usinas hidrelétricas, visto que tais obras de infraestrutura são capazes de interromper deslocamentos diários e sazonais, fragmentar populações, alterar e/ou suprimir habitats específicos, e modificar quantitativa e qualitativamente o recurso alimentar disponível (Reeves e Leatherwood, 1994; Smith e Reeves, 2000; IBAMA, 2001; McAllister *et al.*, 2001; Reeves *et al.*, 2003; Costa *et al.*, 2005).

Em atendimento às exigências legais para a construção e operação da UHE Santo Antônio, o Programa de Conservação de Fauna instituiu o Subprograma de Monitoramento de Mamíferos Aquáticos e Semiaquáticos (Madeira Energia, 2008) – dissociados em mamíferos aquáticos (botos e tucuxi) e semiaquáticos (ariranha - *Pteronura brasiliensis* e lontra - *Lontra longicaudis*). Sendo assim, o monitoramento de golfinhos amazônicos tem sido conduzido desde a fase de Pré-enchimento do reservatório, tanto a montante quanto a jusante do Empreendimento. As ações contidas neste Subprograma têm sido executadas de acordo com as orientações constantes no Projeto Básico Ambiental do Aproveitamento Hidrelétrico Santo Antônio (Madeira Energia, 2008) e, a partir da fase de Pós-enchimento, no Plano de Trabalho contido na Informação Técnica nº 76/2012/COHID/CGENE/DILIC/IBAMA.

## 2. OBJETIVOS

O monitoramento em questão tem por objetivo geral verificar e avaliar os reais efeitos da implantação da UHE Santo Antônio sobre os cetáceos *S. fluviatilis* e *Inia spp.* diagnosticados como de ocorrência na Área de Influência do Empreendimento, a fim de estabelecer, caso seja necessário, estratégias de manejo e conservação. Para gerar subsídios para tal avaliação, procurou-se:

- Identificar a distribuição de golfinhos amazônicos nas Áreas de Influência do Empreendimento;
- Estimar a densidade de botos na extensão do rio Madeira entre as barragens das UHEs Santo Antônio e Jirau; e
- Definir a estrutura genética da população de botos na área do reservatório da UHE Santo Antônio.

Sendo assim, o presente relatório contempla os resultados do primeiro ano de monitoramento da fase de Pós-enchimento, procurando compará-los aos dados gerados na fase de Pré-enchimento do reservatório, a fim de já verificar possíveis modificações em razão das novas características fluviais ocasionadas pela implantação do barramento e pela formação do reservatório.

## 3. MÉTODOS

### 3.1. Delineamento amostral/Protocolos temáticos

O delineamento amostral do Subprograma de Monitoramento de Mamíferos Aquáticos e Semiaquáticos é diferenciado dos demais, em razão das peculiaridades comportamentais das espécies-alvo e dos distintos modos de utilização dos ambientes onde estão inseridas. Atualmente, a avaliação é efetuada de acordo com as orientações presentes no plano de trabalho aprovado para a fase de Pós-enchimento (Informação Técnica nº 76/2012/COHID/CGENE/DILIC/IBAMA), delineado de modo semelhante ao que ocorreu durante a fase prévia.

Duas amostragens foram realizadas durante o primeiro ano de monitoramento de mamíferos aquáticos da fase de Pós-enchimento do reservatório da UHE Santo Antônio, cada uma abrangendo períodos hidrológicos distintos. A primeira campanha ocorreu entre 09 e 27 de outubro de 2012, durante o período de baixa pluviosidade nesta porção da Amazônia brasileira, enquanto a segunda saída a campo foi conduzida na estação chuvosa, entre 10 e 27 de abril de 2013.

Para o monitoramento de cetáceos, considerou-se como a área de interesse deste estudo o trecho do rio Madeira a partir da jusante da UHE Jirau (UTM 20L 0321103, 8980772) até a comunidade Cujubim (UTM 20L 0419544, 9051171), cerca de 40 km a jusante da UHE Santo Antônio, bem como os rios Jaci-Paraná e Branco. Essa área foi subdividida em seis segmentos em decorrência das características geomorfológicas (corredeiras e cachoeiras) da área de estudo durante a fase de Pré-enchimento (Quadro 1; Anexo 3, Desenho 1).

QUADRO 1. SEGMENTOS AMOSTRADOS DURANTE O MONITORAMENTO DE CETÁCEOS NAS FASES DE PRÉ E PÓS-ENCHIMENTO (ANO I) DO RESERVATÓRIO DA UHE SANTO ANTÔNIO

SEGMENTO	LIMITE AMOSTRAL		EXTENSÃO (KM) <sup>A</sup>
1	Inicial:	Corredeira Caldeirão (fase de Pré-enchimento)	30
	Inicial <sup>B</sup> :	a jusante da UHE Jirau (fase de Pós-enchimento)	
	Final:	Foz do rio Jaci-Paraná	
2	Inicial:	Foz do rio Jaci-Paraná	40
	Final:	Repartimento (confluência dos rios Jaci-Paraná e Branco)	
3	Inicial:	Foz do rio Jaci-Paraná	35
	Final:	Corredeira Morrinhos	
4	Inicial:	Corredeira Morrinhos	35
	Final:	Cachoeira Teotônio	
5	Inicial:	Cachoeira Teotônio	18
	Final:	Corredeira Santo Antônio (a montante da UHE Santo Antônio)	
6	Inicial:	Corredeira Santo Antônio (a jusante da UHE Santo Antônio)	40
	Final:	Comunidade Cujubim	

Legenda: A - Extensão aproximada, variável com a margem amostrada ou período hidrológico; B - Definido durante a primeira campanha da fase de Pós-enchimento, justificado pelo impedimento de acesso ao sítio inicial de amostragem (UTM 20L 0319557, 8976158).

Ainda que as corredeiras e cachoeiras nesta extensão do rio Madeira tenham sido eliminadas a partir da formação do reservatório, essa segmentação foi mantida no monitoramento da fase de Pós-enchimento com o intuito de permitir comparações entre as duas fases de amostragem. Procurou-se conservar os mesmos limites amostrais propostos para cada segmento; todavia, em razão do impedimento de acesso a um trecho de cerca de 4 km no rio Madeira, a jusante da UHE Jirau, houve redução no setor Corredeira Caldeirão – Foz do rio Jaci-Paraná (segmento 1) durante o primeiro ano da fase de Pós-enchimento. Após a confluência dos rios Jaci-Paraná e Branco, limite final do segmento 2 (Foz do rio Jaci-Paraná – Repartimento), ainda foram percorridos aproximadamente 20 km em cada curso d'água. Entretanto, tais extensões não foram tratadas de modo distinto e os dados decorrentes das amostragens foram incluídas no segmento 2.

Para a obtenção de dados necessários ao mapeamento distribucional e à estimativa de abundância, foram realizadas incursões náuticas diurnas a bordo de uma embarcação de alumínio motorizada, deslocando-se a uma velocidade aproximada de 10 km/h. Adotou-se a amostragem de distância, com deslocamentos orientados paralelamente às margens dos trechos dos cursos d'água de interesse nesse estudo, com uma faixa de visualização de 50 m (Buckland *et al.*, 2001; Martin e da Silva, 2004; Castelblanco-Martínez *et al.*, 2007).

Dois observadores permaneceram posicionados na proa da embarcação, munidos de binóculos, cada qual responsável por monitorar trechos específicos. Um terceiro observador permaneceu posicionado em direção à popa da embarcação, com o intuito de confirmar dados referentes aos avistamentos (espécie, tamanho e estrutura do grupo). Ademais, um quarto membro da equipe atuou como registrador de informações, tais como espécie avistada, localização geográfica, data, tipo de hábitat etc. (Vidal *et al.*, 1997).

O esforço amostral foi interrompido quando as condições climáticas foram consideradas desfavoráveis para a localização dos animais (Martin e da Silva, 2004), como forte chuva ou ondulações à superfície da água. Nestes casos, a Escala Beaufort, que classifica a intensidade dos ventos (velocidade e os efeitos resultantes), foi adotada para estabelecer o limite máximo (Beaufort > 2, pequenas ondulações) para a interrupção do esforço amostral (Dawson *et al.*, 2008).

Observações a partir de plataformas fixas foram realizadas em ambientes considerados favoráveis à ocorrência de cetáceos, como a confluência de cursos d'água. A partir da formação do reservatório, foram suprimidos os afloramentos rochosos ("pedrais") ao longo do rio Madeira utilizados na fase de Pré-enchimento como pontos de observação. Em consequência disto, nos segmentos amostrais com ausência de sítios elevados remanescentes, optou-se por empregar um esforço de observação na própria embarcação, fundeada em locais estratégicos.

Em cada um dos pontos eleitos, três observadores permaneceram em esforço amostral durante 20 minutos, enquanto documentavam a espécie e o número de indivíduos a cada amostragem. Para cada ponto de amostragem anotaram-se os dados do tipo de hábitat (como praia, "pedral" e confluência) e as coordenadas geográficas, mesmo quando nenhum animal foi avistado.

Na fase de Pós-enchimento foi iniciado um esforço de foto-documentação de botos, a montante da UHE Santo Antônio, com o intuito de identificá-los individualmente por meio das marcas corporais únicas e permanentes. Para tal, após o período destinado aos transectos ou observações em ponto fixo/embarcado, foram realizados deslocamentos aleatórios na área de estudo até que animais fossem visualizados.

Procurou-se concentrar o esforço em sítios preferencialmente utilizados por botos, como as confluências de cursos d'água. Quando localizados, a direção do deslocamento foi estabelecida visando a aproximação segura da embarcação aos animais e, em seguida, desligado o motor (Trujillo, 1994; Gomez-Salazar *et al.*, 2012; Meirelles, 2013). Fotografias foram tomadas por um ou dois membros da equipe, enquanto um terceiro técnico registrou informações pertinentes aos avistamentos.

Os registros obtidos sem o emprego dos métodos descritos por exemplo, durante deslocamentos, foram incluídos no total da contagem mínima dos cetáceos da região. Adicionalmente, na fase de Pós-enchimento, optou-se por documentar a presença de botos e tucuxis durante as incursões náuticas destinadas à amostragem de mamíferos semiaquáticos.

Nestas circunstâncias, os dados também foram registrados por técnicos experientes em monitoramento de golfinhos amazônicos. Este tipo de amostragem, plataforma de oportunidade, tem sido empregado com sucesso como abordagem complementar às técnicas de inventário distribucional de cetáceos (Evans e Hammond, 2004; Souza *et al.*, 2009).

Para a avaliação da estrutura genética de botos entre as UHEs Santo Antônio e Jirau foram utilizados, até o momento, fragmentos teciduais provenientes de seis animais. Foram analisadas amostras teciduais coletadas de botos ( $n = 4$ ) que foram resgatados vivos de uma das enseadeiras da UHE Santo Antônio, no ano de 2011, além de animais encontrados mortos, um na confluência dos rio Madeira e Jaci-Paraná e o outro em uma enseadeira, ambos em 2011 (Processo IBAMA nº 02001.000965/2008-83 – Autorização no 138/2011; Processo IBAMA nº 02001.00508/2008-99 – Autorização nº 138/2011, 1a Renovação). Foram realizadas extrações de DNA total das amostras segundo o protocolo de Sambrook *et al.* (1989) e amplificação da região controle (D-loop) do DNA mitocondrial de cada indivíduo (Anexo 2). Adicionalmente, foram inseridas informações obtidas a partir de levantamento de dados secundários disponíveis na internet.

### 3.2. Análise de dados

Para efeito comparativo entre as fases de Pré e Pós-enchimento do reservatório, os dados referentes aos avistamentos de golfinhos amazônicos foram agrupados em planilha eletrônica, ordenados em uma sequência temporal e analisados por meio da frequência de ocorrência. A partir das informações obtidas durante os deslocamentos ao longo dos cursos d'água foi estimada a abundância relativa (taxa de encontro) de botos na área do reservatório, expressa em número de indivíduos visualizados pela distância percorrida em quilômetros (indiv./km) (Aliaga-Rossel *et al.*, 2006). Este parâmetro tem sido utilizado como um indicativo e para detectar tendências do tamanho populacional quando o número de registros é baixo para precisas análises de densidade (cerca de 80 registros, dependendo da variância nas amostras).

A fim de gerar mapas de distribuição espacial de botos e tucuxis, de acordo com os segmentos amostrais e a sazonalidade, os dados de localização geográfica foram plotados em *shapefiles* da área de estudo, considerando todos os pontos de ocorrência resultantes das metodologias adotadas.

A verificação da espécie de boto (linhagem genética) presente na área do reservatório da UHE Santo Antônio foi inferida por meio da análise de agregação de populações realizada ao nível de um indivíduo (Davis e Nixon, 1992), enquanto que a existência de linhagens num contexto baseado em árvore filogenética (Rosen, 1979; Baum e Shaw, 1995) foi realizada utilizando uma análise de máxima verossimilhança (Felsenstein, 1981) (Anexo 2).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Distribuição

Ao longo das duas campanhas de monitoramento de cetáceos da fase de Pós-enchimento do reservatório, foram obtidos 215 registros de cetáceos por meio de transectos de banda (74%, n = 159), pontos fixo/embarcado (11%, n = 24), bem como de maneira oportunística (15%, n = 32) (Quadro 2). A aplicação destas distintas estratégias de documentação resultou em 383 animais avistados (possivelmente, alguns reavistados), dentre botos e tucuxis, nas Áreas de Influência da UHE Santo Antônio.

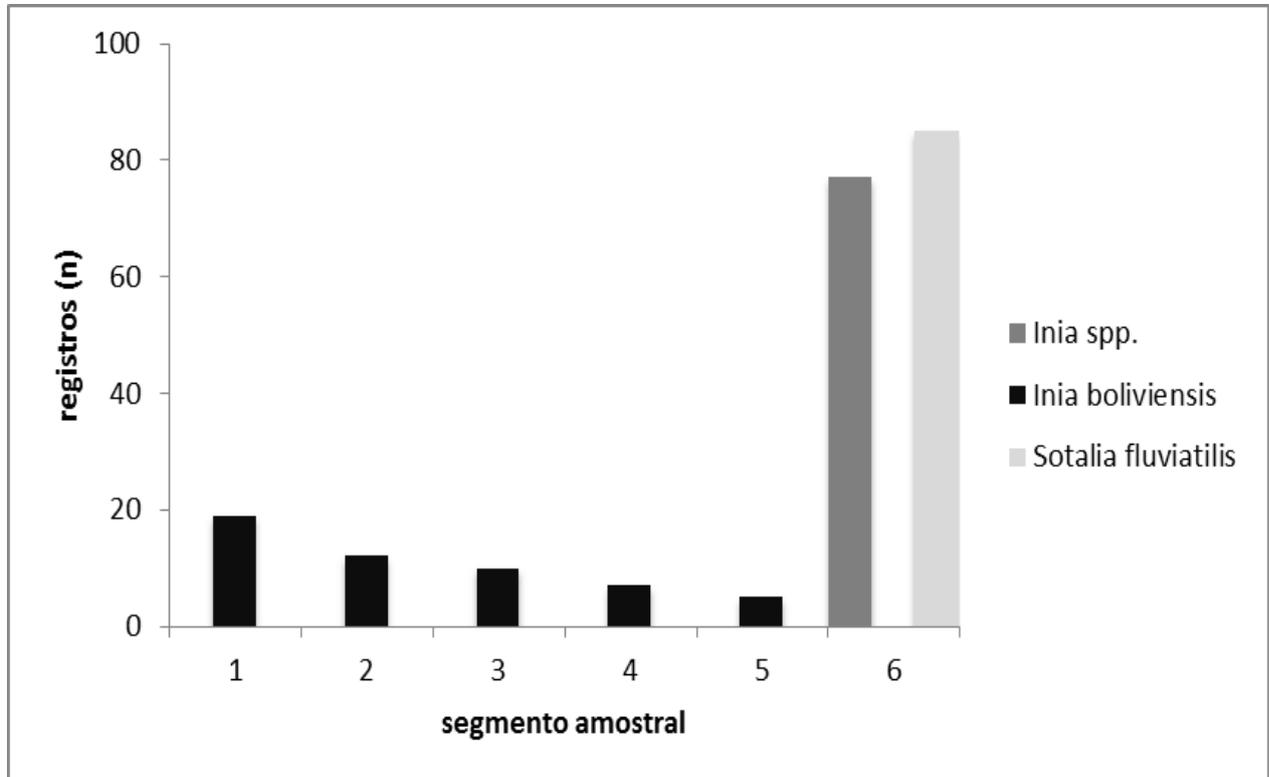
QUADRO 2. NÚMERO DE REGISTROS E INDIVÍDUOS POR ESPÉCIE DE ACORDO COM OS MÉTODOS UTILIZADOS DURANTE O MONITORAMENTO DE CETÁCEOS NAS FASES DE PRÉ E PÓS-ENCHIMENTO (ANO I) DO RESERVATÓRIO DA UHE SANTO ANTÔNIO

ESPÉCIE	TRANSECTOS DE BANDA		PONTOS FIXO/EMBARCADO		OPORTUNÍSTICO	
	REGISTRO (N)	INDIVÍDUO (N)	REGISTRO (N)	INDIVÍDUO (N)	REGISTRO (N)	INDIVÍDUO (N)
<i>Inia boliviensis</i>	30	51	8	17	15	22
<i>Inia spp.</i>	60	91	10	16	7	11
<i>Sotalia fluviatilis</i>	69	135	6	13	10	27
TOTAL	159	277	24	46	32	60

Golfinhos amazônicos foram avistados em todos os segmentos amostrais (n = 6), desde a jusante da UHE Jirau até a comunidade Cujubim (Anexo 3, Desenho 2), o que diferiu dos resultados alcançados durante a fase de Pré-enchimento do reservatório. Naquela ocasião, cetáceos não foram visualizados entre a corredeira Morrinhos e a cachoeira Teotônio (segmento 4), ainda que um intenso esforço amostral tenha sido dispensado ao longo de quatro campanhas conduzidas em diferentes períodos hidrológicos. Este contraste resultou da eliminação destas barreiras naturais, a partir da formação do reservatório da UHE Santo Antônio, o que promoveu a dispersão dos animais neste trecho do rio Madeira e a união das populações até então supostamente isoladas pela cachoeira Teotônio.

Dentre o total de registros de cetáceos adquiridos na fase de Pós-enchimento, 25% (n = 53) ocorreu a montante da barragem da UHE Santo Antônio (segmentos 1 a 5) e, de acordo com o esperado para esta etapa do monitoramento, consistiu em dados exclusivos de botos (os animais avistados no trecho do rio Madeira entre as duas UHEs serão tratados daqui em diante por *Inia boliviensis*, em razão dos resultados da avaliação genética - Anexo 2). De modo similar ao observado na fase de Pré-enchimento, botos (*Inia spp.*) e tucuxis foram registrados em simpatria na extensão do rio Madeira compreendida desde a jusante da UHE Santo Antônio até a comunidade Cujubim (segmento 6). Dos registros tomados neste segmento amostral, avistamentos de *S. fluviatilis* ocorreram em 52% (n = 85) das ocasiões (Figura 1) enquanto avistamentos de *Inia spp.* ocorreram em 48% (n = 77) das ocasiões.

FIGURA 1. FREQUÊNCIA DE REGISTROS DE BOTOS E TUCUXIS AO LONGO DOS SEGMENTOS AMOSTRADOS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA UHE SANTO ANTÔNIO DURANTE O PRIMEIRO ANO DE MONITORAMENTO DA FASE DE PÓS-ENCHIMENTO.

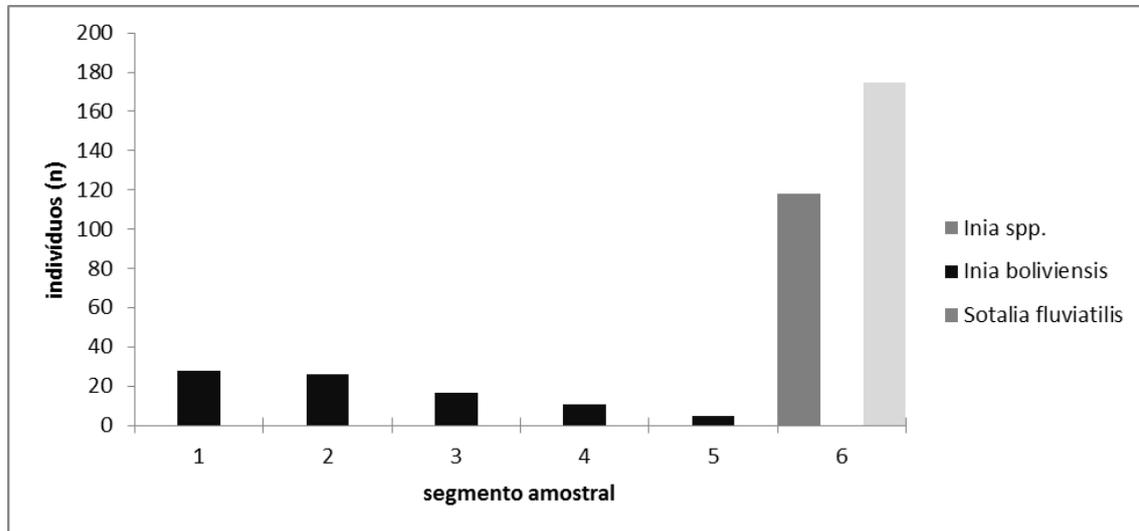


O total de cetáceos quantificados ao longo dos seis trechos amostrais foi de 383 indivíduos, do qual 54% (n = 208) corresponderam a botos do gênero *Inia*. Nos cursos d'água presentes na extensão e adjacências do reservatório (segmentos 1 a 5) foram visualizados 90 indivíduos de *Inia boliviensis*. No segmento 6, a jusante da UHE Santo Antônio, foram visualizados 175 indivíduos de *Sotalia fluviatilis* e 118 indivíduos de *Inia spp.* (Quadro 3, Figura 2).

QUADRO 3. NÚMERO DE REGISTROS E INDIVÍDUOS POR ESPÉCIE E SEGMENTO AMOSTRAL DURANTE O MONITORAMENTO DE CETÁCEOS NAS FASES DE PRÉ E PÓS-ENCHIMENTO (ANO I) DO RESERVATÓRIO DA UHE SANTO ANTÔNIO

SEGMENTO	INIA BOLIVIENSIS		INIA SPP.		SOTALIA FLUVIATILIS	
	REGISTRO (N)	INDIVÍDUO (N)	REGISTRO (N)	INDIVÍDUO (N)	REGISTRO (N)	INDIVÍDUO (N)
1	19	28	0	0	0	0
2	12	26	0	0	0	0
3	10	17	0	0	0	0
4	7	11	0	0	0	0
5	5	5	0	0	0	0
6	-	-	77	118	85	175

FIGURA 2. NÚMERO DE INDIVÍDUOS DE CETÁCEOS AVISTADOS AO LONGO DOS SEGMENTOS AMOSTRAIS – 10 ANO DE MONITORAMENTO DA FASE DE PÓS-ENCHIMENTO DO RESERVATÓRIO DA UHE SANTO ANTÔNIO.



Durante cerca de 13h30min de esforço amostral em ponto fixo/embarcado foram obtidos 24 registros de cetáceos, que corresponde a 11% do total adquirido ao longo das duas campanhas de monitoramento da fase de Pós-enchimento ( $n = 215$ ). Tais registros corresponderam a 33 botos e 13 tucuxis, 12% dos cetáceos avistados ao longo do período amostral ( $n = 383$ ).

Na fase de Pré-enchimento, as corredeiras foram consideradas um tipo de hábitat onde botos foram frequentemente avistados em maior número ( $n = 13$ ), quando comparado aos demais ambientes com registros da espécie. Ao longo do esforço em ponto fixo naquele período, botos foram observados na região da corredeira Santo Antônio, tanto em deslocamentos a jusante quanto a montante. Já na fase de Pós-enchimento, com a eliminação do referido hábitat na extensão do reservatório, botos foram visualizados apenas nas proximidades da margem do rio Madeira ( $n = 9$ ) e na confluência dos rios Jaci-paraná e Madeira ( $n = 8$ ).

Acredita-se que a extensão imediata a jusante da UHE Jirau, não amostrada ao longo do primeiro ano da fase de Pós-enchimento, também esteja sendo utilizada por botos, de modo similar ao observado a jusante da UHE Santo Antônio. Sabe-se que as proximidades de Sistemas de Transposição de Peixe (STPs) e vertedouros são atrativos para cetáceos em razão da oferta alimentar (Agostinho *et al.*, 2012). Ressalta-se que estes sítios são relevantes para a aplicação de esforço amostral em pontos fixo, como forma de avaliar a utilização deste ambiente, bem como ampliar a aquisição de dados para estimativas populacionais.

A partir das amostragens em plataforma de oportunidade – neste caso, incursões náuticas destinadas à documentação de mamíferos semiaquáticos – foram obtidos 53 registros de cetáceos, o que elevou em 25% os dados distribucionais das espécies-alvo. Ainda que não seja um percentual destacado, contribuiu para ampliar em 34% (n = 18) as informações acerca da distribuição por botos na área do reservatório e adjacências (considerando apenas os dados obtidos durante as expedições direcionadas aos cetáceos, o total de registros seria de 53) (Anexo 3 – Desenho 5).

Ocasionalmente, pessoas que utilizavam a área do reservatório para atividades de pesca reportaram a presença de tucuxis a montante da UHE Santo Antônio, após a implantação do barramento, sugerindo que os animais ficaram presos nesta região após a formação do reservatório. Durante os relatos obtidos, houve descrição de que esses animais sempre estiveram associados a agrupamentos de botos, porém apresentavam um tamanho corporal inferior e uma coloração mais escura. De acordo com Calvimontes-Ugarte (2009) os moradores da Amazônia possuem um próprio sistema de classificação de seres vivos, distinto do que usualmente é estabelecido pela ciência. Por esta razão, é possível que as pessoas que relataram tal ocorrência tenham percebido botos juvenis como tucuxi. Botos juvenis são completamente cinzas e o comprimento total é semelhante ao do tucuxi, o que poderia causar confusão (Cabral *et al.*, 2008). Desde os estudos de viabilidade técnica e econômica dos aproveitamentos hidrelétricos até a atual fase de monitoramento não foram efetuados registros diretos de tucuxis a montante da barragem da UHE Santo Antônio.

## 4.2. Variação sazonal

Considerando todos os registros obtidos (n = 383) durante as amostragens direcionadas aos cetáceos, a variação sazonal e a área de interesse deste estudo, observou-se que houve maior representatividade de registros durante a amostragem conduzida na estação seca (67%, n = 144). (Figura 3). Dentre os botos e tucuxis quantificados, 65% (n = 250) foi avistado na estação seca, o que correspondeu a 119 botos (*Inia boliviensis* n = 26 e *Inia spp.* n = 93) e 131 tucuxis (Figura 4).

FIGURA 3. FREQUÊNCIA DE REGISTROS DE BOTOS DO GÊNERO *INIA* E *S. FLUVIATILIS* NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA UHE SANTO ANTÔNIO DURANTE A ESTAÇÃO SECA DE 2012 E A ESTAÇÃO CHUVOSA DE 2013 – 1º ANO DE MONITORAMENTO DA FASE DE PÓS-ENCHIMENTO.

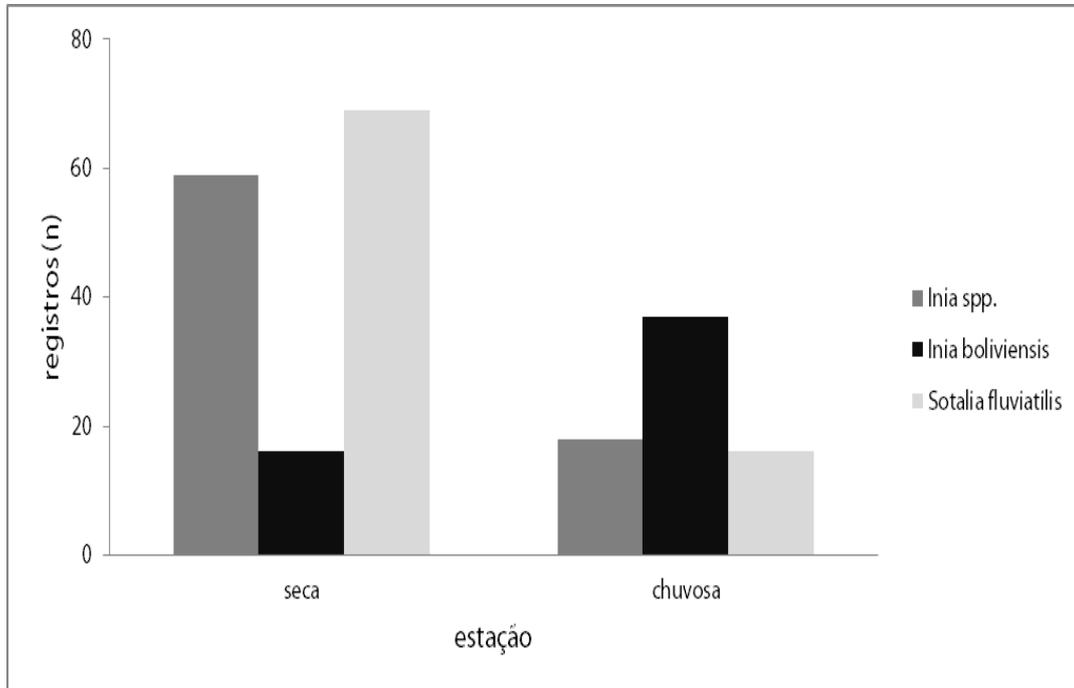
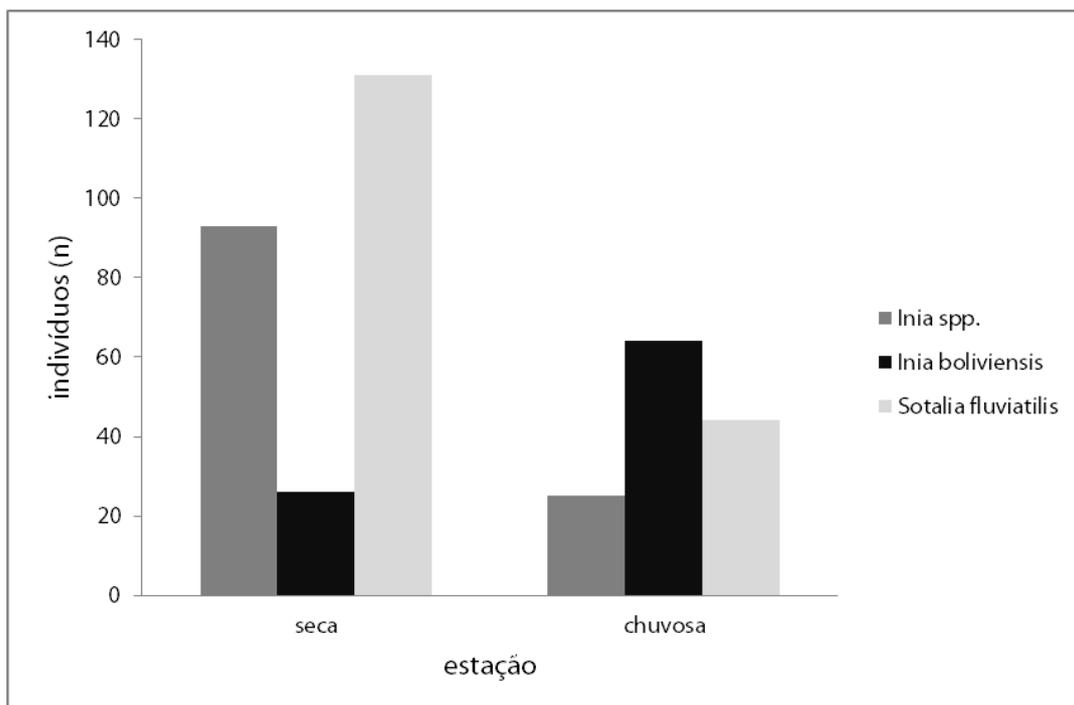


FIGURA 4. NÚMERO DE INDIVÍDUOS DE *INIA* SPP. E *S. FLUVIATILIS* AVISTADOS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA UHE SANTO ANTÔNIO DURANTE A ESTAÇÃO SECA DE 2012 E A ESTAÇÃO CHUVOSA DE 2013 – 1º ANO DE MONITORAMENTO DA FASE DE PÓS-ENCHIMENTO.



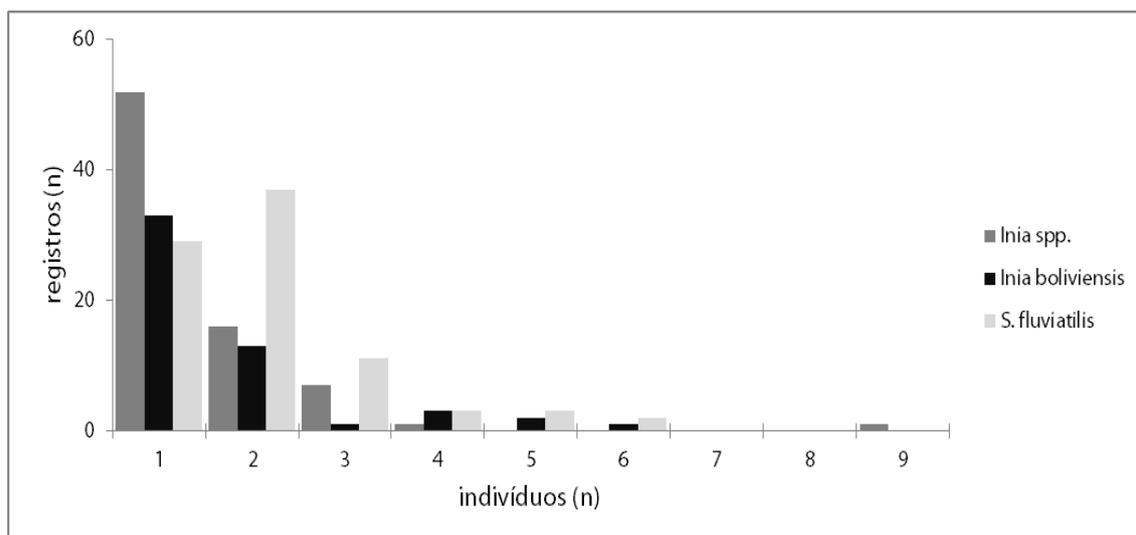
Assim como na etapa atual, durante a fase de Pré-enchimento a predominância de registros de cetáceos e de número de indivíduos ocorreu durante o período de baixa pluviosidade (seca e vazante). De acordo com Martin e da Silva (2004), os golfinhos amazônicos concentram-se nos principais rios durante esta época, em resposta à migração de peixes. Martin *et al.* (2004) ressaltaram a importância da flutuação no nível dos cursos d'água para essas espécies: diretamente, permitindo ou impedindo acesso a áreas com abundância de presas, e indiretamente, ao afetar a distribuição, densidade e migrações das populações ícticas.

Essa variação pode justificar a maior frequência de registros e de indivíduos na estação seca ao longo do primeiro ano de monitoramento da fase de Pós-enchimento e reflete a dispersão dos animais durante a estação chuvosa em busca de alimento. Deste modo, acredita-se que, ao longo do primeiro ano de amostragem da fase de Pós-enchimento, a variação no número de registros e indivíduos foi reflexo da variação sazonal e não decorreu da construção da barragem e da formação do reservatório.

### 4.3. Estrutura de grupo

Durante a fase de Pré-enchimento do reservatório foram registrados botos (do gênero *Inia*) solitários, em pares e agregações compostas por até 11 indivíduos, esta última observada no período de baixa pluviosidade. Ademais, tucuxis solitários e agregações de até 10 indivíduos também foram registrados. Já na fase de Pós-enchimento, os registros de botos do gênero *Inia* consistiram em animais solitários (65%, n = 85) e grupos formados por dois animais (22%, n = 29) e até nove indivíduos (n = 1). Com relação a *S. fluviatilis*, ocorreram registros de animais solitários (34%, n = 29) e grupos variando de dois (44%, n = 37) a seis indivíduos (2%, n = 2) (Figura 5).

FIGURA 5. FREQUÊNCIA DOS REGISTROS DE CETÁCEOS DE ACORDO COM O TAMANHO DO GRUPO – 1º ANO DE MONITORAMENTO DA FASE DE PÓS-ENCHIMENTO DO RESERVATÓRIO DA UHE SANTO ANTÔNIO.



Assim como as outras espécies aquáticas, a reprodução do boto e do tucuxi é associada ao ciclo hidrológico da região, com nascimentos ocorrendo especialmente durante o período de baixa pluviosidade (Best e da Silva, 1984; da Silva, 1994; 2004). Esta sincronia favorece o forrageio e permite adequada condição nutricional de fêmeas de golfinhos amazônicos durante o fim da gestação e o início da lactação (Best e da Silva, 1984).

Em todas as estações foram observados filhotes de golfinhos amazônicos, considerando as fases de Pré e Pós-enchimento. Filhotes de cetáceos foram observados em 3% ( $n = 7$ ) dos avistamentos ocorridos na fase de Pós-enchimento do reservatório, dos quais dois referentes a *S. fluviatilis* e cinco a *Inia* spp., tanto a jusante quanto a montante do Empreendimento. De modo similar, filhotes de tucuxis foram observados em 10 ocasiões durante a fase de Pré-enchimento, enquanto filhotes de *Inia* spp. estiveram presentes em 28 registros.

Considerando o período de gestação destes cetáceos (cerca de 10 meses para *S. fluviatilis* e 11 meses para *Inia* spp.) e o tamanho corporal (estimado a olho nu) dos filhotes, pode-se afirmar que os nascimentos ocorreram durante o período amostrado na fase de Pós-enchimento. A princípio, o registro de filhotes a jusante e a montante da UHE Santo Antônio poderia indicar que indivíduos das espécies-alvo neste monitoramento, mesmo após as alterações ambientais sofridas, continuaram encontrando recursos ecológicos (tais como alimentação) requeridos para o desenvolvimento de suas atividades fisiológicas, como a reprodução. Contudo, na ausência de dados pretéritos acerca da estimativa populacional destas espécies e das taxas de natalidade e mortalidade e tendo apenas registros da presença dos filhotes não é possível inferir sobre a estabilidade destas populações. Para isto, é necessário um aporte de dados de médio ou longo prazo. Ainda assim, a taxa de sobrevivência de cetáceos na área de estudo pode ser utilizada como indicador da disponibilidade de recursos físicos e biológicos após a formação do reservatório.

Ao contrastar a estrutura de grupos de cetáceos com o período hidrológico observou-se que botos (do gênero *Inia*) solitários foram frequentes nas duas estações (seca: 65%,  $n = 49$ ; chuvosa: 65%,  $n = 36$ ) e o maior grupo avistado, composto por nove indivíduos, foi registrado na estação seca. Tucuxis foram mais frequentes em pares durante a estação seca (46%,  $n = 32$ ), e o maior grupo ( $n = 6$ ) foi registrado durante a estação chuvosa (Figura 6 e 7).

FIGURA 6. TAMANHO DE GRUPO DE *INIA* SPP. E *S. FLUVIATILIS* REGISTRADO DURANTE A ESTAÇÃO SECA DE 2012 – 1º ANO DE MONITORAMENTO DA FASE DE PÓS-ENCHIMENTO.

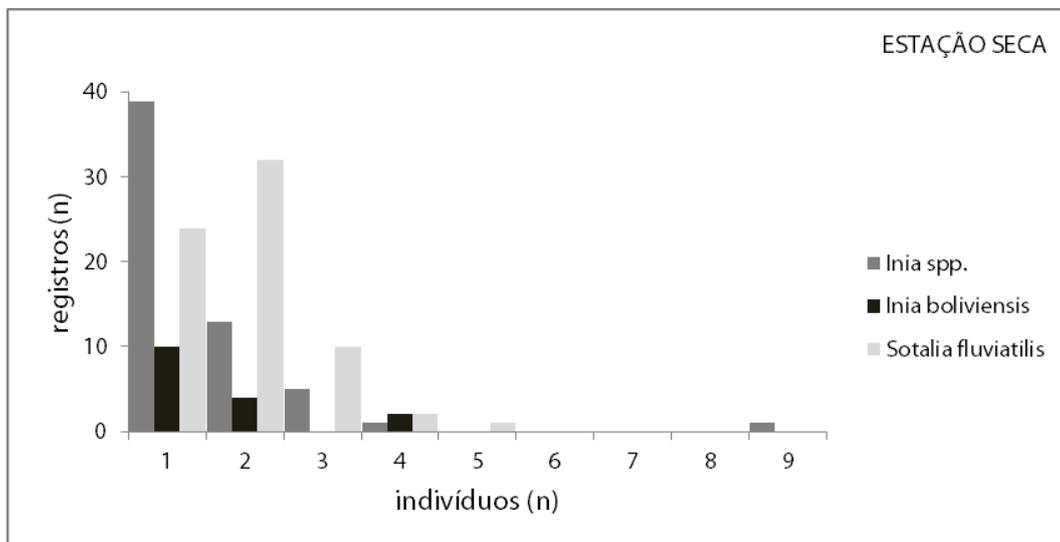
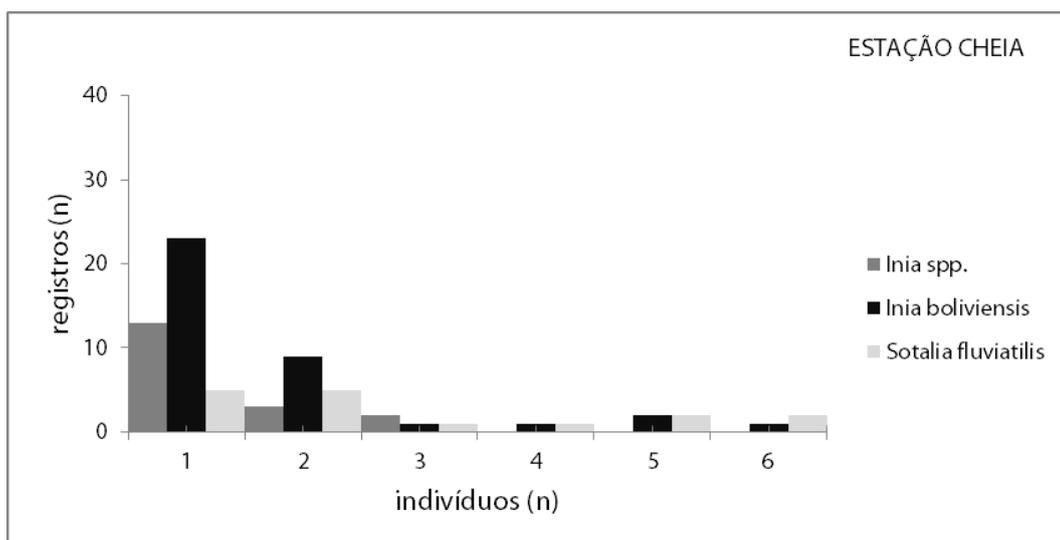


FIGURA 7. TAMANHO DE GRUPO DE *INIA* SPP. E *S. FLUVIATILIS* REGISTRADO DURANTE A ESTAÇÃO CHEIA DE 2013 – 1º ANO DE MONITORAMENTO DA FASE DE PÓS-ENCHIMENTO.



No rio Purus, Rosas *et al.* (2003) reportaram que o tamanho de grupo mais frequente, tanto de tucuxi ( $n = 36$  registros) quanto de boto ( $n = 28$  registros), foi de um indivíduo ( $n = 15$ ;  $n = 21$ ), seguido por pares ( $n = 9$ ;  $n = 4$ ) e de três indivíduos ( $n = 7$ ;  $n = 2$ ), respectivamente. Grupos com cinco ou mais indivíduos para ambas as espécies foram bastante raros, de modo similar ao ocorrido durante o primeiro ano de monitoramento da fase de Pós-enchimento do reservatório.

A maior agregação de botos ocorreu na estação seca, tanto nas fases de Pré como Pós-enchimento. De acordo com Da Silva (1994) é na época de águas baixas que os botos estão mais concentrados nos canais principais dos rios, o que favorece a documentação de grupos maiores. Pequenas agregações também podem ser encontradas em áreas de alimentação ou durante momentos de corte e acasalamento (Best e da Silva, 1989), o que poderia justificar o tamanho dos grupos registrados na estação chuvosa da fase de Pós-enchimento.

Ao avaliar os registros de botos a montante da barragem da UHE Santo Antônio, notou-se que os segmentos 1 e 2 foram os mais representativos em termos numéricos. Reunidos, corresponderam a 58% (n = 31) do total obtido na extensão do reservatório. No trecho do rio Madeira a jusante da UHE Jirau até a desembocadura do rio Jaci-Paraná (segmento 1), bem como no próprio rio Jaci-Paraná (segmento 2) foram registrados ambientes que favoreceram a concentração de botos, como a foz do igarapé Caripuna e a confluência dos referidos rios.

Nestes locais, botos foram visualizados ao longo do primeiro ano da fase de Pós-enchimento, tanto nas amostragens específicas como durante o esforço direcionado à mastofauna semiaquática. De acordo com Borobia (1992), as desembocaduras de rios são os locais de principal utilização por golfinhos amazônicos, por apresentarem maior profundidade e vegetação reduzida. Martin *et al.* (2004) também ressaltaram que as maiores densidades de cetáceos amazônicos são observadas em trechos de encontro das águas branca e preta.

Embora confluências de cursos d'água tenham sido registradas nos demais segmentos (3 a 5), não foram documentadas agregações de botos. Possivelmente isto pode estar associado à remoção da faixa ripária em enseadas e igarapés, o que é mais evidente no segmento do rio Madeira, a partir da confluência com o rio Jaci-Paraná, até próximo à barragem da UHE Santo Antônio.

Fotografias de cetáceos visando a foto-identificação de indivíduos entre as UHEs Santo Antônio e Jirau foram tomadas a partir da segunda campanha de monitoramento da fase de Pós-enchimento. A eficácia do método foi comprovada, especialmente em áreas preferencialmente utilizadas por botos. No caso do reservatório, os esforços foram concentrados na confluência dos rios Jaci-Paraná e Madeira e na foz do igarapé Caripuna. O número de animais registrados ainda é pequeno e as imagens ainda estão sendo tratadas para reconhecimento individual dos animais e posterior tentativa de análise do padrão de movimentação e fidelidade de sítios.

#### **4.4. Estimativa populacional**

Ao longo do primeiro ano de amostragem na fase de Pós-enchimento do reservatório foram percorridos 1.277,14 km de esforço dedicado a transectos de banda, o que permitiu a obtenção de 159 registros de cetáceos. Deste total, 76% (n = 121) foi alcançado durante a estação seca, sendo 58 referentes a botos e 63 a tucuxis (Anexo 3 – Desenho 3). Já na amostragem conduzida no período de alta pluviosidade, o número de avistamentos foi menos expressivo quando comparado à primeira campanha, tendo sido obtidos 30 registros de botos e seis de tucuxis (Anexo 3 – Desenho 4).

A quantificação dos indivíduos a cada registro obtido, ao longo dos transectos de banda, resultou em 275 animais avistados, cujo maior percentual (77%,  $n = 212$ ) ocorreu na estação seca. De modo semelhante, o maior percentual de cetáceos avistados durante os transectos conduzidos na fase de Pré-enchimento ocorreu no período de baixa pluviosidade (seca: 37%,  $n = 218$ ; vazante: 27%,  $n = 160$ ).

Durante a fase de Pré-enchimento, a abundância relativa de *Inia* spp. entre as UHEs Santo Antônio e Jirau foi de 0,12 indiv./km percorrido, o que correspondeu a aproximadamente um boto a cada 9 km de curso d'água amostrado. Considerando apenas as amostragens do primeiro ano desta fase, o que equivaleria ao primeiro ano da fase de Pós-enchimento, este índice foi de 0,18 indiv./km, ou seja, cerca de um boto a cada 6 km. Na estação chuvosa o índice de abundância relativa foi de 0,12 indiv./km e na estação seca foi de 0,19 indiv./km de rio amostrado.

No primeiro ano da fase de Pós-enchimento foi obtido um índice de abundância de 0,04 indiv./km, o equivalente a um boto avistado a cada 25 km. Na estação chuvosa o índice de abundância relativa foi de 0,06 indiv./km e na estação seca foi de 0,02 indiv./km de rio amostrado. Comparando os valores obtidos entre os primeiros anos das fases de Pré e Pós-enchimento, verificou-se que houve uma redução na taxa de encontro de botos na área correspondente ao atual reservatório da UHE Santo Antônio.

Entretanto, é importante frisar que esta informação deve ser interpretada com cautela, em razão da redução de cerca de 4 km na extensão de amostragem do segmento 1, a jusante da UHE Jirau, durante o primeiro ano da fase de Pós-enchimento. Acredita-se que botos estejam explorando a referida região motivados pela oferta alimentar nas proximidades do Sistema de Transposição de Peixe (STP) e do vertedouro. De acordo com Agostinho *et al.* (2012), os STPs promovem o adensamento de predadores piscívoros, como aves aquáticas, quelônios e cetáceos.

Ao confrontar os resultados obtidos durante as fases de Pré e Pós-enchimento com aqueles alcançados em estudos similares, pode-se afirmar que a taxa de encontro foi inferior e tende a refletir uma pequena população de botos entre as UHEs Jirau e Santo Antônio. Estimativas populacionais de boto-vermelho no estado do Amazonas revelaram uma densidade relativa de 0,6 indiv./km nos rios Solimões e Japurá (Martin e da Silva, 2004); 1,5 - 3,7 botos/km amostrado no rio Purus (Rosas *et al.*, 2003); 0,1 - 0,3 botos/km no rio Solimões, entre Manaus e Tabatinga (Magnusson *et al.*, 1980).

#### 4.5. Estrutura genética

A partir da análise do DNA mitocondrial de espécimes vivos e mortos, obtidos nas fases de Pré e Pós-enchimento do reservatório da UHE Santo Antônio, concluiu-se que as amostras pertenciam a *I. boliviensis* e que a cachoeira Teotônio não atuava como barreira para a espécie, conforme reportado em literatura específica (Anexo 2). Gravena *et al.* (2013), analisaram amostras de botos ( $n = 4$ ) capturados vivos nas imediações da ilha de Búfalos, no reservatório da UHE Santo Antônio, e também concluíram que os indivíduos eram representantes de *I. boliviensis*.

Os referidos autores destacaram que, tanto a montante da UHE Jirau quanto a montante da UHE Santo Antônio, ocorre exclusivamente o boto-boliviano, descartando-se a hipótese de *I. geoffrensis* nesta extensão do rio Madeira. Adicionalmente, ressaltaram que *I. geoffrensis* estaria presente apenas a partir do baixo rio Madeira.

Ruiz-García *et al.* (2007) ressaltaram que *I. boliviensis* apresenta uma baixa variabilidade genética, o que a torna uma espécie sensível às mudanças drásticas na dinâmica do sistema, como no caso das alterações ocasionadas por hidrelétricas (Tavera *et al.*, 2011). De acordo com Rosel e Reeves (2000), populações com baixa variabilidade genética são menos capazes de se adaptar e sobreviver às mudanças estocásticas no meio ambiente, chegando até a acelerar os processos de extinção.

## 5. CONCLUSÕES

Durante o primeiro ano de execução do Subprograma de Monitoramento de Mamíferos Aquáticos e Semiaquáticos, especificamente do Grupo Cetáceos, foi possível levantar informações preliminares sobre aspectos distribucionais e populacionais de golfinhos amazônicos a partir da regulação do fluxo hídrico. Constatou-se que a distribuição das espécies de golfinhos amazônicos permaneceu similar ao padrão identificado na fase de Pré-enchimento: botos e tucuxis ocorrendo em simpatria a jusante da UHE Santo Antônio, enquanto na área do reservatório apenas botos estão presentes. A estrutura dos grupos e variação sazonal também foram considerados dentro dos padrões esperados para as espécies-alvo neste monitoramento.

Constatou-se que a população de botos entre as UHEs Santo Antônio e Jirau pertence a *I. boliviensis*, uma espécie de cetáceo com baixa variabilidade genética e sensível a grandes alterações ambientais. *I. boliviensis*, ainda não foi acessada pela IUCN, por isso é tratada como uma das subespécies de *I. geoffrensis*, *I. g. boliviensis* (Reeves *et al.*, 2011). Na IUCN as espécies de boto são listadas como “dados insuficientes”. Entretanto, na Bolívia o *Ministerio de Medio Ambiente y Agua* (2009) considera a espécie *I. boliviensis* vulnerável à extinção (Trujillo *et al.*, 2010).

Não foi possível, até o momento, estimar o tamanho populacional de botos a montante da UHE Santo Antônio, devido à baixa taxa de encontro de indivíduos na região. Ainda assim, as taxas de encontro, que atuam como um índice relativo de abundância populacional, refletiram uma população pequena entre as UHEs Jirau e Santo Antônio. Com o intuito de ampliar o esforço amostral e, possivelmente, obter uma maior taxa de encontro, permitindo assim uma melhor estimativa populacional, sugere-se um ajuste metodológico nas transecções. Em razão da nova conformação do trecho do rio Madeira, entre as UHEs de Jirau e Santo Antônio, sugere-se que as transecções em banda de 50 m sejam substituídas por transecções de 200 m (com faixa de amostragem de 100 m a boreste e bombordo), associadas às transecções lineares (margem a margem) (Gomez-Salazar *et al.*, 2012). Essa abordagem tem sido replicada ao longo da área de distribuição de *Inia* sp. e têm levantado informações mais satisfatórias.

Hidrelétricas possuem o potencial de alterar a morfologia e hidrologia em trechos a jusante da barragem, afetando diretamente habitats explorados por golfinhos de rios e, conseqüentemente, podendo levar à inutilização de determinados trechos. Até o momento não foram registradas alterações relevantes, mas deve-se considerar o curto espaço de tempo desde a formação do reservatório. No rio Caroni, afluente do Orinoco, na Venezuela, houve esgotamento aparente de botos-vermelho a jusante da barragem da UHE Guri, possivelmente em razão da redução do fluxo hídrico (Romero *et al.*, 2001).

Ressalta-se que o monitoramento da distribuição de cetáceos e uso do habitat em resposta às alterações nas características fluviais ocasionadas pelo barramento favorecerá a compreensão da resistência adaptativa destes animais ao estresse ambiental (Smith e Reeves, 2009). Conseqüentemente, como estratégia de conservação, o monitoramento em questão poderá contribuir para uma melhor estimativa e manutenção dos fluxos adequados, sobretudo no período de baixa pluviosidade, para garantir a disponibilidade de ambientes utilizados por cetáceos, tanto a montante quanto a jusante do Empreendimento (Reeves *et al.*, 2000).

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados obtidos ao longo das distintas fases de monitoramento, pode-se afirmar que botos do gênero *Inia* ocorrem em toda a área de estudo e *S. fluviatilis* encontram-se distribuídos apenas a jusante da UHE Santo Antônio. Ao contrastar estes resultados com aqueles obtidos durante a avaliação da viabilidade do referido Empreendimento, notou-se que não houve alteração neste padrão de distribuição. Deste modo, sugere-se que os esforços de monitoramento sejam direcionados aos cetáceos do gênero *Inia*, e apenas na área do reservatório da UHE Santo Antônio. Assim, recomenda-se que o monitoramento de *S. fluviatilis*, que apenas ocorre a jusante do eixo da UHE Santo Antônio, seja finalizado.

Adicionalmente, é imprescindível que o trecho imediatamente à jusante da UHE Jirau, não amostrado a partir da fase de Pós-enchimento (devido à impossibilidade de acesso à área, que é considerada como área de obra da UHE Jirau), seja monitorado. Há relatos de botos utilizando este trecho com certa frequência, em razão da oferta de alimento e facilidade de captura. Certamente, a ausência de dados nesta porção do Madeira influenciará a estimativa da população de botos entre os dois Empreendimentos hidrelétricos.

Recomenda-se também que os protocolos de amostragem sejam alterados da seguinte forma: (i) devido à indisponibilidade de locais para se fazer amostragens de pontos fixos, sugere-se que esta metodologia seja suspensa em toda a área do reservatório, exceto a jusante do STP de Jirau; (ii) que seja alterada (aumentada) a largura da banda de visualização de 50 m para 100 m da margem, totalizando 200 m ao todo (100 m para cada lado da embarcação).

Por fim, recomenda-se que as duas campanhas semestrais, previstas para o 2º ano de monitoramento da fase de Pós-enchimento, sejam realizadas e que ao final, a partir da reanálise dos dados obtidos, seja feita a avaliação da continuidade dos estudos.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALIAGA-ROSSEL, E.; MCGUIRE, T. L.; HAMILTON, H. 2006. Distribution and encounter rates of the river dolphin (*Inia geoffrensis boliviensis*) in the central Bolivian Amazon. *The Journal of Cetacean Research and Management*. 8 (1): 87-92
- BANGUERA-HINESTROZA, E.; CÁRDENAS, H.; RUIZ-GARCÍA, M.; MARMONTEL, M.; GAITÁN, E.; VÁZQUEZ, R.; GARCÍA-VALLEJO, F. 2002. Molecular identification of evolutionarily significant units in the Amazon river dolphin *Inia* sp. (Cetacea: Iniidae). *The American Genetic Association*. 93 (5): 312-322.
- BAUM, D. A.; SHAW, K. L. 1995. Genealogical perspective on the species problem. Pp. 289-303. *In*: P. C. HOCH; A. G. STEPHENSON. (eds.). *Experimental and molecular approaches to plant biosystematics*. St. Louis, MO, USA: Missouri Botanical Garden Press.
- BEST, R. C.; DA SILVA, V. M. F. 1989. Amazon river dolphin, boto *Inia geoffrensis* (de Blainville, 1817). Pp. 1-23. *In*: S. H. RIDGWAY; R. J. HARRISON. (eds.). *Handbook of marine mammals*. Vol. 4. Academic Press, London, United Kingdom.
- BEST, R. C.; DA SILVA, V. M. F. 1993. *Inia geoffrensis*. *The American Society of Mammalogists. Mammalian Species*. 426: 1-8.
- BOROBIA, M. 1992. Revisão sobre a biologia do tucuxi *Sotalia fluviatilis*. *In*: *River Dolphin Workshop*, Buenos Aires, Argentina.
- BOROBIA, M.; SICILIANO, S.; LODI, L.; HOEK, W. 1991. Distribution of the South American dolphin *Sotalia fluviatilis*. *Canadian Journal of Zoology*. 69: 1025-1039.
- BUCKLAND, S. T.; ANDERSON, D. R.; BURNHAM, K. P.; LAAKE, J. L.; BORCHERS, D. L.; THOMAS, L. 2001. *Introduction to distance sampling*. University Press, London.
- CABRAL, M. M. M.; DE MATTOS, G. E.; ROSAS, F. C. W. 2008. Mammals, birds and reptiles in Balbina Reservoir, State of Amazonas, Brazil. *Check List*. 4 (2): 152-158.
- CALVIMONTES-UGARTE, J. 2009. Etnoconocimiento, uso y conservación del manatí amazónico (*Trichechus inunguis*) en la Reserva de Desarrollo Sostenible Amanã, Brasil. *Escuela de Post-Grado Especialidad en Conservación de Recursos Forestales - Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima*. 210 p.

- CASTELBLANCO-MARTÍNEZ, D. N.; CANTANHEDE, A. M.; ROSAS, F. C. W.; DA SILVA, V. M. F. 2007. Mamíferos aquáticos. Pp. 225-238. In: L. RAPP PY-DANIEL; C. P. DEUS; A. L. HENRIQUES; D. M. PIMPÃO; O. M. RIBEIRO. (orgs.). Biodiversidade do Médio Madeira: bases científicas para propostas de conservação. INPA: Manaus. 244 p.
- COSTA, L. P.; LEITE, Y. L. R.; MENDES, S. L.; DITCHFIELD, A. D. 2005. Conservação de mamíferos no Brasil. Megadiversidade. 1: 103-112.
- DA SILVA, V. M. F. 1994. Aspects of the biology of the Amazonian dolphin genus *Inia* and *Sotalia fluviatilis*. Ph.D. Dissertation. University of Cambridge. 327 p.
- DA SILVA, V. M. F. 2009. Amazon river dolphin *Inia geoffrensis*. Pp. 1188-1192. In: W. F. PERRIN; B. WÜRSIG; J. G. M. TEWISSEN. (eds.). Encyclopedia of Marine Mammals. Elsevier, Amsterdam, 2nd ed. 1352 p.
- DA SILVA, V. M. F.; BEST, R. C. 1994. Tucuxi, *Sotalia* (Gervais, 1853). Pp. 43-69. In: S. H. RIDGWAY; R. J. HARRISON (eds.). Handbook of marine mammals. Vol. 5. Academic Press, London, U.K.
- DA SILVA, V. M. F.; GOULDING, M.; BARTHEM, R. B. 2008. Golfinhos da Amazônia. Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. 43 p.
- DAVIS, J. I.; NIXON, K. C. 1992. Populations, genetic variation, and the delimitation of phylogenetic species. Systematic Biology. 41 (4): 421-435.
- DAWSON, S.; WADE, P.; SLOOTEN, E.; BARLOW, J. 2008. Design and field methods for sighting surveys of cetaceans in coastal and riverine habitats. Mammal Review. 38: 19-49.
- EVANS, P. G. H., HAMMOND, P. S. 2004. Monitoring cetaceans in European waters. Mammal Review. 34: 131-156.
- FELSENSTEIN, J. 1981. Evolutionary trees from DNA sequences: a maximum likelihood approach. Journal of Molecular Evolution. 17 (6): 368-376.
- FURNAS; CONSTRUTORA NOBERTO ODEBRECHT S. A; LEME ENGENHARIA. 2005. Estudo de impacto ambiental dos aproveitamentos hidrelétricos Santo Antônio e Jirau, Rio Madeira-RO. 6315-RT-G90-001. Rio de Janeiro, RJ, Brasil: FURNAS Centrais Elétricas S.A, Construtora Noberto Odebrecht, S.A., Leme Engenharia. 8 Vols.
- GOMEZ-SALAZAR, C.; TRUJILLO, F.; PORTOCARRERO-AYA, M.; WHITEHEAD, H. 2012. Population, density estimates and conservation of river dolphins (*Inia* and *Sotalia*) in the Amazon and Orinoco river basins. Marine Mammal Science. 28 (1): 124-153.
- GRABERT, H. 1983. Migration and speciation of the South American Iniidae (Cetacea: Mammalia). Z. Säugetierk. 49: 334-341.

- GRAVENA, W.; HALLER, E. C. P.; FALCÃO, A. C. G. P.; HRBEK, T. 2013. Dados populacionais de botos para avaliação do impacto de empreendimento hidroelétrico. Seminário Nacional de Grandes Barragens, 29. Porto de Galinhas, Brasil: Comitê Brasileiro de Barragens.
- HAMILTON, H.; CABALLERO, S.; COLLINS, A. G.; BROWNELL JR, R. L. 2001. Evolution of river dolphins. Proceedings of the Royal Society of London. Series B. Biological Sciences. 268: 549-556.
- IBAMA. 2001. Mamíferos aquáticos do Brasil: plano de ação, versão II. 2ª ed. Brasília, 102 p.
- MADEIRA ENERGIA. 2008. Projeto básico ambiental: aproveitamento hidrelétrico Santo Antônio. Vol. 2.
- MAGNUSSON, W. E.; BEST, R. C.; DA SILVA, V. M. F. 1980. Numbers and behavior of Amazonian dolphins, *Inia geoffrensis* and *Sotalia fluviatilis* in the rio Solimões, Brasil. Aquatic Mammals. 8 (1): 27-32.
- MARTIN, A. R.; DA SILVA, V. M. F. 2004. Number, seasonal movements, and residency characteristics of river dolphins in an Amazonian floodplain lake system. Canadian Journal of Zoology. 82: 1307-1315.
- MARTIN, A.; DA SILVA, V. M. F.; SALMON, D. L. 2004. Riverine habitat preferences of botos (*Inia geoffrensis*) and tucuxis (*Sotalia fluviatilis*) in the central Amazon. Marine Mammal Science. 20 (2): 189-200.
- MARTÍNEZ-AGÜERO, M.; FLORES-RAMÍREZ, S.; RUIZ-GARCÍA, M. 2006. First report for the Major Histocompatibility Complex (MHC) Class II loci from the Amazon pink river dolphin (genus *Inia*). Genetics and Molecular Research. 5 (3): 421-431.
- MCALLISTER, D.; CRAIG, J.; DAVIDSON, N.; MURRAY, D.; SEDDON, M. 2001. Biodiversity impacts of large dams. Background paper 1, International Union for Conservation of Nature, and United Nations Environmental Programme. Gland, Switzerland.
- MEIRELLES, A. C. O. 2013. Ecologia populacional e comportamental do boto-cinza, *Sotalia guianensis* (van Bénédén, 1864), na enseada do Mucuripe, Fortaleza, estado do Ceará. Tese, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 132 f.
- PILLERI, G.; GIHR, M. 1977. Observations on the Bolivian, (*Inia boliviensis* d'Orbigny, 1834) and the Amazonian Bufo (*Inia geoffrensis* Blainville, 1817), with a description of a new subspecies (*Inia geoffrensis humboldtiana*). Pp. 11-76. In: G. PILLERI (ed.). Investigations on Cetacea. Brain Anatomy Institut, Berne, Switzerland. Vol. 8.
- REEVES, R. R.; LEATHERWOOD. S. 1994. Dams and river dolphins: can they co-exist?. Ambio. 23: 172-175.
- REEVES, R. R.; SMITH, B. D.; CRESPO, E. A.; NOTARBARTOLO-DI-SCIARA, G. (comp.). 2003. Dolphins, Whales and Porpoises: 2002-2010 Conservation Action Plan for the World's Cetaceans. IUCN/SSC Cetacean Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. 139 p.

- REEVES R. R.; SMITH, B. D.; KASUYA, T. (eds.). 2000. Biology and conservation of freshwater cetaceans in Asia. World Conservation Union, Gland, Switzerland.
- REEVES, R. R.; STEWART, B. S.; CLAPHAM, P. J.; POWELL, J. A. 2002. Guide to marine mammals of the world. New York: Chanticleer press. 527 p.
- RICE, D. W. 1998. Marine Mammals of the world: systematic and distribution. Special Publication, 4. The Society of Marine Mammalogy.
- ROCHA-CAMPOS, C. C.; GUSMÃO-CÂMARA, I.; PRETTO, D. J. (org.). 2010. Plano de ação nacional para a conservação dos mamíferos aquáticos: pequenos cetáceos. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, ICMBio, 132 p.
- ROMERO, A.; AGUDO, A.; GREEN, S.; NOTARBARTOLO DI SCIARA, G. 2001. Cetaceans of Venezuela: their distribution and conservation status. NOAA Technical Report NMFS. A Technical Report of the Fishery Bulletin. 151: 60 p.
- ROSAS, F. C. W.; SOUSA-LIMA, R. S.; DA SILVA, V. M. F. 2003. Avaliação preliminar dos mamíferos do baixo rio Purus. Pp. 49-59. In: C. F. DE DEUS; R. DA SILVEIRA; L. H. R. PY-DANIEL. (eds). Piagaçu-Purus: bases científicas para a criação de uma reserva de desenvolvimento sustentável. Manaus, Brazil.
- ROSEL, P. E.; REEVES, R. R. 2000. Genetic and demographic considerations for the conservation of Asian river cetaceans. Pp. 144-152. In: R. R. REEVES; B. D. SMITH; T. KASUYA. (eds.). Biology and conservation of freshwater cetaceans in Asia. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
- ROSEN, D. E. 1979. Fishes from the uplands and intermontane basins of Guatemala: revisionary studies and comparative geography. Bulletin of the American Museum of Natural History. 162: 267-376.
- RUIZ-GARCÍA, M.; BANGUERA, E.; CARDENAS, H. 2006. Morphological analysis of three *Inia* Cetacea Iniidae populations from Colombia and Bolivia. Acta Theriologica. 51(4): 411-426.
- RUIZ-GARCÍA, M.; CABALLERO, S.; MARTINEZ-AGÜERO, M.; SHOSTELL, J. M. 2008. Molecular differentiation among *Inia geoffrensis* and *Inia boliviensis* (Iniidae, Cetacea) by means of nuclear intron sequences. Pp. 1-25. In: V. T. KOVEN. (ed.). Population genetics research progress. Ch. 6.
- RUIZ-GARCÍA, M.; MURILLO, A.; CORRALES, C.; ROMERO-ALEÁN, N.; ÁLVAREZ-PRADA, D. 2007. Genética de poblaciones amazónicas: la historia evolutiva del jaguar, ocelote, delfín rosado, mono lanudo y piurí, reconstruida a partir de sus genes. Animal Biodiversity and Conservation. 30 (2): 115-130.
- RUIZ-GARCÍA, M.; SHOSTELL, J. (eds.). 2010. Biology, evolution, and conservation of river dolphins within South America and Asia. Nova Science Pub. Inc., 504 p.
- SAMBROOK, J.; FRITSCH, E. F.; MANIATIS, T. 1989. Molecular cloning: a laboratory manual. 2nd ed. Cold Spring Harbor Laboratory Press: Cold Springs Harbor. New York.

SMITH, B. D.; BRAULIK, G. T. 2012. *Platanista gangetica*. In: IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.1. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. Downloaded on 09 August 2013.

SMITH, B. D.; REEVES, R. R. (eds.). 2000. Report of the workshop on the effects of water development on river cetaceans. In: R. R. REEVES; B. D. SMITH; T. KASUYA. (eds.). Biology and conservation of freshwater cetaceans in Asia. IUCN/SSC Occasional paper n°. 23, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.

SMITH, B. D.; REEVES, R. R. 2009. River cetaceans and habitat change: generalist resilience or specialist vulnerability? In: J. YAMAGIWA; L. KARZMARSKI. (eds.). Primates and cetaceans: field studies and conservation of complex mammalian societies, Springer Press; New York.

SMITH, B. D.; ZHOU, K.; WANG, D.; REEVES, R. R.; BARLOW, J., TAYLOR, B. L.; PITMAN, R. 2008. *Lipotes vexillifer*. In: IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.1. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. Downloaded on 09 August 2013.

SOUZA, S. P.; CARDOSO, J.; PENTEADO, M. 2009. Observações oportunísticas contribuem com dados sobre cetáceos no Arquipélago dos Alcatrazes. In: Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação, 6. Anais eletrônico. Curitiba: Rede Nacional Pró-Unidades de Conservação: Fundação o Boticário de Proteção à Natureza.

TAVERA, G.; BECERRA, P.; RUIZ-GARCÍA, M.; CARVAJAL-VALLEJOS, F. M.; VAN DAMME, P. A. 2011. El delfín boliviano (*Inia boliviensis*) en la Amazonía boliviana: distribución, estado poblacional y amenazas. Pp. 185-202. In: P. A. VAN DAMME; F. CARVAJAL; J. MOLINA. (eds.) Los peces de la Amazonía boliviana: hábitats, potencialidades y amenazas. Edit. INIA, Cochabamba, Bolivia. 490 p

TRUJILLO, F. 1994. The use of photo-identification to study the Amazon river dolphin, *Inia geoffrensis*, in the Colombian Amazon. Marine Mammal Science.10 (3): 348-353.

TRUJILLO, F.; CRESPO, E.; VAN DAMME, P. A.; USMA J. S. (eds.). 2010. The action plan for South American river dolphins 2010 – 2020. WWF, Fundación Omacha, WDS, WDCS, Solamac. Bogotá, D. C., Colombia. 249 p.

VIDAL, O.; BARLOW, J.; HURTADO, L.; TORRE, J.; CENDON, P.; OJEDA, Z. 1997. Distribution and abundance of the Amazon river dolphin (*Inia geoffrensis*) and the tucuxi (*Sotalia fluviatilis*) in the upper Amazon river. Marine Mammal Science. 13 (3): 427-445.

## ANEXOS

## **ANEXO 1**

### **ANEXO FOTOGRÁFICO**



Foto: Danielle Lima

FOTO 1. Boto-boliviano a montante da barragem da UHE Santo Antônio, na confluência dos rios Jaci-paraná e Madeira.



Foto: Danielle Lima

FOTO 2. Botos no rio Madeira, a jusante da barragem da UHE Santo Antônio.



Foto: Danielle Lima

FOTO 3. Boto identificado pelo padrão de pigmentação corporal.



Foto: Danielle Lima

FOTO 4. Botos-boliviano em agregação (três indivíduos) na confluência dos rios Jaci-paraná e Madeira.



Foto: Danielle Lima

FOTO 5. Tucuxi no rio Madeira, a jusante da barragem da UHE Santo Antônio.



Foto: Danielle Lima

FOTO 6. Tucuxi em atividade aérea, um dos comportamentos expressados por indivíduos desta espécie.



Foto: Nathali Ristau

FOTO 7. Tucuxis em deslocamento no rio Madeira, a jusante da barragem da UHE Santo Antônio.



Foto: André Bastos

FOTO 8. Tucuxis a jusante da UHE Santo Antônio.



Foto: Beatriz Calera

FOTO 9. Técnicos buscando por registros de *I. boliviensis* durante transectos de banda.



Foto: Beatriz Calera

FOTO 10. Técnicos em esforço de amostragem a partir de ponto fixo a montante da UHE Santo Antônio.

## **ANEXO 2**

# **LAUDO GENÉTICA DE BOTOS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA UHE SANTO ANTÔNIO**

## 1. INTRODUÇÃO

As relações taxonômicas dos chamados “golfinhos de rio” têm sido questionadas há mais de um século. Atualmente, estes golfinhos estão separados em quatro gêneros, na maioria monoespecíficos. O boto-vermelho possui duas espécies descritas, *Inia boliviensis* e *I. geoffrensis*, sendo que esta ainda está subdividida em duas subespécies, *I. g. geoffrensis* e *I. g. humboldtiana* (Pilleri e Gehr, 1977; da Silva, 1994; Hamilton *et al.*, 2001; Banguera-Hinestroza *et al.*, 2002).

Banguera-Hinestroza *et al.* (2002), utilizando-se do sequenciamento de dois genes mitocondriais, observaram uma distinção dos botos das bacias dos rios Beni-Mamoré, na Bolívia, e dos botos da Amazônia Central, Brasil. Esses autores analisaram amostras de várias regiões das bacias do rio Orinoco e do Amazonas - coletadas no Brasil, na Colômbia, na Bolívia e na Venezuela - a fim de determinar se os grupos taxonômicos possuíam variação genética. A análise da região controle mitocondrial mostrou que não havia haplótipos compartilhados entre os botos da porção brasileira da bacia Amazônica e sub-bacia Beni-Mamoré, existindo um considerável nível de diversidade genética entre as populações. De acordo com estes resultados, os autores propuseram vários eventos de isolamento geográfico que acabaram gerando esta diversidade de haplótipos, mostrando que as populações de botos do gênero *Inia* estão claramente separadas em duas unidades evolutivas consideradas como *I. geoffrensis* e *I. boliviensis*.

As espécies e subespécies de boto têm como principais limites para sua distribuição as grandes corredeiras, cachoeiras e rios muito pequenos (Best e da Silva, 1993). *I. g. humboldtiana* é encontrada na bacia do rio Orinoco (Pilleri e Gehr, 1977; da Silva, 1994; 2009); *I. g. geoffrensis* é encontrada nos rios da bacia Amazônica e Araguaia-Tocantins (Pilleri e Gehr, 1977; Best e da Silva, 1993; da Silva, 2009). *I. boliviensis* está distribuída principalmente no norte e nordeste da Bolívia, incluindo os rios de fronteira com o Brasil, como o Guaporé, Abunã, Mamoré e Madeira (Pilleri e Gehr, 1977; Best e da Silva, 1993; da Silva, 1994).

Até recentemente, uma sequência de 18 corredeiras podiam ser observadas entre os municípios de Guajará-Mirim (rio Mamoré) e Porto Velho (rio Madeira) (Cella-Ribeiro *et al.*, 2013). Essas corredeiras eram consideradas barreiras geográficas para a dispersão das espécies de boto. No entanto, Best e da Silva (1993) sugeriram que durante a estação de cheia os botos poderiam transpor as corredeiras assim como ocorrem com os grandes bagres migradores.

Em estudos anteriores à construção das hidrelétricas do alto rio Madeira foi reportado a existência de botos na região das corredeiras, no entanto, sem definir quais das espécies de *Inia* ocupavam a região (Furnas *et al.*, 2005). E até então, as duas cachoeiras, Jirau e Teotônio, eram consideradas as principais barreiras a distribuição dos botos, já que as mesmas são intransponíveis para navegação (Best e da Silva, 1993).

## 2. OBJETIVOS

Definir a estrutura genética da subpopulação de botos na área do reservatório da UHE Santo Antônio e verificar se havia fluxo gênico entre as populações da Bolívia e as populações a jusante da cachoeira Teotônio.

## 3. MÉTODOS

### 3.1. Delineamento amostral/Protocolos Temáticos

Foram analisadas amostras de boto (*Inia spp.*) depositadas na coleção de tecidos de genética animal (CTGA) da Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Essas amostras (n = 4) foram coletadas seguindo metodologia descrita por da Silva e Martin (2000), na enseadeira da UHE Santo Antônio. Também foram utilizadas amostras coletadas casualmente de animais encontrados mortos na região de influência da UHE Santo Antônio (n = 2), a jusante e a montante da cachoeira Teotônio, sendo uma amostra, proveniente da enseadeira, depositada na coleção de Mamíferos Aquáticos do Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá, e uma amostra, proveniente da região de confluência dos rios Jaci-Paraná e Madeira depositada no CTGA. Todas as amostras foram coletadas mediante autorização do Ibama (Processo Ibama nº 02001.000965/2008-83 – autorização nº 138/2011; Processo Ibama nº 02001.00508/2008-99 – autorização nº 138/2011 1ª Renovação). Para comparação dos dados moleculares, também foram utilizadas seis amostras controle de cada espécie (*I. geoffrensis* e *I. boliviensis*), que fazem parte do banco de dados do Laboratório de Evolução e Genética Animal da UFAM.

Para a extração de DNA total das amostras foi utilizado protocolo de Sambrook *et al.* (1989). O DNA foi isolado por digestão com Proteinase K utilizando tampão de lise, seguido de sucessivas lavagens com clorofórmio, clorofórmio-álcool isoamílico, isopropanol e álcool 70%.

Foi realizada amplificação da região controle (*D-loop*) do DNA mitocondrial de cada indivíduo. Para amplificação do *D-loop* foram utilizados os *primers* HDH6 e LTRO (Banguera-Hinestroza *et al.*, 2002). A reação de amplificação foi realizada com os seguintes componentes: 2,5 µL de tampão 10X; 2,5 µL de dNTPs 2,5 mM; 2,5 µL de cloreto de magnésio 25 mM; 2,0 µL do *primer* (F) a 2 mM; 2,0 µL do *primer* (R) a 2 mM; 0,3 µL de DNA Taq polimerase a 5 U/µL e 1,0 µL do DNA genômico de cada indivíduo a 10 – 100 ng/µL. A reação foi ajustada para um volume final de 12,5 µL com água deionizada autoclavada. O programa de amplificação teve os seguintes perfis de temperatura: 92°C por um minuto para a desnaturação (dissociação) das fitas complementares do DNA; seguidos por 35 ciclos de 92°C (1 minuto), temperatura de anelamento de 55°C (35 segundos), 72°C (1 minuto e meio); e uma extensão final a 72°C por 5 minutos para a extensão dos fragmentos amplificados de DNA.

Posteriormente os fragmentos amplificados foram purificados, o que consiste na eliminação dos vários tipos de produtos não incorporados na reação de amplificação como *primers*, dNTPs, sais e outras moléculas de peso molecular baixo. Essa etapa do processo foi realizada utilizando as enzimas Exonuclease e Fosfatase alcalina (EXOSAP).

O DNA purificado foi utilizado na reação de sequenciamento descrita a seguir: o sequenciamento foi realizado com a utilização do Kit de reação *Big Dye Terminator* (Applied Biosystems). Cada amostra de DNA foi sequenciada duas vezes, uma com o *primer* L (leve) ou *forward* e outra com o *primer* H (pesado) ou *reverse*. Mediante a complementação das duas fitas foi possível obter-se toda a sequência da região controle para todos os indivíduos.

A reação de sequência foi realizada também utilizando a técnica de PCR, na qual o volume final de cada reação foi obtido com os seguintes componentes: 2 µL do *primer* L ou H utilizado anteriormente na amplificação do fragmento; 2 µL da solução do Kit de reação *Big Dye Terminator*; 2 µL de DNA amplificado e já purificado (entre 30 e 90 ng/µL).

A reação foi preparada em placas com 96 poços, em seguida levada ao termociclador por 25 ciclos com o seguinte perfil de temperatura: 20 segundos a 95°C, a fim de desnaturar as fitas complementares; 15 segundos a 50°C, para o anelamento do *primer*, e 1 minuto a 60°C, para a extensão da região a ser sequenciada.

Após o término da reação de sequenciamento, o produto foi precipitado de acordo com o seguinte protocolo: adicionou-se à placa com o material amplificado 2,5 µL de EDTA 125 mM e 27,5 µL de etanol absoluto (100% de pureza), misturando com o *vortex* e centrifugando por alguns segundos (*spin down*). A placa foi incubada a temperatura ambiente por 15 minutos e em seguida centrifugada em centrífuga refrigerada por 30 minutos. Eliminou-se o álcool por inversão da placa e foram acrescentados 30 µL de etanol 70%. Centrifugou-se por 15 minutos e eliminou-se o álcool por inversão da placa. Em seguida centrifugou-se a placa invertida em um papel toalha, *spin* a 700 rpm. A placa foi seca em temperatura ambiente e depois o material foi ressuscitado em 10 µL de *loading buffer* (presente no kit de sequenciamento). Após a precipitação o material foi injetado no sequenciador.

### 3.2. Análise de dados

As sequências geradas pelo sequenciador automático ABI 3130 foram importadas para o programa Geneious (Drummond *et al.*, 2012) onde foram verificadas quanto à sua integridade. Uma vez compiladas, as sequências foram alinhadas com a ajuda do programa Clustal W (Thompson *et al.*, 1996). Posteriormente, foram conferidas e editadas a fim de que fossem estabelecidas as sequências individuais finais.

A separação das amostras em *clusters* genéticos foi realizada analisando a estrutura das populações por meio de análise Bayesiana pelo programa BAPS 5 (Corander *et al.*, 2008). Fundamentado na frequência dos nucleotídeos, esse modelo criou grupos (K) de indivíduos relacionados geneticamente. Os valores de probabilidade posterior (*Log-likelihood*) foram utilizados para selecionar o número de *clusters* mais apropriado à nossa amostragem.

As relações filogenéticas entre os haplótipos foi visualizada através de uma rede de haplótipos construída pelo programa HaploViewer (Salzburger *et al.*, 2011), com as relações entre os haplótipos sendo inferidas sob o critério da máxima verossimilhança utilizando o programa Phym1, do pacote PHYLIP (Felsenstein, 1993).

A fim de verificar a existência de estrutura genética entre as amostras controle e as amostras da região das corredeiras, foi obtida uma matriz com os valores do índice de fixação ( $F_{ST}$ ) (Wright, 1951) com o auxílio do programa ARLEQUIN 3.5 (Excoffier e Lischer, 2010). Também foi estimada a taxa de migração (fluxo gênico) de forma linear a partir dos valores de  $F_{ST}$ , em número de migrantes por geração ( $Nm$ ) onde  $Nm = Y = (1 - F_{ST}) / (2 F_{ST})$ , também no programa ARLEQUIN 3.5 (Excoffier e Lischer, 2010)

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

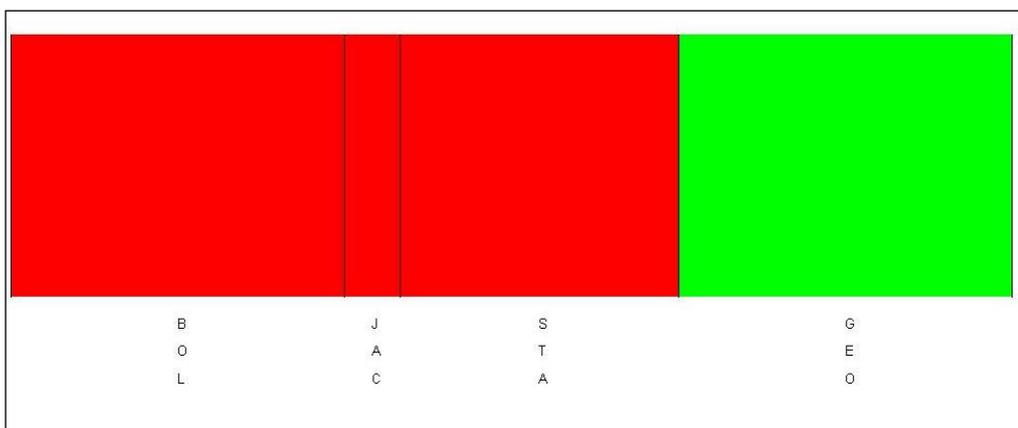
As amostras foram sequenciadas e alinhadas para a região controle do DNA mitocondrial, como mostrado na figura 1.

FIGURA 1. ALINHAMENTO DAS SEQUENCIAS DA REGIÃO CONTROLE DO DNA MITOCONDRIAL DAS DUAS ESPÉCIES DE *MIA* NO PROGRAMA GENEIOUS.

Consensus	ACATAGCACATGCGCAAACGCTAACATGTCATAGCACCCATTTATAAAATACCTTAC
FUID 1. 283FRC	ACATAGCACATGCGCAAACGCTAACATGTCATAGCACCCATTTATAAAATACCTTAC
FUID 2. 284FRC	ACATAGCACATGCGCAAACGCTAACATGTCATAGCACCCATTTATAAAATACCTTAC
FUID 3. 285FRC	ACATAACACATGCGCAAACGCTAACATGTCATAGCACCCATTTATAAAATACCTTAC
FUID 4. 286FRC	ACATAGCACATGCGCAAACGCTAACATGTCATAGCACCCATTTATAAAATACCTTAC
FUID 5. 287FRC	ACATAACACATGCGCAAACGCTAACATGTCATAGCACCCATTTATAAAATACCTTAC
FUID 6. 288FRC	ACATAGCACATGCGCAAACGCTAACATGTCATAGCACCCATTTATAAAATACCTTAC
REV FUID 7. JAC	ACATAGCACATGCGCAAACGCTAACATGTCATAGCACCCATTTATAAAATACCTTAC
FUID 8. 371STA	ACATAGCACATGCGCAAACGCTAACATGTCATAGCACCCATTTATAAAATACCTTAC
FUID 9. 372STA	ACATAGCACATGCGCAAACGCTAACATGTCATAGCACCCATTTATAAAATACCTTAC
FUID 10. 373STA	ACATAGCACATGCGCAAACGCTAACATGTCATAGCACCCATTTATAAAATACCTTAC
FUID 11. 374STA	ACATAGCACATGCGCAAACGCTAACATGTCATAGCACCCATTTATAAAATACCTTAC
REV FUID 12. STA	ACATAGCACATGCGCAAACGCTAACATGTCATAGCACCCATTTATAAAATACCTTAC
FUID 13. 353MMI	ACATAACACATGCAAAAAGCTAACATGTCATAGCACCCATTTATAAAATACCTTAC
FUID 14. 354MMI	ACATAACACATGCAAAAAGCTAACATGTCATAGCACCCATTTATAAAATACCTTAC
FUID 15. 355MMI	ACATAACACATGCAAAAAGCTAACATGTCATAGCACCCATTTATAAAATACCTTAC
FUID 16. 358MMI	ACATAACACATGCAAAAAGCTAACATGTCATAGCACCCATTTATAAAATACCTTAC
FUID 17. 360MMI	ACATAACACATGCAAAAAGCTAACATGTCATAGCACCCATTTATAAAATACCTTAC
FUID 18. 362MMI	ACATAACACATGCAAAAAGCTAACATGTCATAGCACCCATTTATAAAATACCTTAC

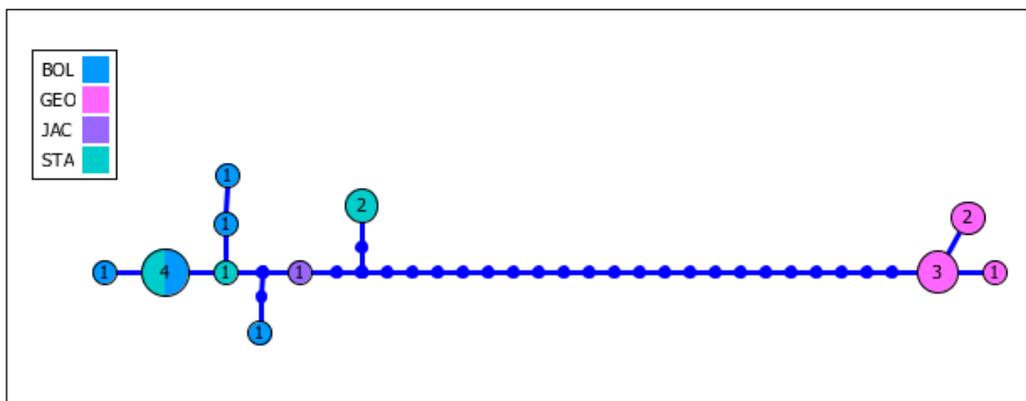
A análise Bayesiana de estrutura de populações, realizada no programa BAPS, agrupou os 18 indivíduos em dois *clusters*. Foi observado que a probabilidade posterior de existirem dois grupos biológicos (espécies) nas amostras utilizadas para análise foi de  $\ln = -161,538$ , enquanto que a probabilidade de existirem três grupos biológicos foi  $\ln = -168,1523$  (notar que os valores são negativos). Esta diferença é significativa ( $p < 0,001$ ), e, portanto, temos que assumir que o modelo com dois grupos biológicos é o resultado mais provável (Figura 2).

FIGURA 2. GRÁFICO EM BARRAS RESULTADO DA ANÁLISE BAYESIANA DO PROGRAMA BAPS. CADA BARRA REPRESENTA UM INDIVÍDUO, E CADA CLUSTER GENÉTICO ESTÁ REPRESENTADO POR UMA COR. A COR VERMELHA REPRESENTA OS INDIVÍDUOS DA ESPÉCIE *I. BOLIVIENSIS*, E A COR VERDE REPRESENTA OS INDIVÍDUOS DA ESPÉCIE *I. GEOFFRENSIS*. NO EIXO X ESTÃO REPRESENTADAS AS SIGLAS REFERENTES ÀS AMOSTRAS CONTROLE DE *I. BOLIVIENSIS* (BOL) E DE *I. GEOFFRENSIS* (GEO), ALÉM DAS LOCALIDADES ONDE FORAM COLETADAS AS AMOSTRAS UTILIZADAS, BOCA DO RIO JACI-PARANÁ (JAC) E ENSECADEIRA DA UHE SANTO ANTÔNIO (STA).



Foi possível observar que tanto o indivíduo do rio Jaci-Paraná quanto aqueles coletados na enseadeira agruparam com as amostras da espécie *I. boliviensis*, indicando que todas as amostras coletadas a montante da UHE Santo Antônio pertencem a essa espécie (Figura 2).

FIGURA 3. ÁRVORE DE HAPLÓTIPOS GERADA PELO PROGRAMA HAPLOVIEWER. CADA CÍRCULO COLORIDO CORRESPONDE A UM HAPLÓTIPO, E OS NÚMEROS NO INTERIOR DO MESMO CORRESPONDEM AO NÚMERO DE INDIVÍDUOS QUE POSSUEM O MESMO HAPLÓTIPO. CADA COR REPRESENTA UMA DAS LOCALIDADES ANALISADAS. AS BOLINHAS AZUIS MENORES CORRESPONDEM A MUTAÇÕES ENTRE OS HAPLÓTIPOS



Com base nas sequências da região controle do DNA mitocondrial, foi possível inferir que os animais capturados na Área de Influência da UHE Santo Antônio possuem haplótipos de *I. boliviensis*, como pode ser observado no resultado da análise Bayesiana (Figura 2), e na árvore de haplótipos (Figura 3). Além disso, foi possível observar que as amostras coletadas possuem os caracteres diagnósticos para as sequências de *D-loop* da espécie *Inia boliviensis* (Quadro 1).

QUADRO 1. SÍTIOS DIAGNÓSTICOS DA REGIÃO CONTROLE DO DNA MITOCONDRIAL UTILIZADOS PARA DETERMINAR AS ESPÉCIES DE BOTO.

ESPÉCIE	SÍTIOS DIAGNÓSTICOS																	
	36	53	54	57	58	75	76	92	108	129	134	145	157	158	160	166	415	477
<i>I. geoffrensis</i>	C	A	G	G	T	C	C	G	T	A	T	T	C	C	C	T	T	C
<i>I. boliviensis</i>	T	G	A	A	C	T	A	A	C	G	C	C	T	T	T	C	G	T

A partir do resultado da árvore de haplótipos, observou-se que as duas espécies, *I. boliviensis* (cor azul claro) e *I. geoffrensis* (cor rosa) estão separadas por 21 mutações (bolinhas azuis entre os ramos da árvore). Além disso, todos os indivíduos coletados na Área de Influência da UHE Santo Antônio (cores lilás e verde água) estão agrupados juntamente com as amostras controle de *I. boliviensis* (azul claro)

Gravena *et al.* (2013), utilizando amostras de botos coletados acima e abaixo da cachoeira de Jirau, já haviam demonstrado que essa cachoeira não era barreira ao fluxo gênico desses animais, já que são encontrados botos-boliviano, *I. boliviensis*, a montante e a jusante dessa cachoeira. Apesar dos botos estarem transpondo essa cachoeira, ainda não se sabia se a cachoeira Teotônio seria uma barreira efetiva para esses animais, bloqueando o fluxo gênico entre as populações acima e abaixo da mesma. Por isso foi medido o valor de  $F_{ST}$  e o número de migrantes por geração ( $Nm$ ) entre as amostras controle e as amostras coletadas acima e abaixo da cachoeira Teotônio. Os valores de  $F_{ST}$  são inversamente proporcionais aos valores de  $Nm$ ; isso indica que quanto maior o número de migrantes, menores são os valores de  $F_{ST}$ , evidenciando que as populações não estão estruturadas. Se o número de migrantes for baixo, maior o valor de  $F_{ST}$ , indicando que as populações podem estar estruturadas.

Nas amostras analisadas observou-se um alto valor de  $F_{ST}$  nas comparações entre as amostras de *I. geoffrensis* e todas as outras amostras utilizadas (Quadro 2). Nas comparações entre as amostras de *I. boliviensis*, e acima e abaixo da cachoeira Teotônio, os valores de  $F_{ST}$  são baixos, indicando que essas populações não são diferenciadas, já que existe fluxo gênico entre elas. Verificou-se ainda que o número de migrantes por geração entre a região acima e abaixo da cachoeira Teotônio é alto (7,50) comparado aos valores encontrados para as outras localidades.

QUADRO 2. VALORES DE  $NM$  (ACIMA DA DIAGONAL) E  $F_{ST}$  (ABAIXO DA DIAGONAL) PARA CADA UM DOS GRUPOS DE BOTOS ANALISADOS, ACIMA E ABAIXO DA CACHOEIRA TEOTÔNIO.

	I. BOLIVIENSIS	ACIMA	ABAIXO	I. GEOFFRENSIS
<i>I. boliviensis</i>	*	2,0	3,2	0,03
Acima	0,20	*	7,50	0,02
Abaixo	0,13	0,06	*	0,04
<i>I. geoffrensis</i>	0,93	0,96	0,93	*

Sumarizando, todas as amostras coletadas na região onde hoje se encontra o reservatório da UHE Santo Antônio pertencem à espécie *I. boliviensis*. As populações dessa espécie das regiões acima (rio Jaci-Paraná) e abaixo da cachoeira Teotônio (ensecadeira) mantinham relativo fluxo gênico, indicando que a cachoeira Teotônio não era barreira à distribuição da espécie.

É importante ressaltar que a espécie encontrada no reservatório da UHE Santo Antônio, *I. boliviensis*, ainda não foi acessada pela IUCN, por isso ela ainda é tratada como uma das subespécies de *I. geoffrensis*, *I. g. boliviensis* (Reeves *et al.*, 2011). Na IUCN as espécies de boto são listadas como “dados insuficientes”. Entretanto, na Bolívia o *Ministerio de Medio Ambiente y Agua* (2009) considera a espécie *I. boliviensis* vulnerável à extinção (Trujillo *et al.*, 2010).

## 5. CONCLUSÃO

Com base na metodologia utilizada foi possível inferir que as amostras coletadas no reservatório da UHE Santo Antônio pertencem a *Inia boliviensis*, indicando que essa espécie ocorria em localidades acima e abaixo da cachoeira Teotônio. A análise genética demonstrou que essa cachoeira não era barreira às espécies de boto, sendo possível observar um relativo fluxo gênico entre as amostras coletadas no rio Jaci-Paraná e na ensecadeira.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BANGUERA-HINESTROZA, E.; CARDENAS, H.; RUIZ-GARCÍA, M.; MARMONTEL, M.; GAITAN, E.;VAZQUEZ, R.;GARCIA-VALLEJO, F. 2002. Molecular identification of evolutionarily significant units in the Amazon River dolphin *Inia* sp. (Cetacea: Iniidae). *Journal of Heredity*. 93 (5): 312-322.
- BERNATCHEZ, L. E LANDRY, C. 2003. MHC studies in nonmodel vertebrates: what have we learned about natural selection in 15 years? *Journal of Evolutionary Biology*. 16 (3):363-377.
- BEST, R. C.; DA SILVA, V. M. F. 1993. *Inia geoffrensis*. *Mammalian Species*. 426: 1-8.
- CAMPOS, J. L., POSADA, D. E MORAN, P. 2006. Genetic variation at MHC, mitochondrial and microsatellite loci in isolated populations of Brown trout (*Salmo trutta*). *Conservation Genetics*.7: 515-530.
- CELLA-RIBEIRO, A., TORRENTE-VILARA, G., HUNGRIA, D. B. E DE OLIVEIRA, D. 2013. As corredeiras do rio Madeira. Pp.56-63. In: L. QUEIROZ; G. TORRENTE-VILARA; W. OHARA; T. PIRES; J. E. ZUANON;C. R. C DORIA. (ed.). Peixes do rio Madeira. São Paulo, Brasil: Editora Diaeto.
- CORANDER, J.; MARTTINEN, P.; SIRÉN, J.; TANG, J. 2008. Enhanced Bayesian modelling in BAPS software for learning genetic structures of populations. *BMC Bioinformatics*. 9: 539.
- DA SILVA, V. M. F. 1994. Aspects of the biology of the Amazonian dolphin genus *Inia* and *Sotalia fluviatilis*. Ph.D. Dissertation. University of Cambridge. 327 p.
- DA SILVA, V. M. F. 2009. Amazon river dolphin *Inia geoffrensis*. Pp. 1188-1192. In: W. F. PERRIN; B. WÜRSIG; J. G. M. TEWISSEN. (eds.). *Encyclopedia of Marine Mammals*. Elsevier, Amsterdam, 2nd ed. 1352 p.
- DA SILVA, V. M. F.; MARTIN, A. R. 2000. A Study of the Boto, or Amazon river dolphin (*Inia geoffrensis*), in the Mamirauá Reserve, Brazil: Operation and techniques. In: R. R. REEVES; B. D. SMITH; T. KASUYA. (ed.). *Biology and conservation of freshwater cetaceans in Asia: IUCN, Vol.23*
- DRUMMOND, A. J.; ASHTON, B.; BUXTON, S.; CHEUNG, M.; COOPER, A.; DURAN, C.; FIELD, M.; HELED, J.; KEARSE, M.; MARKOWITZ, S.; MOIR, R.; STONES-HAVAS, S.; STURROCK, S.; THIERER, T.; WILSON, A. C. 2012. *Geneious v5.6.3*. Auckland, New Zealand: Biomatters, Inc.
- EXCOFFIER, L. E LISCHER, H. E. L. 2010. Arlequin suite ver 3.5: A new series of programs to perform population genetics analyses under Linux and Windows. *Molecular Ecology Resources*. 10: 574-567.

FELSENSTEIN, J. 1993. PHYLIP (Phylogeny Inference Package) version 3.5. Department of Genetics, University of Washington, Seattle: Distributed by the author.

FURNAS; CONSTRUTORA NORBERTO ODEBRECHT S. A; LEME ENGENHARIA. 2005. Estudo de impacto ambiental dos aproveitamentos hidrelétricos Santo Antônio e Jirau, Rio Madeira-RO. 6315-RT-G90-001. Rio de Janeiro, RJ, Brasil: FURNAS Centrais Elétricas S.A, Construtora Norberto Odebrecht, S.A., Leme Engenharia. 8 Vols.

GRAVENA, W.; HALLER, E. C. P.; FALCÃO, A. C. G. P.; HRBEK, T. 2013. Dados populacionais de botos para avaliação do impacto de empreendimento hidroelétrico. Seminário Nacional de Grandes Barragens, 29. Porto de Galinhas, Brasil: Comitê Brasileiro de Barragens.

HAMILTON, H.; CABALLERO, S.; COLLINS, A. G.; BROWNELL JR, R. L. 2001. Evolution of river dolphins. Proceedings of the Royal Society of London. Series B. Biological Sciences. 268: 549-556.

INTERNATIONAL RIVERS. 2013. China. Berkeley, USA. Disponível em [www.internationalrivers.org](http://www.internationalrivers.org). Acesso em: 2 set. 2013.

KHAN, K. M. E.; NIAZI, M. S. 1989. Distribution and population status of the Indus dolphin, *Platanista minor*. Pp. 77-80 In: W. F. PERRIN; , R. L. BROWNELL JR; , Z. E. KAIYA;; L. JIANKANG (eds.). Biology and conservation of the river dolphins: IUCN Species Survival Commission Occasional Paper, v. 3, Distribution and population status of the Indus dolphin, *Platanista minor*.

LOCHMILLER, R. L. 1996. Immunocompetence and animal population regulation. *Oikos*. 76: 594-602.

MARTÍNEZ-AGUERO, M., FLORES-RAMÍREZ, S.; RUIZ-GARCÍA M. 2006. First report of major histocompatibility complex class II loci from the Amazon pink river dolphin (genus *Inia*). *Genetics and Molecular Research*. 5: (3): 421-431.

O'BRIEN, S. J.; EVERMANN, J. F. 1988. Interactive influence of infectious disease and genetic diversity in natural populations. *Trends in Ecology & Evolution*. 3: 254-259.

PEIXUN, C.; YUANYU, H. 1987. Projected impacts of the Three Gorges Dam on the baiji and needs for conservation of the species. Pp.31-41. In: A collection of articles on the impacts of the three-gorges dam project on the aquatic ecosystem along the Chang Jiang and research on counter measures. Beijing: China Scientific Press, Projected impacts of the Three Gorges Dam on the baiji and needs for conservation of the species.

PIERTNEY, S. B.; OLIVER, M. K. 2006. The evolutionary ecology of the major histocompatibility complex. *Heredity*. 96: 7-21.

PILLERI, G.; GIHR, M. 1977. Observations on the Bolivian, (*Inia boliviensis* d'Orbigny, 1834) and the Amazonian Bufo (*Inia geoffrensis* Blainville, 1817), with a description of a new subspecies (*Inia geoffrensis humboldtiana*). Pp. 11-76. In: G. PILLERI (ed.). Investigations on Cetacea. Brain Anatomy Institut, Berne, Switzerland. Vol. 8.

REEVES, R. R.; JEFFERSON, T. A.; KARCZMARSKI, L.; LAIDRE, K.; O'CORRY-CROWE, G. M.; ROJAS-BRACHO, L.; SECCHI, E. R.; SLOOTEN, E.; SMITH, B. D.; WANG, J. Y.; ZHOU, K. 2011. *Inia geoffrensis*. IUCN 2012: IUCN Red List of Threatened Species. Version 2012.2: [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org).

SALZBURGER, W.; EWING, G.; VON HAESELER, A. 2011. The performance of phylogenetic algorithms in estimating haplotype genealogies with migration. *Molecular Ecology*. 20 (9): 1952-1963.

SAMBROOK, J.; FRITSCH, E. F.; MANIATIS, T. 1989. *Molecular cloning: a laboratory manual*. 2nd ed. Cold Spring Harbor Laboratory Press: Cold Springs Harbor. New York.

SHRESTHA, T. K. 1989. Biology, status and conservation of the Ganges River dolphin, *Platanista gangetica*. Pp.64-69. In: W. F. PERRIN; R. L. BROWNELL JR; , Z. KAIYA; L. JIANKANG. (ed.). *Biology and Conservation of River Dolphins: IUCN Species Survival Commission Occasional Paper*,.3.

THOMPSON, J. D.; HIGGINS, D. G.; GIBSON, T. J. 1996. CLUSTAL W: improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting, position specific gap penalties and weight matrix choice. *Nucleic Acids Research*. 22: 4673-4680.

TRUJILLO, F., AYA, M. P., GÓMEZ-SALAZÁR, C., DIAZGRANADOS, M. C., CASTELLANOS-MORA, L., RUIZ-GARCÍA, M.; CABALLERO, S. 2010. Status and conservation of river dolphins *Inia geoffrensis* and *Sotalia fluviatilis* in the Amazon and Orinoco River Basins in Colombia. In: TRUJILLO, F.; CRESPO, E.; VAN DAMME, P. A.; USMA J. S. (eds.). 2010. *The action plan for South American river dolphins 2010 – 2020*. WWF, Fundación Omacha, WDS, WDCS, Solamac. Bogotá, D. C., Colombia. 249 p.

TURVEY, S. T.; PITMAN, R. L.; TAYLOR, B. L.; BARLOW, J.; AKAMATSU, T.; BARRETT, L. A.; ZHAO, X. J.; REEVES, R. R.; STEWART, B. S.; WANG, K. X.; WEI, Z.; ZHANG, X. F.; PUSSER, L. T.; RICHLIN, M.; BRANDON, J. R.; WANG, D. 2007. First human-caused extinction of a cetacean species? *Biology Letters*. 3: 537-540.

VAN BRESSEM, M. F.; VAN WAEREBEEK, K.; RAGA, A. J. 1999. A review of virus infections of cetaceans and the potential impact of morbilliviruses, poxviruses and papillomaviruses on host population dynamics. *Dis. Aquat. Org.* 38:53-65.

WRIGHT, S. 1951. The genetical structure of populations. *Annals of Eugenics*. 15: 323-354.

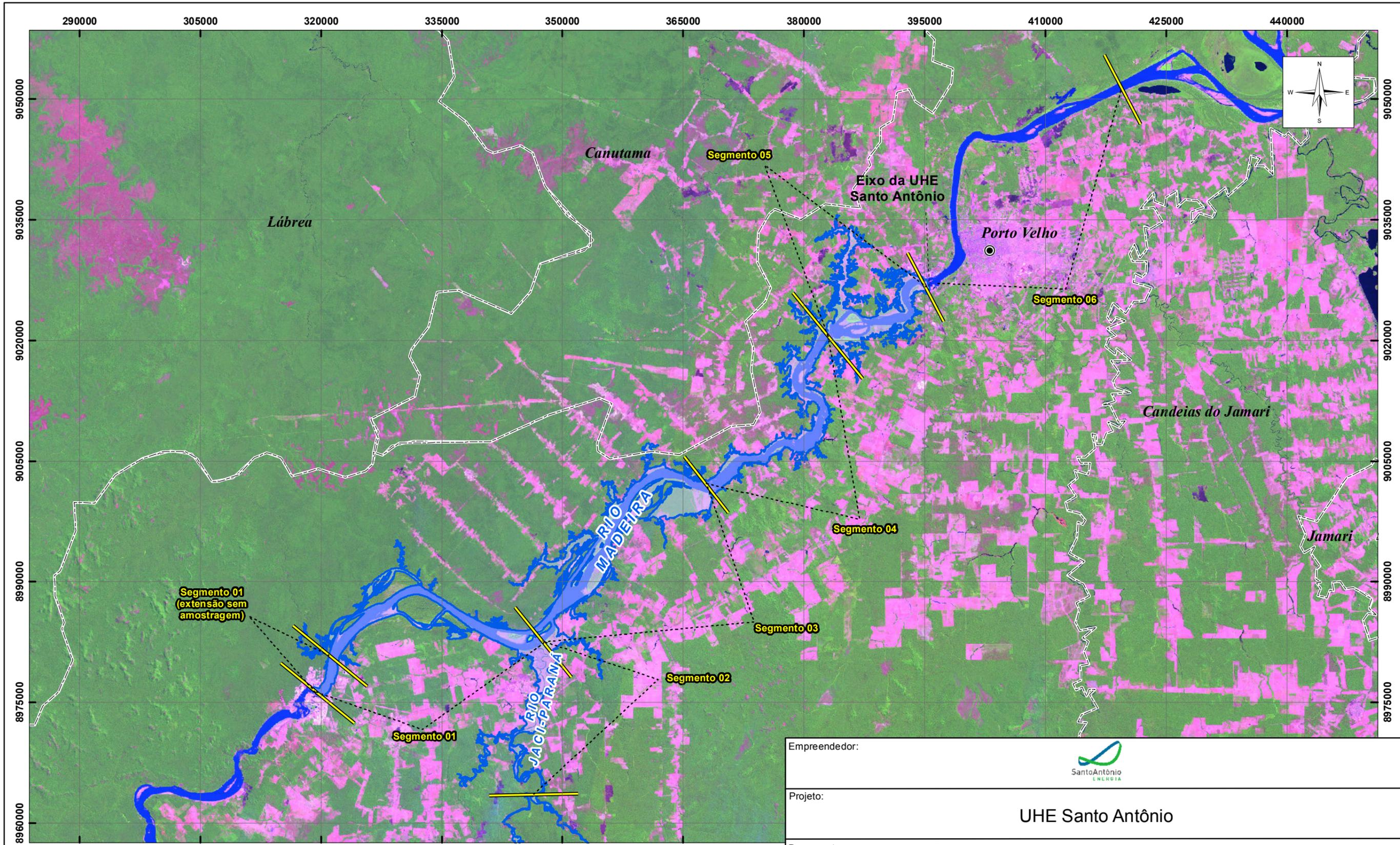
XU, S.; JU, J.; ZHOU, X.; WANG, L.; ZHOU, K.; YANG, G. 2012. Considerable MHC diversity suggests that the functional extinction of Baiji is not related to population genetic collapse. *PLoS ONE*. 7 (1): 30423.

YANG, G.; LIU, S.; REN, W.; ZHOU, K.; WEI, F. 2003. Mitochondrial control region variability of baiji and the Yangtze finless porpoise, two sympatric small cetaceans in the Yangtze river. *Acta Theriologica*. 48 (4): 469-483.

ZHOU, K. 2000. Baiji. Pp: 58-61. In: W. F. PERRIN; B. WÜRSIG; J. G. M. THEWISSEN. (eds.). *Encyclopedia of Marine Mammals*. San Diego, CA, USA: Academic Press.

## **ANEXO 3**

## **DESENHOS**

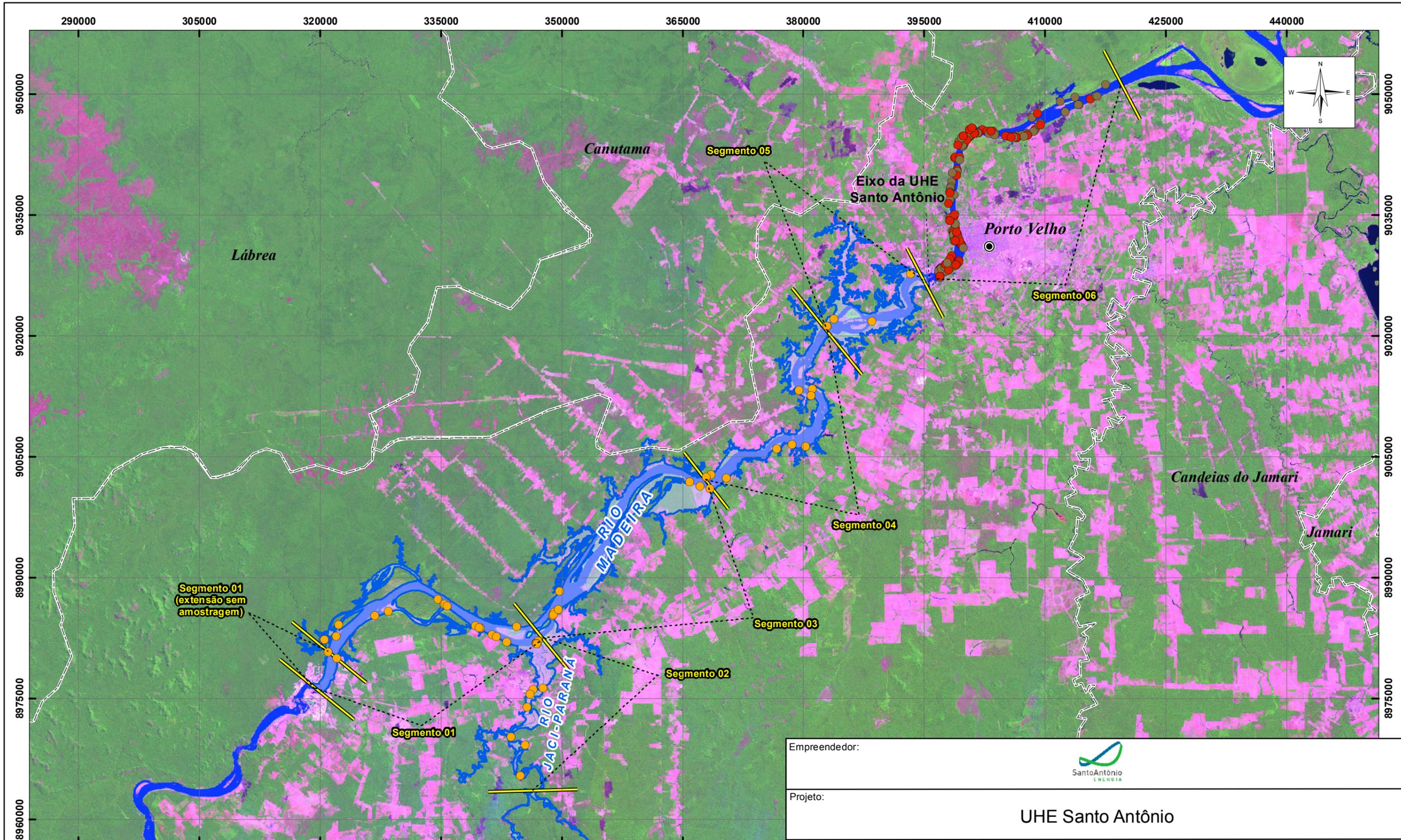


- Limite dos segmentos da amostragem
  - Reservatório (cota 70,2)
- Convenções Cartográficas**
- Sede Municipal
  - Limite Municipal

0 9.000 18.000 Metros  
 PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR  
 Datum: South American 1969 - Fuso 23s

Empreendedor:	 Santo Antônio ENERGIA			
Projeto:	<b>UHE Santo Antônio</b>			
Documento:	Programa de Conservação da Fauna Subprograma de Monitoramento de Mamíferos Aquáticos e Semiaquáticos - Cetáceos Relatório Fase de Pós-enchimento - 1º ano			
Título:	<b>Desenho 01 - Segmentos amostrais selecionados para monitoramento de cetáceos nas fases de Pré e Pós-enchimento do reservatório da UHE Santo Antônio</b>			
Escala:	Cartografia:	Data:	Anexo:	
1:450.000	Geoprocessamento SETE	10/2013	03	

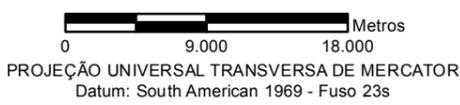




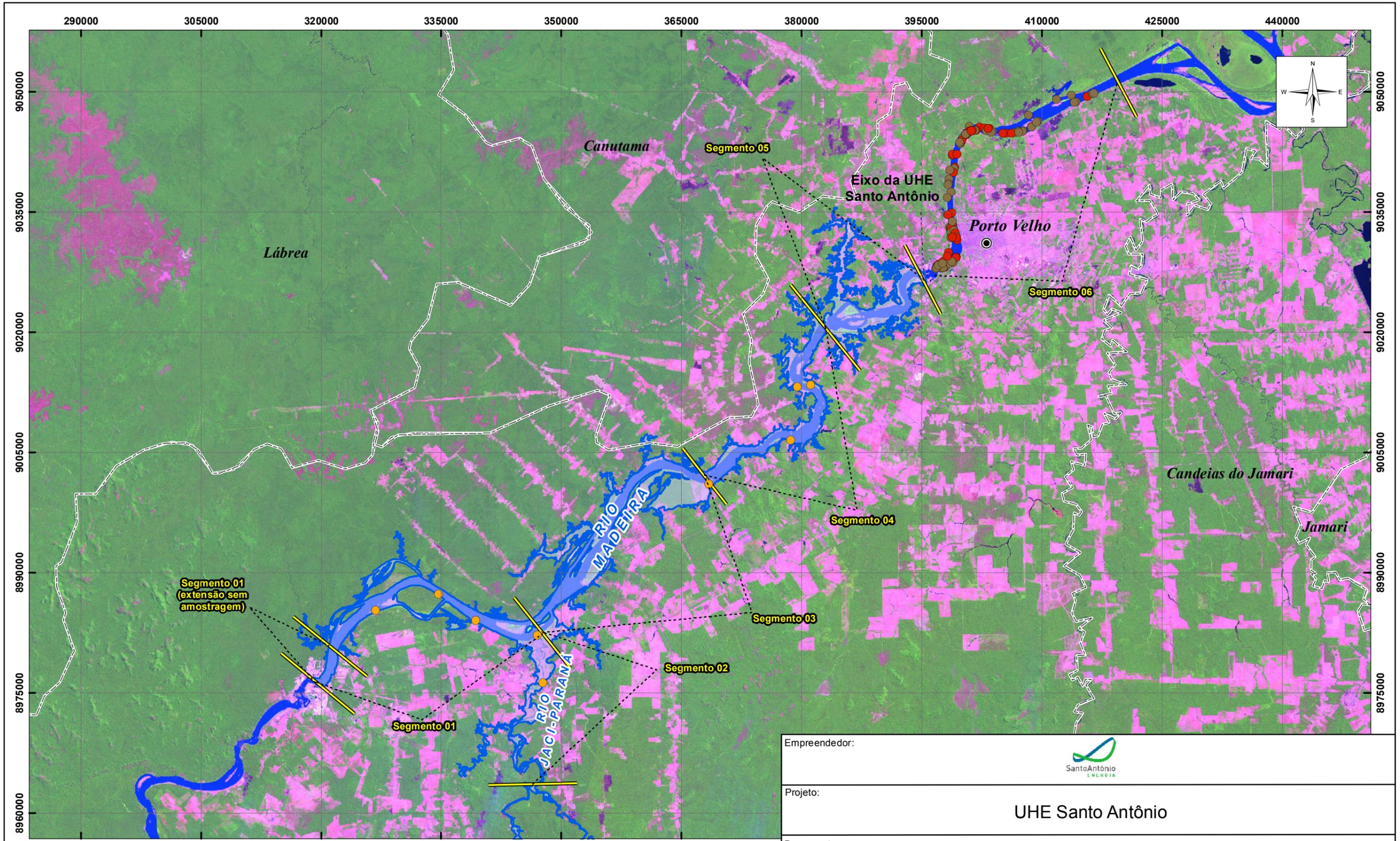
- Monitoramento de mamíferos aquáticos**
- Limite dos segmentos da amostragem
- Cetáceos**
- Inia boliviensis*
  - Inia spp.*
  - Sotalia fluviatilis*

Reservatório (cota 70,2)

- Convenções Cartográficas**
- Sede Municipal
  - Limite Municipal



Empreendedor:				
Projeto:	<b>UHE Santo Antônio</b>			
Documento:	Programa de Conservação da Fauna Subprograma de Monitoramento de Mamíferos Aquáticos e Semiaquáticos - Cetáceos Relatório Fase de Pós-enchimento - 1º ano			
Título:	<b>Desenho 02 - Distribuição de cetáceos ao longo da área de estudo utilizando métodos transectos de banda, ponto foco e oportunístico</b>			
	Escala: 1:450.000	Cartografia: Geoprocessamento SETE	Data: 10/2013	Anexo: 03

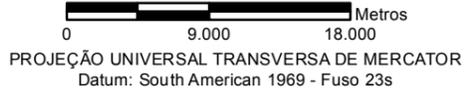


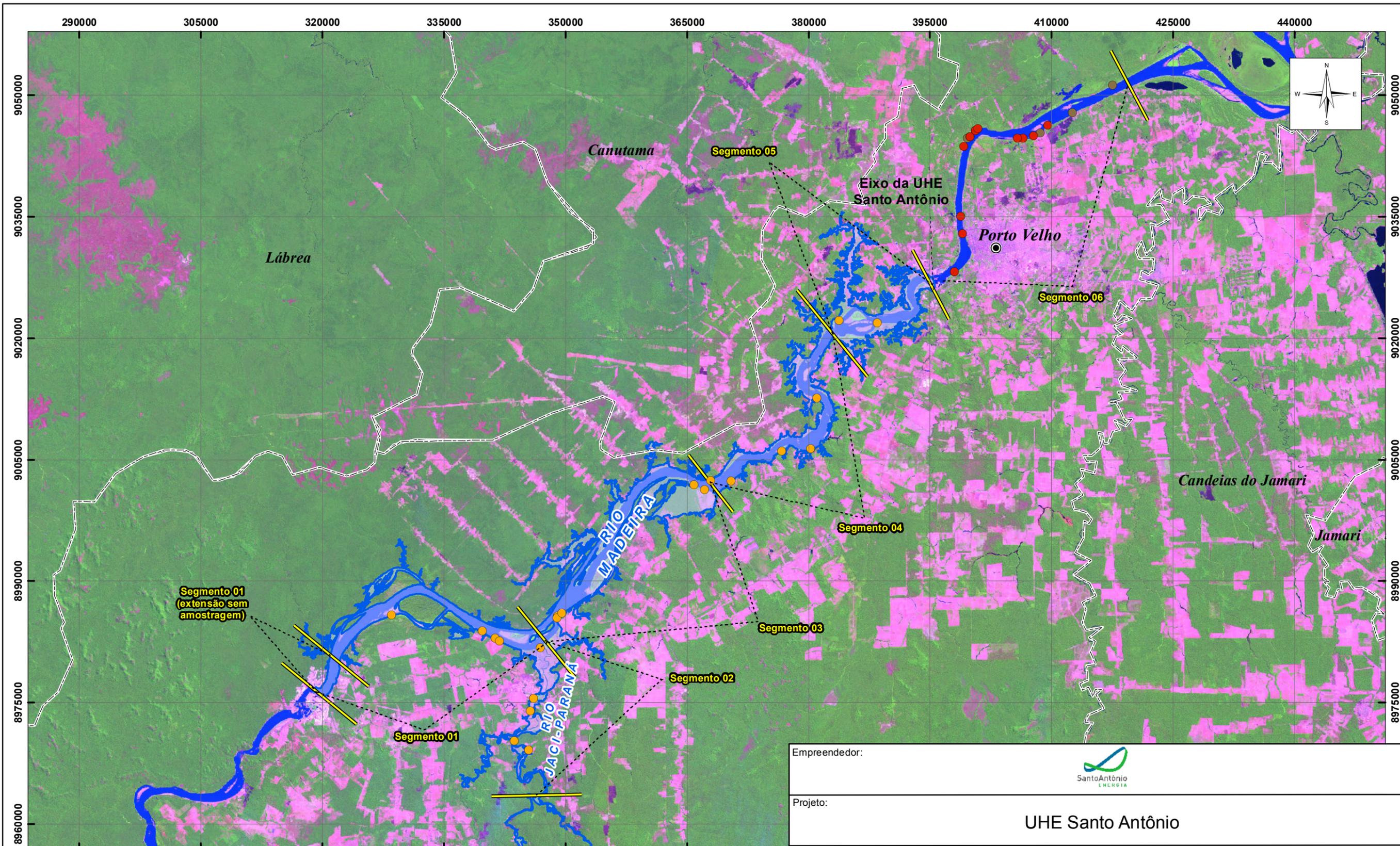
Empreendedor:				
Projeto:	<b>UHE Santo Antônio</b>			
Documento:	Programa de Conservação da Fauna Subprograma de Monitoramento de Mamíferos Aquáticos e Semiaquáticos - Cetáceos Relatório Fase de Pós-enchimento - 1º ano			
Título:	Desenho 03 - Distribuição dos registros de cetáceos ao longo da área de estudo durante as transecções de banda conduzidas na estação de BAIXA pluviosidade			
 <b>SETE</b> SOLUÇÕES E TECNOLOGIA AMBIENTAL	Escala: 1:450.000	Cartografia: Geoprocessamento SETE	Data: 10/2013	Anexo: 03

- Monitoramento de mamíferos aquáticos**
-  Limite dos segmentos da amostragem
- Cetáceos**
-  *Inia boliviensis*
  -  *Inia spp.*
  -  *Sotalia fluviatilis*

 Reservatório (cota 70,2)

- Convenções Cartográficas**
-  Sede Municipal
  -  Limite Municipal





**Monitoramento de mamíferos aquáticos**

— Limite dos segmentos da amostragem

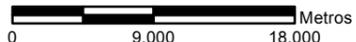
**Cetáceos**

- *Inia boliviensis*
- *Inia spp.*
- *Sotalia fluviatilis*

■ Reservatório (cota 70,2)

**Convenções Cartográficas**

- Sede Municipal
- Limite Municipal



PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR  
Datum: South American 1969 - Fuso 23s

Empreendedor:

Projeto: **UHE Santo Antônio**

Documento: Programa de Conservação da Fauna  
Subprograma de Monitoramento de Mamíferos Aquáticos e Semiaquáticos - Cetáceos  
Relatório Fase de Pós-enchimento - 1º ano

Título: **Desenho 04 - Distribuição dos registros de cetáceos ao longo da área de estudo durante as transecções de banda conduzidas na estação de ALTA pluviosidade**

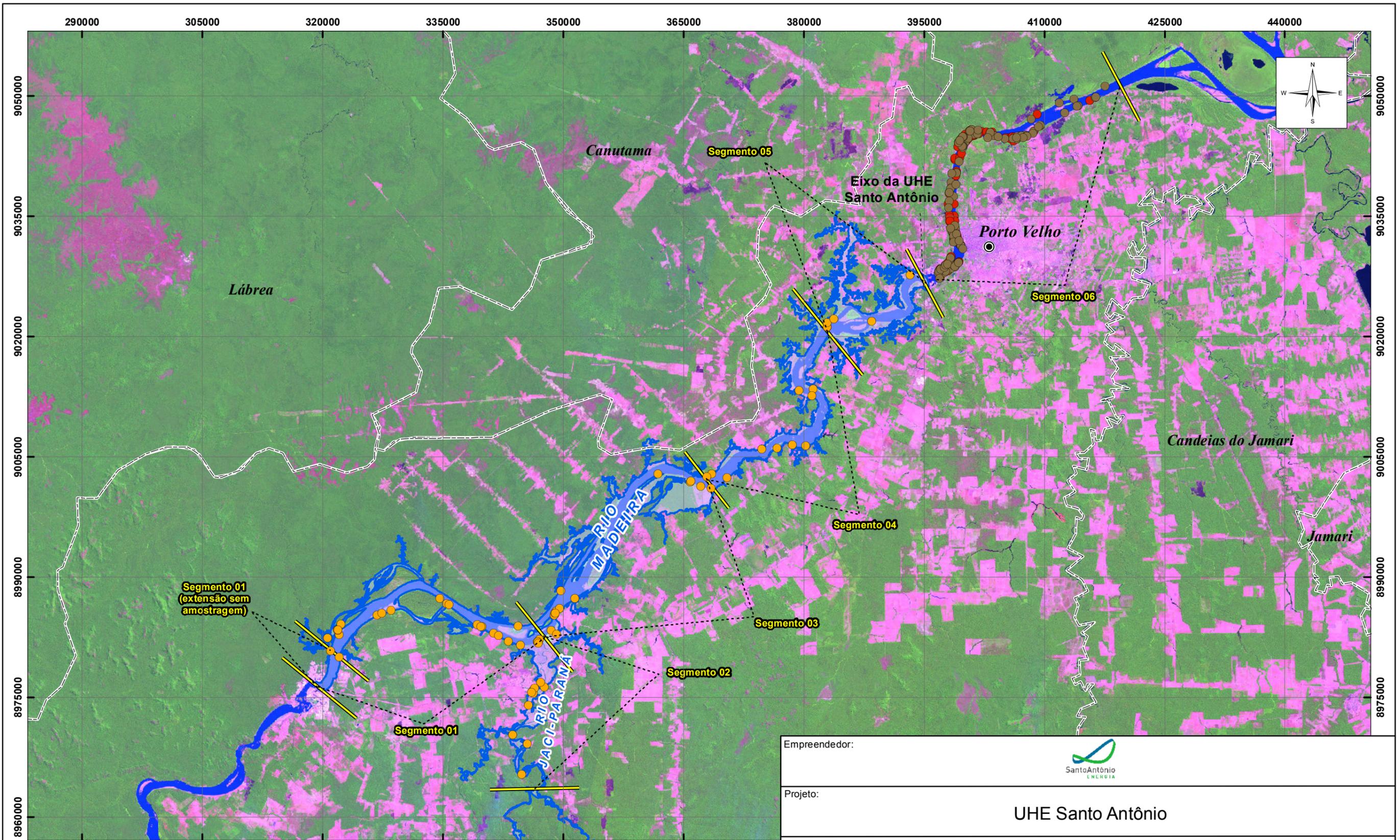


Escala: 1:450.000

Cartografia: Geoprocessamento SETE

Data:

Anexo: 03

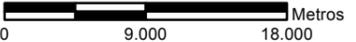


Empreendedor:				
Projeto:	<b>UHE Santo Antônio</b>			
Documento:	Programa de Conservação da Fauna Subprograma de Monitoramento de Mamíferos Aquáticos e Semiaquáticos - Cetáceos Relatório Fase de Pós-enchimento - 1º ano			
Título:	Desenho 05 - Distribuição de cetáceos na área de estudo, considerando os registros alcançados com todas as estratégias de documentação			
 <b>SETE</b> SOLUÇÕES E TECNOLOGIA AMBIENTAL	Escala: 1:450.000	Cartografia: Geoprocessamento SETE	Data: 10/2013	Anexo: 03

- Monitoramento de mamíferos aquáticos**
-  Limite dos segmentos da amostragem
- Cetáceos**
-  *Inia boliviensis*
  -  *Inia spp.*
  -  *Sotalia fluviatilis*

**Convenções Cartográficas**

-  Sede Municipal
-  Limite Municipal


  
 0 9.000 18.000 Metros

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR  
 Datum: South American 1969 - Fuso 23s