

PARECER TÉCNICO 01/2021

AVALIAÇÃO DO “2º RELATÓRIO TÉCNICO DOS ESTUDOS COMPLEMENTARES DO TRECHO DE VAZÃO REDUZIDA DA UHE BELO MONTE – MODELAGEM HIDRODINÂMICA BIDIMENSIONAL” (EMPRESA NORTE ENERGIA SA - NE-PR-SSAI-0268-0-RT)

1. APRESENTAÇÃO

Este parecer foi elaborado em atenção ao despacho da Procuradora da República em Altamira - Pará, Dra Thais Santi Cardoso da Silva, que solicitou uma “avaliação técnica independente das informações prestadas pela Concessionária Norte Energia ao licenciador a título de estudos complementares: Sensoriamento Remoto Orbital (SRO) e Complementação e Consolidação da Base Geográfica e Modelagem Hidrodinâmica Bidimensional do TVR”.

Os resultados da modelagem hidrodinâmica apresentados no Relatório Técnico dos Estudos Complementares (documento NE-PR-SSAI-0268-0-RT) permitem avaliar em maior grau de detalhe e segurança as premissas dos hidrogramas A e B e seus possíveis efeitos socioambientais na Volta Grande do Xingu (VGX) no Trecho de Vazão Reduzida (TVR). Os resultados da modelagem hidrodinâmica possibilitam comparar condições naturais representadas pelas vazões históricas do rio Xingu (1971-2019) e os cenários esperados para os hidrogramas A e B. Destaca-se que este Parecer Técnico visa avaliar os Estudos Complementares e prever os efeitos socioambientais dos hidrogramas A e B, de modo a subsidiar decisões e propor alternativas para reduzir perda de biodiversidade e garantir as condições de vida dos povos indígenas e comunidades ribeirinhas da Volta Grande do Xingu no TVR e Bacajá.

Os principais aspectos evidenciados pelos resultados do Relatório Técnico dos Estudos Complementares são descritos nos tópicos a seguir. Conclusões e recomendações são apresentadas no final deste Parecer Técnico.

2. AVALIAÇÃO DAS MUDANÇAS HIDRODINÂMICAS NA VOLTA GRANDE DO XINGU E AFLUENTES

2.1. Heterogeneidade espacial dos efeitos da redução de vazão

Considerando i) a geometria complexa do leito do rio Xingu no TVR; ii) a acentuada partição da vazão a jusante da barragem Pimental; iii) a variação das tendências de retenção e transporte de sedimentos ao longo do TVR; e iv) a interação hidrodinâmica entre o rio Xingu e seus afluentes no TVR (exemplificada pelo efeito natural de remanso no rio Bacajá), a avaliação dos efeitos dos hidrogramas A e B deve considerar de forma específica, pelo menos os seguintes setores, os quais apresentam condições hidrodinâmicas e hidrossedimentológicas (erosão-deposição) distintas:

a) Setor deposicional da margem direita: Abrange o trecho drenado pelo canal da margem direita entre a barragem Pimental e as proximidades da confluência Xingu-Bacajá. Este setor concentra a 64 a 98% da vazão defluente da barragem Pimental (EIA, 2009) e define a amplitude e extensão dos efeitos de remanso nos afluentes (Bacajá, Bacajaí, Itatá e Ituna) e nos canais da margem esquerda. A tendência deposicional deste setor e dos setores deposicionais da margem esquerda (b) proporcionam maior área de floresta alagável a montante da confluência Xingu-Bacajá. Os ambientes alagáveis deste setor (Floresta Ombrófila Densa Aluvial e outros habitats) estão sob influência mais direta da vazão defluente de Pimental.

b) Setor deposicional da margem esquerda: Abrange o trecho drenado pelos canais da margem esquerda entre a ilha Pimental e a ilha Araruna, incluindo a Terra Indígena Paquiçamba (Figura 4, pág. 20 do Relatório Técnico dos Estudos Complementares, documento NE-PR-SSAI-0268-0-RT). Este setor tem ilhas de floresta aluvial drenadas por rede de canais anastomosados secundários, com recebimento de 2 a 36% da vazão defluente de Pimental (EIA, 2009).

c) **Setor deposicional isolado da margem esquerda:** Corresponde ao trecho da ilha Pimental a jusante do eixo da barragem (região da localidade de São Pedro). Este setor é dominado por deposição de sedimentos e tem conexão indireta com a vazão defluente de Pimental. A inundação da floresta aluvial e o fluxo d'água nos canais ocorrem mediante efeito de remanso provocado pelo canal da margem esquerda.

d) **Setor erosivo:** Trecho entre a confluência Xingu-Bacajá e a cabeceira da ria (proximidades da cachoeira de Itamaracá). Este trecho tem tendência erosiva, com transferência de sedimentos e elevada continuidade de habitats aquáticos e alagáveis de pedrais e de vegetação aberta.

e) **Setor do baixo rio Bacajá:** Trecho de floresta aluvial do baixo Bacajá sob influência do efeito natural de remanso do rio Xingu. Esta zona alcança cerca de 15-20 km a partir da foz do rio Bacajá, para vazão do Xingu de 23.414 m³/s e vazão do Bacajá de 1465 m³/s. Setores análogos ocorrem nos afluentes Bacajaí, Itatá e Ituna.

f) **Setor da confluência Xingu-Bacajá:** Trecho da confluência onde há expansão do fluxo do rio tributário (Bacajá) no rio tronco (Xingu). Setores análogos ocorrem na confluência com os demais tributários (Bacajaí, Itatá e Ituna).

2.2. Estimativas da perda de habitats alagáveis

De acordo com os Estudos Complementares, as vazões máximas dos hidrogramas A (4000 m³/s) e B (8000 m³/s) resultam respectivamente em manchas de inundação com 34847 e 39320 ha (Quadro 36, pág. 142 do Relatório Técnico dos Estudos Complementares, documento NE-PR-SSAI-0268-0-RT). A mancha de inundação para a vazão média máxima histórica considerada nos Estudos Complementares (20423 m³/s) é de 56938 ha (Quadro 35, pág. 141). **Assim, os hidrogramas A e B levam à perda imediata de pelo menos 40 e 31% da mancha de inundação.** Ressalta-se que esta estimativa não

considera a espessura da lâmina d'água e permanência da inundação, fatores essenciais para o funcionamento dos ecossistemas de inundação sazonal.

Em relação à Floresta Ombrófila Densa Aluvial, a área estimada para a vazão média histórica dos meses de março, abril e maio (17294 m³/s), considerada como referência da extensão da floresta aluvial, foi de 14811 ha enquanto que as áreas máximas alagadas no mês de abril foram de 2981 e 4389 ha, respectivamente para os hidrogramas A (4000 m³/s) e B (8000 m³/s). **Portanto, as perdas de floresta aluvial seriam de 80% para o hidrograma A e 70% para o hidrograma B.** Contudo, estas estimativas representaram perda mínima, já que envolvem a comparação entre as vazões máximas dos hidrogramas A e B e a vazão média do período definido como cheia (março, abril e maio) nos Estudos Complementares. Destaca-se que esta perda deve ser espacialmente heterogênea em virtude dos aspectos mencionados no item 2.1 deste parecer técnico. Também, recomenda-se avaliar o tempo necessário de inundação para garantir a conservação e os serviços ecossistêmicos da floresta aluvial, já que a abordagem do estudo foi puramente física, sem considerar os aspectos bióticos da floresta aluvial. Visto que a inundação natural abrange o período entre dezembro e julho e que este é o período de maior déficit hidrológico no TVR preconizado pelos hidrogramas A e B (Quadro 1), deve-se avaliar as diferenças de inundação mensais e não apenas as perdas do mês de abril, tal como apresentado no relatório.

Quadro 1. Vazões do TVR sob os hidrogramas A e B comparadas às vazões históricas mensais (1971-2019) consideradas nos Estudos Complementares. As vazões do TVR sob os hidrogramas A e B também são apresentadas em termos da porcentagem da vazão natural histórica (%TVR). Notar que as maiores reduções de vazão no TVR ocorrem nos meses de dezembro a julho, período que define o pulso de inundação sazonal. Dados de vazão em m³/s.

| Hidrograma | Jan | Fev | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov | Dez |
|------------------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| A | 1100 | 1600 | 2500 | 4000 | 1800 | 1200 | 1000 | 900 | 750 | 700 | 800 | 900 |
| B | 1100 | 1600 | 4000 | 8000 | 4000 | 2000 | 1200 | 900 | 750 | 700 | 800 | 900 |
| Histórico | 8476 | 13544 | 18531 | 19088 | 14332 | 6743 | 3037 | 1632 | 1123 | 1169 | 1942 | 4036 |
| %TVR(A) | 13 | 12 | 13 | 21 | 13 | 18 | 33 | 55 | 67 | 60 | 41 | 22 |
| %TVR(B) | 13 | 12 | 22 | 42 | 28 | 30 | 40 | 55 | 67 | 60 | 41 | 22 |

2.3. Estimativas da perda de habitats lóticos e de pedrais

O modelo hidrodinâmico apresentado nos Estudos Complementares estima redução da velocidade da água nos canais do TVR. No caso do Setor Depositional Isolado da Margem Esquerda, que inclui a localidade de São Pedro, os Estudos Complementares apresentam análise específica sobre mudança na velocidade da água sob os hidrogramas A e B. Esta área é afetada pelo efeito de remanso do canal da margem esquerda e as velocidades médias registradas nas seções analisadas variaram entre 0,002 e 0,1 m/s para vazões defluentes de 4183 e 10439 m³/s (Quadro 31, pág. 133 do Relatório Técnico dos Estudos Complementares, documento NE-PR-SSAI-0268-0-RT). Para os demais setores, foram apresentados mapas de velocidade (Anexo 8 do Relatório Técnico dos Estudos Complementares, documento NE-PR-SSAI-0268-0-RT). A diminuição da velocidade da água implica perda de habitats lóticos e de pedrais. A perda de habitats de pedrais ocorreria pela redução da capacidade de transporte de sedimentos no setor erosivo. Assim, haveria recobrimento de pedrais por sedimentos vindos de setores a montante. O recobrimento de pedrais por sedimentos deve ocorrer de forma heterogênea devido à complexidade hidrodinâmica do leito do Xingu e à interação entre os canais. Zonas de expansão de fluxo (ver item 2.4 deste parecer técnico) são mais propícias à acumulação de sedimentos e formação de barras arenosas. O acúmulo de sedimentos provocaria a fragmentação dos habitats de pedrais e pode também formar barreiras à navegação. Dados granulométricos dos sedimentos em transporte (cargas de fundo e suspensão) no Xingu e nos afluentes são necessários para avaliar de forma mais detalhada acumulação de sedimentos no TVR em termos da redução de velocidade da água modelada para os hidrogramas A e B.

2.4. Alterações de padrões de erosão e sedimentação

A redução de vazão no TVR sob os hidrogramas A e B deverá provocar agradação do perfil de equilíbrio (Paola, 2000) do Xingu, com deposição de sedimentos nos setores deposicionais e erosivos. No setor deposicional, o acúmulo de sedimentos ocorreria principalmente em zonas de remanso ou expansão de fluxo dos canais devido à perda da capacidade de inundação das planícies de floresta aluvial (perda de 80% sob 4000 m³/s e de

70% sob 8000 m³/s), as quais representam zonas de acumulação de sedimentos em suspensão. Os canais da margem esquerda podem apresentar maiores taxas de acumulação de sedimentos devido ao acentuado efeito de remanso. No setor erosivo, a acumulação de sedimentos deve ocorrer tanto nos canais perenes quanto nos leitos rochosos de inundação sazonal (pedrais). Isto poderá levar ao assoreamento de canais em ambos setores. A redução da vazão no TVR também reduzirá o efeito de remanso e aumentará a declividade do nível d'água no Bacajá (ver Figura 70, pág. 139 do documento NE-PR-SSAI-0268-0-RT). Neste caso, haverá incisão do *thalveg* (Paola, 2000) do baixo Bacajá, que levará à erosão de ilhas sedimentares e planícies marginais. Esta mudança acarretaria em redução da floresta aluvial e aumento da velocidade da água no baixo curso do Bacajá, assim como aumento da descarga de sedimento do Bacajá no Xingu durante o pico de vazão. Estimar a velocidade destas mudanças no perfil de equilíbrio do Xingu e do Bacajá por alterações dos padrões de erosão e sedimentação requer análises adicionais. Porém, pode-se estimar cenários a partir de modelos de sedimentação e erosão acoplados ao modelo hidrodinâmico.

A redução da velocidade de água resultante dos hidrogramas A e B e zonas de expansão de fluxo na rede de canais devem induzir ao acúmulo de sedimentos nos canais e pedrais. Destacam-se as áreas de expansão de fluxo, as quais caracterizam-se pela redução da velocidade média e da potência unitária (Equação 1) da corrente (Bagnold, 1966).

$$\omega = \frac{\rho g Q S}{b} \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde:

ω = potência unitária

Q = vazão

S = declividade da superfície da água

ρ = densidade do fluido

g = aceleração da gravidade

b = largura do canal

A redução da potência por área do fundo do canal e da velocidade do fluxo implicam na perda de capacidade de transporte das frações de maior granulação e deposição de sedimentos (North, 2012). A relação entre a granulação transportada ou depositada por uma corrente e sua velocidade de fluxo é dependente do conceito de cisalhamento crítico para transporte de uma determinada granulação. O cisalhamento de fundo para um trecho de canal pode ser aproximado por (Equação 2):

$$\tau_b = \rho ghS \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde:

τ_b = cisalhamento de fundo

h = profundidade do canal

O mesmo cisalhamento crítico pode ser aproximado por (Equação 3):

$$\tau_b = \rho C_f (\underline{u})^2 \quad (\text{Eq. 3})$$

Onde:

u = velocidade média do fluxo

C_f = fator de fricção de Darcy-Weisbach

A relação empírica entre a mediana do diâmetro da granulação (D) do sedimento que uma corrente transporta e o cisalhamento de fundo é (Equação 4):

$$\rho ghS = 0,06(\rho_s - \rho)(g)(D) \quad (\text{Eq. 4})$$

Desta forma, a mediana do diâmetro da granulação transportada é proporcional ao quadrado da velocidade do fluxo, de modo que a perda de velocidade por expansão de fluxo implica em uma redução drástica da capacidade de transporte.

A predição das zonas de acúmulo de sedimentos assim como a extensão e velocidade de recobrimento de pedrais por sedimentos dependerão da hidrodinâmica dos canais (vazão e geometria), granulação dos sedimentos disponíveis para transporte e descarga sedimentar vinda de montante, que inclui o Bacajá, o reservatório da barragem Pimental (reservatório Xingu) e os setores deposicionais. Sob as vazões reduzidas dos Hidrogramas A e B, pode-se inferir que a carga em suspensão do reservatório Xingu e a erosão das planícies aluviais do Bacajá podem ser os principais contribuintes de sedimentos para assoreamento dos pedrais do setor erosivo. Zonas mais propícias à acumulação de sedimentos sob as vazões dos hidrogramas A e B podem ser previstas a partir das velocidades do fluxo derivadas do modelo hidrodinâmico e da topografia do leito do TVR.

3. AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS E SOCIAIS NOS CENÁRIOS DE VAZÃO REDUZIDA APRESENTADOS

3.1. Impactos sobre a vegetação aluvial

Segundo a classificação dos ambientes presentes na área estudada, os ambientes sazonalmente alagáveis são a Floresta Ombrófila Densa Aluvial (Dbu, 25,6% da área total) e a vegetação denominada "Formações Pioneiras com Influência Fluvial e/ou Lacustre" (Paas, 25,8% da área total). Esta última é dividida em 3 classes (porte arbustivo, porte arbustivo/arbóreo e porte arbustivo em associação com Dbu). Dentre essas 3 classes, apenas a última (2,4% da área total) é quantificada quanto à perda do alagamento sazonal. No entanto, as formações pioneiras são únicas e importantes para a manutenção dos processos ecológicos na área, sendo necessária a quantificação da porção total das áreas de Paas que deixarão de ser alagadas sazonalmente em cada cenário hidrológico. Tratam-se de áreas reconhecidamente importantes para a alimentação de peixes e quelônios, em períodos específicos do ciclo hidrológico natural do rio Xingu.

Segundo o Modelo Digital de Terreno aplicado sobre a classificação de ambientes mencionada acima, o Hidrograma A proposto pelo empreendedor causa seca permanente de cerca de 80% da área de floresta de igapó (Floresta Ombrófila Densa Aluvial, Dbu), enquanto que o Hidrograma B causa seca permanente de cerca de 70% da área de floresta de igapó (Floresta Ombrófila Densa Aluvial, Dbu). A seca permanente (ou seja, o

não alagamento em nenhum momento ao longo do ciclo hidrológico anual) tem como consequência, a longo prazo, a morte da floresta de igapó, o que pode se verificar com o detalhamento descrito a seguir, o qual é baseado principalmente nos estudos conduzidos através do monitoramento das florestas de igapó que deixaram de ser alagadas como consequência da conclusão do processo de barramento do rio Uatumã pela UHE Balbina em 1989.

Conforme experiência obtida em estudos dos impactos de barragens na vegetação de rios de água preta, especialmente na UHE Balbina (Rio Uatumã), a redução da área de alagamento máximo nas Florestas de Igapó (Dbu), de cerca de 14.000 ha (cheia média natural, Anexo 7 do documento NE-PR-SSAI-0268-0-RT) para aproximadamente 3.000 ha (cheia - Hidrograma A, Anexo 7) ou 4.400 ha (cheia - Hidrograma B, Anexo 7), poderá causar perda significativa de espécies arbóreas de igapó na Floresta Ombrófila Densa Aluvial periodicamente inundada.

Espécies de árvores de igapó, como *Swartzia* spp., *Eschweilera* spp., *Macrobium* spp., *Aldina* spp., e outras espécies arbóreas indicadoras nas cotas entre 50-270 dias de inundação por ano irão sofrer mortalidade em massa. Esta mortalidade começará, nos primeiros indivíduos, entre 3-5 anos após a alteração do regime natural de inundação, e deverá continuar ocorrendo durante os 20 anos seguintes (Assahira et al. 2017, Resende et al. 2020). Estas espécies não conseguirão mais regenerar/competir sem inundação periódica, e serão localmente extintas. Por serem bem adaptadas às inundações periódicas, estas espécies são extremamente vulneráveis às secas severas e/ou permanentes (Fontes et al. 2020), de modo que serão substituídas, gradualmente, por espécies secundárias de terra firme, provenientes do terraço fluvial e/ou áreas elevadas adjacentes, como a palmeira *Attalea* spp. (Rocha et al. 2019, Lobo et al. 2019). O resultado será a perda de espécies localmente endêmicas em florestas aluviais e, uma significativa perda para as cadeias alimentares, especialmente pela supressão da oferta regular e previsível de frutos e diásporos, que servem de alimento para muitas espécies de peixes (além de outros animais, incluindo aves, quelônios e mamíferos aquáticos e terrestres). A mortalidade em massa também emitirá para a atmosfera o carbono estocado na biomassa vegetal, fato ainda não considerado nos balanços de gases de efeito estufa, que geralmente são calculados apenas para a área dos reservatórios

(não incluindo as emissões decorrentes da perda dos estoques de biomassa a jusante das barragens) (Schöngart et al. *no prelo*).

Quanto às formações pioneiras arbóreo-arbustivas que crescem em pedrais, cuja proporção que será sujeita à seca permanente não foi quantificada no modelo, a ausência de alagamento anual também pode causar perda significativa de biodiversidade vegetal. Os indivíduos pioneiros sobre formações rochosas têm raízes longas ou profundas para alcançar o nível do rio/nível freático em período de estiagem. Estas formações contêm um elevado número de espécies endêmicas. Com a vazão diminuída, parte significativa dos indivíduos corre o risco de perder o contato com a água, o que resultará em elevadas taxas de mortalidade. Este processo não é reversível, já que nenhuma espécie arbórea-arbustiva será capaz de se estabelecer nestes habitats no futuro. Muitas destas espécies produzem frutos que compõem a dieta de peixes, quelônios e mamíferos aquáticos (como as mirtáceas *Myrciaria dubia*, *Eugenia* spp.).

Além disso, mesmo a vegetação (florestal ou arbustiva) das áreas que permanecerão sendo alagadas periodicamente deverão ser impactadas pela implantação dos Hidrogramas A e B. Isso ocorre pois a composição e estrutura dessas formações também são influenciadas pelo tempo em que a vegetação permanece total ou parcialmente inundada, assim como pela altura da coluna d'água. Considerando que tanto tempo como nível de inundação serão severamente alterados nos cenários previstos por estes hidrogramas, são esperadas mudanças importantes nessas comunidades.

É importante enfatizar, ainda, que neste cenário de vazão profundamente alterada, um fator crucial será reproduzir o regime hidrológico natural considerando a sua previsibilidade e regularidade temporais: todas as espécies arbóreas das áreas alagáveis amazônicas estão adaptadas ao pulso de inundação regular e previsível, com a sua fenologia vegetativa (troca de folhas) e reprodutiva (produção de flores & frutos), entre outras adaptações mais específicas, como adaptações morfo-anatômicas. Se o regime natural não for reproduzido de forma adequada (em regularidade, previsibilidade e amplitude), os genótipos não podem reagir às mudanças fenológicas - o resultado será a fisiologia alterada, o que resulta em perda de produtividade, problemas na estocagem de reservas e perdas no potencial regenerativo, fatores que levam, em soma, à morte dessa vegetação em médio a

longo prazo. Importante mencionar que, uma vez iniciado este processo, a área deverá permanecer sem cobertura florestal, pois nenhuma espécie Amazônica poderá se estabelecer em paisagem dominada por regime de inundação imprevisível.

Os impactos da perda e/ou substituição de espécies aluviais ainda são muito pouco estudados, e não se sabe como as cadeias tróficas reagirão a estas perdas de espécies arbóreas. Além da alteração do regime de inundação, outros fatores, como a diminuição do material em suspensão/redução do aporte de sedimentos, a longo prazo, têm tanto impacto físico (perda de habitats, como os bancos de areia) quanto químico (fertilidade alterada no substrato aluvial). Também existem impactos micro-climáticos bem conhecidos para a fauna aquática (p. ex. aumento da temperatura da água), mas desconhecidos para a flora (do fitoplâncton até as espécies arbóreas).

3.2. Impactos sobre a fauna terrestre associada aos ambientes alagáveis

Os ambientes alagáveis sustentam uma fauna especializada, ou seja, espécies que não utilizam os ambientes estritamente aquáticos (permanentemente alagados) nem os ambientes que não são submetidos a inundações periódicas (terra firme) (Latrubesse et al. 2020). O grupo para o qual essa fauna especializada é mais conhecida são as aves, com cerca de 200 espécies típicas de ambientes alagáveis na Amazônia (Laranjeiras et al. 2019, Remsen & Parker III 1983, Rosenberg 1990). O rio Xingu sustenta populações de várias destas aves especialistas. Com as drásticas mudanças de vazões no TVR postuladas pelos Hidrogramas A e B e conseqüente impacto sobre as comunidades vegetais (de porte florestal ou arbustivo), esta avifauna sofrerá dois tipos de impacto: 1- extinção das populações locais; e 2- perda de conectividade entre as populações que ocorrem nos ambientes aluviais a montante e a jusante do reservatório na calha do rio Xingu (barragem Pimental).

Em relação à extinção local (1), é importante notar que muitas linhagens da fauna Amazônica ainda não são conhecidas e muitas delas podem representar espécies não descritas. Essa diversidade críptica tem sido revelada por estudos realizados com várias espécies de aves especialistas de ambientes aluviais (ex. Thom et al. 2020). Há pelo menos

uma linhagem de ave especialista em igapós (*Knipolegus orinocensis xinguensis*) endêmica do rio Xingu e recentemente reconhecida como uma espécie distinta, com base em estudos genéticos (Schultz et al. *in prep.*) e estudos que estão em andamento envolvendo outras linhagens endêmicas.

Em relação à conectividade (2), é importante notar que os impactos sobre os ambientes alagáveis na Volta Grande se somam aos impactos de perda de ambientes alagáveis no reservatório de Pimental devido ao alagamento permanente. O alagamento permanente causa a mortalidade em massa da vegetação, que não têm mais fases terrestres disponíveis (Assahira et al. 2017). Sendo assim, a degradação gradual dos ambientes alagáveis na Volta Grande tornará ainda mais grave a perda de conectividade para a fauna especialista em ambientes alagáveis. Estudos recentes confirmam que as espécies de aves especialistas em florestas alagáveis, especialmente as insetívoras com baixo poder de dispersão, deixam de ocorrer nas áreas afetadas pelas alterações no ciclo de inundação (Melo et al. submetido). Além disso, o primeiro estudo de regionalização da avifauna associada a ambientes alagáveis na Amazônia mostrou que a avifauna do médio e baixo Xingu e parte do baixo Rio Amazonas apresenta características singulares, que a distingue de outras regiões da Amazônia (Laranjeiras 2019). Assim, a quebra de conectividade causada pelo complexo hidrelétrico de Belo Monte pode significar o isolamento entre populações a montante e a jusante do reservatório gerado pela barragem Pimental. Essas subpopulações isoladas a montante do reservatório podem não ter variabilidade genética suficiente para sobreviver em médio e longo prazo (Thom et al. 2020). Os impactos sobre as as espécies de ambientes aluviais, portanto, se manifestará em área muito superior àquela diretamente afetada pelo empreendimento.

Desse modo, a conservação de ambientes alagáveis, que garantam as condições mínimas para a manutenção de populações viáveis de especialistas na Volta Grande do Xingu, tem a função, não apenas de evitar eventos de extinção local, como também de manter a conectividade entre populações a montante e a jusante do reservatório na calha do Xingu. A supressão de 70 a 80% da vegetação de floresta alagável no TVR aumenta em pelo menos 100 km a barreira efetiva entre essas populações, que soma-se à extensão do reservatório a montante de Pimental.

3.3. Impactos sobre a fauna aquática

O modelo hidrodinâmico demonstra a existência de uma relação positiva forte entre a vazão e o alagamento dos terrenos aluviais, como já mencionado, ficando evidente que os Hidrogramas A e B impedirão o acesso a 70-80% das áreas alagáveis, onde os peixes e os quelônios se alimentam e acumulam reservas energéticas para suportar o período de estiagem. Também vai comprometer de forma drástica a reprodução de muitas espécies de peixes que utilizam essas áreas para desovar. A modelagem hidrodinâmica, portanto, deveria ter incluído cenários para diversas vazões acima de 8000m³/s, considerando a implementação de hidrogramas de forma mais gradual, com o devido acompanhamento dos impactos. Nessa perspectiva, seria fundamental conhecer a extensão das áreas alagadas sob vazões entre 10000m³/s e 16000m³/s (para integração com os cenários gerados para vazões de ~17000 e 20000 m³/s), possibilitando a avaliação gradual dos efeitos de implementação de um hidrograma que atendesse aos princípios da prudência e da precaução. Além disso, como consta nos Estudos Complementares (pág. 63 do documento NE-PR-SSAI-0268-0-RT), alguns ambientes apresentam pouca variação altimétrica. Isso significa que estas áreas, basicamente, alagam de uma vez, dentro de estreita faixa de vazão/cota. É fundamental que seja garantida uma descarga que represente coluna d'água de 1 m acima desta cota de alagamento, garantindo amplo acesso da fauna aquática a esses ambientes. Isso reforça a necessidade de gerar cenários adicionais de alagamento dentro do intervalo de vazão mencionado acima.

Além disso, o hidrograma do rio Xingu na Volta Grande deveria mimetizar a amplitude histórica de vazões, incluindo a ocorrência eventual/periódica de volumes de água equivalentes às vazões máximas históricas. Isso poderia fazer considerável diferença na redução da mortalidade da comunidade vegetal destes ambientes, inclusive garantindo a dispersão de sementes, realizada, em grande parte, pela fauna aquática. Por outro lado, a previsibilidade do ciclo anual de variação de vazão é importante para a fauna aquática de maneira geral, pois é produto de uma interação sazonal previsível com as planícies de inundação marginais ou em ilhas, com um período de enchente e preenchimento dos ambientes, seguido pela cheia e, finalmente, uma vazante que, no Xingu, tende a ser mais

abrupta. Oscilações abruptas e irregulares/imprevisíveis na descarga/vazão, e consequentemente na cota, significam uma ameaça e a possibilidade de que os animais aquáticos fiquem presos em poças, lagoas e canais. A tendência é que os animais abandonem as áreas alagáveis e se abriguem nos canais de onde vieram, interrompendo sua alimentação e, mais grave ainda, os ciclos reprodutivos. Estas oscilações muito possivelmente irão impedir o recrutamento populacional da maioria dos peixes que se reproduzem durante o inverno amazônico (período de chuvas) nas áreas inundáveis.

Estes modelos deveriam ter sido realizados à época do EIA (2009), inclusive para subsidiar cenários de hidrogramas possíveis e a própria viabilidade financeira do empreendimento considerando desvios menores da água da Volta Grande. O texto dos Estudos Complementares sugere que os resultados corroboram o EIA (2009), que os teria preconizado “em termos qualitativos” (pág. 145). O que o modelo hidrodinâmico de fato demonstra é que as vazões dos Hidrogramas A e B se mostram ecológica e socioambientalmente inviáveis, incapazes de manter as funções ecológicas, a reprodução do modo de vida e a qualidade de vida dos ribeirinhos e indígenas, e evitar o desaparecimento de diversas espécies, provocando inclusive extinções biológicas. Mesmo com suas limitações e a necessidade de correções e de novas modelagens, o que fica demonstrado é que a implementação dos Hidrogramas A e B provocaria o fim do pulso de inundação na maior parte dos ambientes alagáveis, o que levaria à degradação destes ambientes, a uma drástica redução dos estoques pesqueiros, do desaparecimento de diversas espécies, algumas endêmicas, e do comprometimento da segurança e da autonomia alimentar das populações indígenas e ribeirinhas, assim como das suas fontes de renda provenientes da pesca de consumo e ornamental.

Sobre os estudos do EIA (2009) que apontam a observação de peixes desovando em fevereiro de 2008 (pág. 219), ocasião com vazão em torno de $8000\text{m}^3/\text{s}$, e que haviam amplos ambientes de inundação (lagos e remansos) “... *fundamentais para que a desova ocorra*”. A ocorrência de desova de peixes sob essa vazão, no início da enchente do rio Xingu, não é surpreendente. Algumas espécies de peixes sincronizam a desova com o início da subida do nível do rio, principalmente alguns peixes piscívoros, cujas larvas têm tempo para crescer e atingir rapidamente um tamanho suficiente para se alimentar de larvas de

outras espécies que desovam mais tardiamente. Entretanto, todas essas larvas e jovens de peixes precisam acessar e permanecer em ambientes alagáveis conectados ao rio durante 4 a 6 meses, até que cresçam e possam ocupar habitats permanentes na calha do rio. Ou seja, não basta que haja água/vazão para atingir as áreas alagáveis; é fundamental que o nível da água se mantenha alto por tempo suficiente para que esses ambientes permaneçam conectados e permitam a sobrevivência dos peixes jovens e seu retorno ao rio Xingu. Sem isso, a maior parte da nova geração de peixes estará fadada à morte, comprometendo o processo de recrutamento populacional e, como decorrência, os estoques pesqueiros locais.

Sobre a decisão de se escolher o tracajá (*Podocnemis unifilis*) como a única espécie a ser monitorada em toda a área de influência (com exceção do trecho a jusante de Belo Monte), esta foi uma das maiores falhas do PBA. Foi imposta pela contratante uma avaliação focada apenas nos podocnemidídeos, enfatizando o tracajá, a tartaruga (*Podocnemis expansa*) e a pitiú (*Podocnemis sextuberculata*) no baixo Xingu, e o tracajá ao longo de toda a área de influência. É uma estratégia equivocada, por dois motivos: primeiro, não enfatiza a diversidade do grupo dos quelônios, composto por 18 espécies, dez delas (oito aquáticas e duas terrestres) documentadas durante o EIA (2009); Segundo, o tracajá é uma espécie generalista, que pode ser favorecida por impactos ambientais que afetam a biota como um todo, ocupando nichos de espécies que tiveram suas populações reduzidas ou que foram localmente extirpadas. Este fenômeno é conhecido na literatura e já foi observado em quelônios, em áreas impactadas por empreendimentos (ver revisão em Moll & Moll 2004). Portanto, utilizar o tracajá como indicador de impactos em quelônios é inadequado. A comunidade aquática como um todo deveria ter sido monitorada desde o início.

Em suma, o tracajá, como espécie generalista e oportunista, altamente adaptável, não é indicador adequado de qualidade ambiental. Contudo, a espécie tem elevada importância para a subsistência das populações ribeirinhas e indígenas, e seu monitoramento deve ser conduzido em função disso. Resta, entretanto, monitorar os impactos sobre a diversa comunidade de quelônios aquáticos, em especial na Volta Grande do Xingu. Apesar dessas características ecológicas e da resiliência da espécie a impactos ambientais, até mesmo a tracajá tem sofrido impactos negativos.

4. OBSERVAÇÕES ESPECÍFICAS E RECOMENDAÇÕES

A avaliação detalhada das consequências da variação de vazão para os ambientes da Volta Grande do Xingu dependerá da apresentação de estimativas de área de alagamento dos dois tipos principais de vegetação aluvial (Floresta Ombrófila Densa Aluvial, Dbu e Formações Pioneiras com Influência Fluvial e/ou Lacustre, Paas) derivados do modelo hidrodinâmico para intervalos regulares de vazão (incremento de 500 em 500 m³/s, por exemplo). Entretanto no relatório não são apresentadas estimativas de área de alagamento no largo intervalo entre vazões de 8.546 e 17.294 m³/s (Anexo 7). Apenas de posse dessas informações será possível identificar em quais intervalos de aumento de vazão acontece maior incremento no alagamento de cada tipo de ambiente. Este diagnóstico é fundamental para que se avalie em que descarga o alagamento realmente começa. Isto acontece porque, mesmo considerando a irregularidade do terreno, existem extensas áreas de baixa declividade e, portanto, que são repentinamente alagadas. O Hidrograma a ser adotado precisará garantir o alagamento pleno destas áreas por pelo menos dois meses, para que tenha êxito na manutenção dos processos ecológicos, conforme exigido e garantido pela Constituição.

Mesmo com ausência das estimativas de alagamento dos diferentes ambientes para intervalos regulares de vazão no relatório apresentado, a análise dos resultados dos Estudos Complementares permite deduzir os seguintes aspectos:

1- Existência de forte heterogeneidade espacial das condições hidrodinâmicas da Volta Grande. Esta heterogeneidade deve ser considerada em estudos para monitorar o efeito de hidrogramas em teste.

2- As vazões postuladas pelos Hidrogramas A e B acarretarão na perda de 70-80% das florestas aluviais (Dbu). Contudo, destaca-se que estas estimativas são baseadas puramente na área de inundação e não consideram os efeitos ecossistêmicos da redução da altura e duração da inundação sobre a área remanescente de floresta aluvial (20 a 30%). A médio-longo prazo, a perda da conexão hidráulica entre canais e floresta aluvial pode levar a perdas ainda maiores desses ecossistemas.

3- A redução da velocidade média da água ocasiona perda de habitats lóticos e fragmentação dos habitats de pedrais a médio-longo prazo por acúmulo de sedimentos. Estimativas da velocidade da perda de habitats lóticos e de pedral necessitam de estudos hidrossedimentológicos. Recomenda-se atenção especial para os efeitos dos Hidrogramas A e B nos habitats de pedral, visto que este tipo de habitat foi eliminado na área do reservatório Xingu, a montante da barragem Pimental.

4- O acúmulo de sedimentos em zonas de expansão de fluxo pode alterar rotas de navegação.

5- O isolamento hidráulico da região de São Pedro merece atenção especial devido ao efeito de remanso, que pode acelerar assoreamento de canais e formação de poças.

6- A floresta aluvial do baixo Bacajá pode sofrer redução imediata com a diminuição do efeito de remanso e aumento da declividade do nível d'água.

7- A redução do efeito de remanso no baixo Bacajá pode levar a alterações nas condições de navegação devido ao aumento da velocidade da água durante o pico de vazão e possível acúmulo de sedimentos na zona de expansão de fluxo na confluência Xingu-Bacajá.

8- A erosão do baixo Bacajá devido à redução do efeito de remanso pode aumentar o aporte sedimentar no Xingu a jusante e acelerar a perda de pedrais no trecho erosivo.

9- Os resultados apresentados nos Estudos Complementares parecem contradizer as premissas que sustentam as vazões mínimas e máximas postuladas pelos Hidrogramas A e B:

Vazão mínima do período de estiagem: *Deveria ser mantida uma vazão alta o suficiente no período de estiagem, de forma a manter o transporte fluvial. Este representa uma conexão da população do TVR com Altamira (pólo de referência na região), uma vez que se identificou que através da navegação os alunos chegam às escolas e se torna viável o atendimento em postos de saúde. A partir*

da modelagem de níveis e vazões no TVR, estabeleceu-se que esta vazão é de, pelo menos 700 m³/s (ANA, 2009).

As condições de navegação não dependem unicamente da vazão mínima de 700 m³/s, já que as alterações hidrodinâmicas devem alterar a profundidade do leito dos canais por acúmulo de sedimentos, principalmente nas zonas de expansão de fluxo e de remanso e nos canais do setor deposicional da margem esquerda.

Vazão máxima do Hidrograma A: *Pelo menos uma vez ao ano, devem ocorrer vazões suficientemente altas para inundar os pedrais existentes na Volta Grande. A inundação destes pedrais é fundamental para a sobrevivência do Acari-Zebra (*Hypancistrus zebra*), espécie de peixe ornamental que representa uma receita estimada de R\$1.000,00 por mês para cada pescador (o documento estima que 170 moradores da Volta Grande dependam da pesca ornamental ou de consumo). A vazão necessária para inundar os pedrais, obtida de medições de campo e modelagem de níveis, foi estabelecida em, pelo menos, 4000 m³/s (ANA, 2009).*

A permanência dos habitats de pedral depende da velocidade média da água durante o pico de inundação sazonal, que tem duração maior que 1 mês. A queda de velocidade sob vazões de 4000 e 8000 m³/s pretendidas para abril leva ao recobrimento de pedrais por sedimentos, além da alteração das condições limnológicas. A previsão das zonas de acúmulo de sedimentos pode ser feita a partir do modelo de velocidades, topobatimetria do leito e da caracterização granulométrica dos sedimentos em transporte no Xingu e afluentes. Neste sentido, a perda de áreas de pedrais efetivamente alagados durante a enchente com a aplicação do Hidrograma A seria potencializada negativamente pela profunda alteração da qualidade desses habitats para o Acari-Zebra e demais espécies de peixes reofílicos habitantes dos pedrais, em função do acúmulo de sedimentos (por meio do acúmulo de sedimentos nas frestas e cavidades utilizadas como abrigos e locais de desova; e por meio do recobrimento da

camada de periliton/perifiton presente nos pedrais submersos e que representa a fonte fundamental de alimento para a maioria das espécies que ocupam esses habitats).

Vazão máxima do Hidrograma B: *A cada dois anos, pelo menos, deve haver inundação das ilhas existentes na Volta Grande e de parte da planície de inundação, permitindo conexão hidráulica destes ambientes, deposição de nutrientes e desova de determinadas espécies de interesse comercial. Estas espécies, no entanto, são mais tolerantes do que o Acari, de forma que esta inundação não precisa ser anual. A inundação das ilhas e da maior parte da planície ocorre para vazões a partir de 8000 m³/s.*

Vazão de 8000 m³/s inunda cerca de 30% da floresta aluvial, conforme estimativa do modelo hidrodinâmico. Portanto, espera-se que 70% da floresta aluvial perca conexão hidráulica com o Xingu. Esta perda está concentrada no setor deposicional, que abrange as Terras Indígenas Paquiçamba e Arara da Volta Grande e comunidades ribeirinhas. Além disso, o argumento de que certas espécies de peixes são mais tolerantes a alterações ambientais na dinâmica sazonal de enchentes e vazantes não encontra sustentação na literatura científica, e tampouco há razões para se acreditar que a supressão de uma temporada reprodutiva (por ausência de água suficiente para inundar os pedrais) não afete negativamente a dinâmica populacional dessas espécies. Vale ressaltar que a atividade de exploração comercial de peixes ornamentais (principalmente de acaris habitantes dos pedrais) se baseia na captura de uma grande variedade de espécies, e que toda a cadeia produtiva pode ser negativamente afetada pelos efeitos deletérios decorrentes da aplicação dos Hidrogramas A e B. Finalmente, é preciso enfatizar que a modificação no projeto original do aproveitamento hidrelétrico de Belo Monte, com a preservação de um trecho de corredeiras da Volta Grande, visava à manutenção de condições ambientais favoráveis à conservação da biodiversidade única do rio Xingu e à reprodução do modo de vida das populações ribeirinhas e indígenas habitantes daquela região. Assim, as alterações ambientais diretas/imediatas por mudanças hidrodinâmicas e aquelas

decorrentes da alteração dos processos de transporte e deposição de sedimentos comprometem irremediavelmente essa possibilidade, com base nas condições decorrentes da eventual aplicação do chamado Hidrograma de Consenso.

10- O relatório apresentado compara a área de floresta de igapó estimada no EIA (2009) e novas estimativas do presente estudo, mas é importante notar que essa comparação não representa o estado de conservação nem a resiliência do igapó à perda de inundação, visto que, como apresentado acima, há um intervalo de tempo entre 5 e 30 anos para que as árvores que deixam de sofrer alagamento periódico sazonal morram. Sendo assim, o fato da floresta de igapó ainda ser observada nas imagens não significa que o ambiente está saudável nem que está provendo os serviços ambientais para a fauna associada e, portanto, para a população local.

11- É necessário quantificar a área de "Formações Pioneiras com Influência Fluvial e/ou Lacustre (Paas)" que será sujeita à seca permanente em cada nível de vazão, visto que essa classe de vegetação foi desconsiderada no relatório.

12- É necessário revisar a frequência permitida para alterações de vazão, já que uma média mensal permite variações subdiárias e diárias abruptas que desconfiguram o pulso de inundação sazonal, alterando os processos ecossistêmicos.

13- Por fim, recomendamos ajustar a vazão mínima de cheia para que uma porcentagem suficiente da área de ambientes alagáveis seja alagada todo ano com permanência durante todo o período de cheia. Isto é necessário para a manutenção de ambientes locais e de conectividade ao longo dos ambientes alagáveis do rio Xingu, bem como preservar os serviços do ecossistema para as populações humanas locais. Uma melhor estimativa do valor de vazão associado a essa recomendação depende de estimativas de alagamento para valores mais detalhados de vazão, tal como mencionado anteriormente, e de monitoramentos futuros, conforme detalhado no item 5 (a seguir).

5. PROPOSTA DE HIDROGRAMA PARA SER TESTADO NO TRECHO DE VAZÃO REDUZIDA

As mudanças hidrodinâmicas na Volta Grande do Xingu e no baixo Bacajá previstas com a aplicação dos Hidrogramas A e B são severas. A fim de reduzir riscos socioambientais, recomenda-se, por precaução, adotar hidrogramas menos reduzidos em relação às vazões naturais e monitorar os efeitos ecológicos e nas condições de navegação da Volta Grande do Xingu e afluentes, considerando as heterogeneidades espaciais descritas para o Xingu na Volta Grande e afluentes. Para isto, deve-se realizar redução progressiva das vazões em ciclos bianuais. Esta abordagem permitiria avaliar efeitos ecossistêmicos e sociais de forma gradual e minimizar o risco de perdas irreversíveis. Ciclos bianuais minimizam efeitos de eventuais condições hidrológicas atípicas na bacia do Xingu.

Assim, nossa proposta é que durante os meses de **janeiro, fevereiro, março, abril e maio** deve haver redução máxima de 20% de área alagada nos ambientes de Floresta Ombrófila Densa Aluvial (Dbu) e Formações Pioneiras com Influência Fluvial e/ou Lacustre (Paas) em comparação com a área que seria alagada na vazão média mensal para cada um desses meses registrada na série histórica (1971-2019, Q média - Quadro 8 do Relatório Técnico dos Estudos Complementares), garantindo assim o alagamento e tempo de permanência para manutenção de 80% desses ambientes ao longo da Volta Grande do Xingu, conforme princípio de precaução e resultados recentes sobre limiares de perda de ambientes e resiliência na Amazônia (Lovejoy & Nobre 2018). Esse cenário hidrológico deve ser executado por um período de teste de pelo menos 2 anos para monitoramento da biota aquática e da biota associada aos ambientes alagáveis. Com base nesse monitoramento, pode então ser avaliada a implementação de maior redução de área total alagada nos meses mencionados, sem ultrapassar um valor máximo de 40% de redução de área alagável nos dois anos subsequentes, garantindo assim preservação de ao menos 60% dos ambientes alagáveis da Volta Grande do Xingu durante o monitoramento. Devem também ser adotadas práticas para evitar variações abruptas subdiárias a diárias na vazão ao longo de cada mês, pois isso desestabiliza a dinâmica de alagamento e traz danos às populações locais.

É importante notar que a área de Paas alagada em valores específicos de vazão (intervalos de 500 ou 1000 m³/s) não foi informada no relatório apresentado e precisa ser estimada para que a recomendação acima possa ser implementada.

6. CONCLUSÕES

Considerando que as populações indígenas e ribeirinhas moradoras da Volta Grande do Xingu têm como fundamento de seu modo de vida a co-dependência com os processos ecossistêmicos da região, quaisquer alterações imponderadas, imprudentes e/ou precipitadas desses processos levam a cenários de fragilização desses povos num sentido amplo da expressão. Trata-se da imposição irreversível de perda da soberania alimentar das famílias locais que tende a ser agravada para as próximas gerações, de fragilização econômica associada à perda de biodiversidade vegetal e animal, além da perda de qualidade de vida e de saúde dessas e das próximas gerações. Além disso, há também que se considerar a perda de conhecimentos tradicionais intergeracionais associados a práticas de manejo não predatórias sobre os recursos ecossistêmicos da região, que definem a identidade de pertencimento e conectividade dessas populações com a Volta Grande do Xingu. Assim como muitas espécies endêmicas da Volta Grande do Xingu, sejam elas formações arbóreo-arbustivas que crescem nos pedrais, espécies exemplares da biodiversidade vegetal da floresta de igapó, espécies de peixes e avifauna, os povos indígenas e ribeirinhos dessa região dependem do equilíbrio ecossistêmico promovido pelo pulso de inundação, alagamento e vazão das águas do Xingu. É essencial que medidas para proteção desses regimes existenciais sejam adotadas, como define o princípio da precaução que rege o processo de licenciamento e monitoramento de impactos de obras de infraestrutura, como a UHE Belo Monte, para que os cenários de extinção, mortandade e perda irreversível de biodiversidade e dos regimes socioculturais dos modos de vida tradicionais possam ser evitados.

28 de janeiro de 2021

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Assahira, C., Piedade, M.T.F., Trumbore, S.E., Wittmann, F., Cintra, B.B.L., Batista, E.S., ... Schöngart, J. 2017. Tree mortality of a flood-adapted species in response of hydrographic changes caused by an Amazonian river dam. *Forest Ecology and Management* 396, 113-123. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.04.016>

Bagnold, R.A. 1966. An approach to the sediment transport problem from general physics (Geological Survey professional paper). US Geological Survey, U. S. Government.

Chanson, H. 2004. Hydraulics of Open Channel Flow. Butterworth-Heinemann, 650 p.

EIA-Leme, Eletrobrás, Eletronorte. 2009. EIA/RIMA Estudo de Impacto Ambiental da UHE Belo Monte.

Fontes, C.G., Fine, P.V.A., Wittmann, F., Bittencourt, P.R.L., Piedade, M.T.F., Higuchi, N., Chambers, J.Q. and Dawson, T.E. 2020. Convergent evolution of tree hydraulic traits in Amazonian habitats: implications for community assemblage and vulnerability to drought. *New Phytologist* 228, 106-120. <https://doi.org/10.1111/nph.16675>

Laranjeiras, T.O., Naka, L.N., & Cohn-Haft, M. 2019. Using river color to predict Amazonian floodplain forest avifaunas in the world's largest backwater river basin. *Biotropica* 51, 330-341. <https://doi.org/10.1111/btp.12650>

Latrubesse, E.M., d'Horta, F.M., Ribas, C.C., Wittmann, F., Zuanon, J., Park, E., Dunne, T., ... Baker, P.A. 2020. Vulnerability of the biota in riverine and seasonally flooded habitats to damming of Amazonian rivers. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*. <https://doi.org/10.1002/aqc.3424>

Lobo, G., Wittmann, F., Piedade, M.T.F. 2019. Response of Black-Water Floodplain (Igapó) Forests to Flood Pulse Regulation in a Dammed Amazonian River. *Forest Ecology and Management* 434, 110–18.

Lovejoy, T.E., Nobre, C. 2019. Amazon tipping point: Last chance for action. *Science Advances* 5: eaba2949.

Neves, J.R.D., Piedade, M.T.R., Feitosa, A., Yuri & Schöngart, J. 2019. Impact of climatic and hydrological disturbances on blackwater floodplain forests in Central Amazonia. *Biotropica* 51. <https://doi.org/10.1111/btp.12667>

North, C.P. 2012. Unconfined alluvial flow processes: Recognition and interpretation of their deposits, and the significance for palaeogeographic reconstruction. *Earth-Science Reviews* 111(s 1–2),199–223.

Paola, C. 2000, Quantitative models of sedimentary basin filling. *Sedimentology* 47, 121-178. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3091.2000.00006.x>

Remsen, Jr., J. V., & Parker III, T. A. 1983. Contribution of River-created Habitats to Bird Species Richness in Amazonia. *Biotropica* 15, 223-231. <https://doi.org/10.2307/2387833>

Resende, A.F., Piedade, M.T.F., Feitosa, Y.O., Andrade, V.H.F., Trumbore, S.E., Durgante, F.M., Macedo, M.O. and Schöngart, J. 2020, Flood-pulse disturbances as a threat for long-living Amazonian trees. *New Phytology* 227, 1790-1803. <https://doi.org/10.1111/nph.16665>

Rocha, M., de Assis, R.L., Piedade, M.T.F., et al. 2019. Thirty years after Balbina Dam: Diversity and floristic composition of the downstream floodplain forest, Central Amazon, Brazil. *Ecohydrology*, 12e2144. <https://doi.org/10.1002/eco.2144>

Rosenberg, G.H. 1990. Habitat specialization and foraging behavior by birds of Amazonian river islands in northeastern Peru. *The Condor* 92, 427-443.

Thom, G., Xue, A.T., Sawakuchi, A.O., Ribas, C.C., Hickerson, M.J., Aleixo, A., & Miyaki, C.Y. 2020. Quaternary climate changes as speciation drivers in the Amazon floodplains. *Science Advances* 6, eaax4718. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aax4718>

8- ASSINAM ESTE PARECER



Dr. Alberto Akama - Museu Paraense Emílio Goeldi, especialista em Zoologia, com ênfase em Sistemática de Siluriformes Neotropicais e Conservação das Espécies Animais;



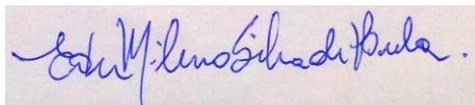
Dr. André Oliveira Sawakuchi – Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, especialista em Sedimentologia, Geologia do Quaternário e mudanças ambientais na Amazônia e sua relação com a biodiversidade;



Dra. Camila C. Ribas - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, especialista em biogeografia e evolução da biodiversidade na Amazônia;



Dra. Cristiane Costa Carneiro - Ministério Público Federal, especialista em ecologia aquática com ênfase em quelônios.



Dr. Eder Mileno Silva De Paula - Universidade Federal do Pará, especialista em Geografia Física, Hidrogeografia, Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto;



Dr. Fernando D’Horta – Pesquisador Associado ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, especialista em Zoologia e Genética com ênfase em Ornitologia e Biogeografia Histórica, com experiência em análise de impactos ambientais sobre a biota terrestre;



Dr. Jansen Zuanon - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, especialista em ecologia de peixes amazônicos;



Dr. Juarez Pezzuti – Universidade Federal do Pará, especialista em ecologia, etnoecologia e manejo de fauna, com ênfase em répteis aquáticos;



Dr. Ingo D. Wahnfried - Depto. de Geociências, Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal do Amazonas, especialista em hidrogeologia;



Dr. Renato Paes de Almeida - Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, especialista em dinâmica fluvial, com experiência em rios amazônicos;

ThaisRM

Dra. Thais Mantovanelli – Universidade Federal de São Carlos, antropóloga que monitora os impactos da UHE Belo Monte sobre os povos indígenas da Volta Grande do Xingu.

Colaborou com a avaliação dos impactos sobre a vegetação aluvial o Dr. Florian Wittmann – Karlsruhe Institute of Technology, especialista em Ecologia vegetal e Fitogeografia, que vem atuando principalmente nos seguintes temas: Amazonas, florestas inundáveis, várzea, sucessão, diversidade, manejo florestal, sensoriamento remoto, regeneração florestal, biomassa, estoques de carbono, e ecologia de populações;