

The text that follows is a REPRINT
O texto que segue é um REPRINT.

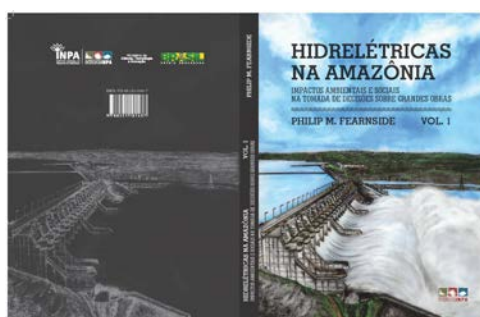
Fearnside, P.M. 2015. Impactos das barragens do Rio Madeira: Lições não aprendidas para o desenvolvimento hidrelétrico na Amazônia. pp. 137-151. In: *Hidrelétricas na Amazônia: Impactos Ambientais e Sociais na Tomada de Decisões sobre Grandes Obras. Vol. 1*. Editora do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Manaus, Amazonas, Brasil. 296 pp.

ISBN: print: 978-85-211-0143-7 online: 978-85-211-0151-2

Copyright: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia-INPA

The original publication is available from:
A publicação original está disponível de:

<http://livrariadoinpa.nuvemshop.com.br/> ou envie e-mail para: editora.vendas@gmail.com; editora@inpa.gov.br. Telefones: (92) 3643-3223, 3643-3438.



Download grátis em: http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/2015/Livro-Hidro-V1/Livro%20Hidrelétricas%20V.1.pdf

Tradução de:

Fearnside, P.M. 2014. Impacts of Brazil's Madeira River dams: Unlearned lessons for hydroelectric development in Amazonia. *Environmental Science & Policy* 38: 164-172. doi: 10.1016/j.envsci.2013.11.004

Capítulo 7

Impactos das Barragens do Rio Madeira: Lições Não Aprendidas para o Desenvolvimento Hidrelétrico na Amazônia

Philip M. Fearnside

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA).
Av. André Araújo, 2936 - CEP: 69.067-375, Manaus, Amazonas, Brasil.
E-mail: pmfearn@inpa.gov.br

Tradução de:

Fearnside, P.M. 2014. Impacts of Brazil's Madeira River dams: Unlearned lessons for hydroelectric development in Amazonia. *Environmental Science & Policy* 38: 164-172.. doi: 10.1016/j.envsci.2013.11.004

RESUMO

As barragens de Santo Antônio e Jirau, em construção no rio Madeira, terão impactos significativos, incluindo inundações na Bolívia devido à formação de um remanso superior a montante do reservatório de Jirau. Os reservatórios eliminam ecossistemas naturais, bem como bloqueiam a migração de peixes afetando a biodiversidade e a produção comercial, especialmente os grandes bagres do rio Madeira, que são recursos importantes na Bolívia e no Peru, assim como no Brasil. Mudanças nos regimes de inundação também afetarão os lagos de várzea e a pesca a jusante. A metilação de mercúrio e as emissões de gases de efeito estufa são problemas adicionais. Os reservatórios fazem parte de uma série planejada de hidrovias que, se concluída, abriria grandes áreas na Amazônia boliviana para plantio de soja, estimulando o desmatamento. As barragens têm impactos sociais significativos, incluindo o deslocamento da população ribeirinha e a eliminação dos meios de subsistência pela pesca. Apesar da equipe técnica responsável pelo licenciamento ambiental ter apresentado um parecer formal, considerando estas preocupações extremamente graves e insuficientemente estudadas para poder autorizar a construção da barragem, designados políticos aprovaram as licenças. As barragens do rio Madeira oferecem lições importantes para o controle ambiental no Brasil.

Palavras-chave: Barragens; Hidrelétricas; EIA, Impacto ambiental; Santo Antônio, Jirau; Aquecimento global

INTRODUÇÃO

O Brasil lançou um programa massivo de construção de barragens hidrelétricas, a maioria destas está focalizada na Amazônia Legal, com nove estados do País (Figura 1). Embora os planos para as represas e seu cronograma de construção estão em constante evolução, o resultado final é a conversão de praticamente todos os afluentes do rio Amazonas em cadeias contínuas de reservatórios nos dois terços da região no lado oriental (Fearnside, 2013a). O Plano Decenal de Expansão de Energia 2011-2020 solicitou 30 novas “grandes barragens” (definido no Brasil como > 30 MW) na região da Amazônia Legal até 2020 (Brasil, MME 2011, p. 285). Várias das pequenas barragens nesta lista foram adiadas para depois de 2021 no plano de 2012-2021, mas duas barragens muito grandes foram aceleradas para serem incluídas nesse ano, as

barragens para conclusão no intervalo de 2012-2021 na Amazônia Legal brasileira totalizam 17 (Brasil, MME, 2012, p. 77-78). Isso fará com que o número de grandes barragens concluídas e 29 na região da Amazônia Legal. Muitas outras grandes barragens planejadas não estão incluídas no Plano Decenal (Ver: Fearnside, 2014a).

As barragens planejadas na Amazônia (e em muitas outras partes do mundo) teriam muitos impactos, os quais precisam ser quantificados e pesados contra os benefícios esperados se decisões racionais fossem feitas. Muitos dos impactos caem sobre as populações locais que vivem ao longo dos rios que serão represados, enquanto os benefícios revertem para cidades distantes, por vezes, mesmo localizadas em outros países. Uma avaliação completa e justa dos impactos representa um componente importante de um processo de tomada de decisão capaz de equilibrar essas preocupações. Infelizmente, este ideal está longe de ser alcançado. O exame de um caso específico, as barragens de Santo Antônio e Jirau, no rio Madeira, oferecem um exemplo concreto dos problemas envolvidos e de lições não aprendidas para barragens futuras.

O rio Madeira é um dos maiores rios do mundo, embora seja um mero afluente do rio Amazonas. A vazão média do rio Madeira de 17.686 m³/s em Jirau é 24% maior do que a do rio Yangzi na altura da barragem de Três Gargantas, na China. A drenagem do rio Madeira acima das represas cobre partes de Brasil, Bolívia e Peru, totalizando 984.000 km², uma área maior que a França, Alemanha, Bélgica e os Países Baixos (Figura 1). O plano inicial era para construir uma única barragem alta na cachoeira de Santo Antônio, logo a montante de Porto Velho (Brasil, ELETROBRÁS, 1987; ver Fearnside, 1995). No entanto, o reservatório inundaria parte da Bolívia, e o plano foi alterado para dividir o trecho do rio entre a cachoeira de Santo Antônio e fronteira com a Bolívia em dois reservatórios menores: Santo Antônio e Jirau (PCE *et al.*, 2002). As barragens de Santo Antônio, de 3.150 MW, e de Jirau, de 3.750 MW, são projetos a fio d'água com turbinas do tipo bulbo, permitindo reservatórios menores do que as barragens tradicionais de armazenamento com turbinas Kaplan ou Francis. Um Estudo de Viabilidade foi elaborado (PCE *et al.*, 2004), simultaneamente com um Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) e um Estudo de Impacto Ambiental (EIA) (FURNAS *et al.*, 2005a,b), conhecido, em conjunto, como o “EIA/RIMA”. Esses e outros documentos

técnicos do governo citados neste artigo estão disponíveis em http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/Dossie/Mad/BARRAGENS%20do%20RIO%20MADEIRA.htm.

O processo de aprovação das licenças ambientais foi extremamente controverso (por exemplo, Switkes, 2008). Os técnicos do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), que é o órgão vinculado ao Ministério do Meio Ambiente, responsável pelo licenciamento, apresentou um parecer técnico de 221 páginas se opondo à aprovação da Licença Prévia (Deberdt *et al.*, 2007) e um parecer 146 páginas contra à aprovação da Licença de Instalação (Brasil, IBAMA, 2008), mas, em ambos os casos, eles foram sumariamente rejeitados por indicados políticos. As concessões para as barragens foram ganhas por consórcios diferentes. Santo Antônio está sendo

construída e operada por Santo Antônio Energia, que é composto por Furnas (39%), FIP (formado pelos bancos Santander e Banif) (20%), Odebrecht (18%), Andrade Gutierrez (12%) e Cemig (10%). O consórcio de Jirau é da Energia Sustentável do Brasil (ESBR), que é composta por GDF Suez (60%), Eletrosul (20%) e Chesf (20%). Em 2 de julho de 2013 o governo brasileiro aprovou uma proposta de venda de uma participação de 20% pela GDF Suez (da França) para a Mitsui (do Japão). A construção das estruturas das barragens está atualmente em fase de conclusão em ambos os locais, embora a instalação das turbinas continuará durante vários anos. A geração de eletricidade a partir das primeiras turbinas começou em dezembro de 2011 em Santo Antônio e em setembro de 2013 em Jirau.

Entre as controvérsias que cercam a decisão do Ministério das Minas e Energia de construir

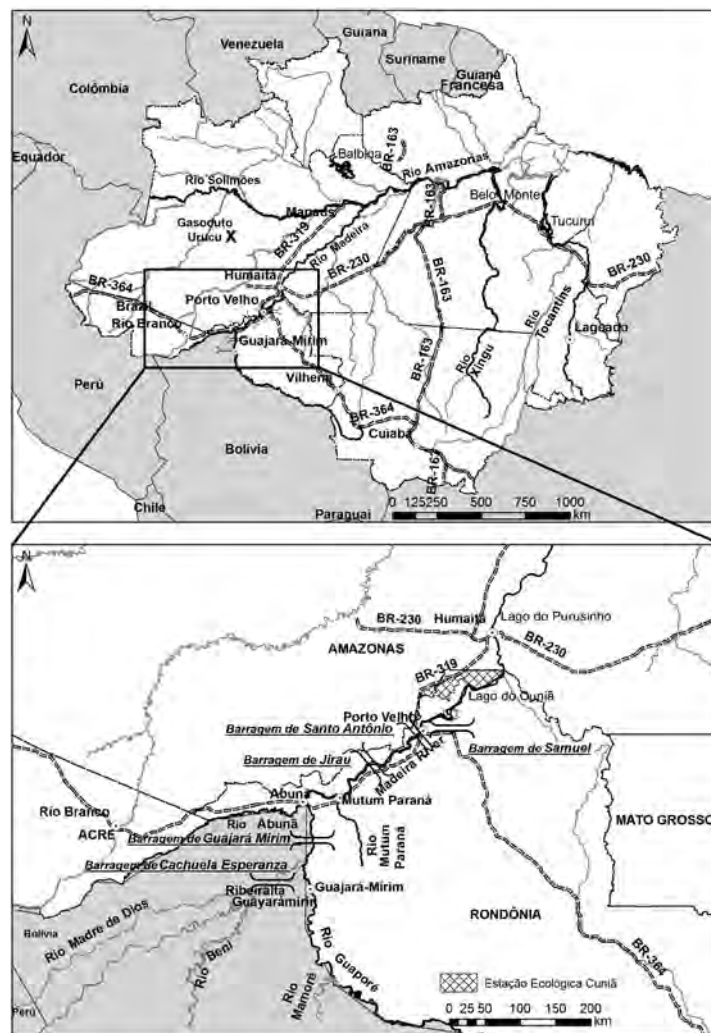


Figura 1. Locais mencionados no texto.

as barragens e ao licenciamento ambiental pelo IBAMA é a adequação das informações sobre os impactos e o grau de imparcialidade em sua apresentação e interpretação. O objetivo do presente trabalho é examinar os possíveis impactos dessas barragens e identificar lições que podem servir para melhorar a tomada de decisão sobre o desenvolvimento hidrelétrico na Amazônia.

Inundações na Bolívia

A extremidade superior do reservatório de Jirau está na fronteira entre o Brasil e a Bolívia. O plano de gestão de água anunciado para Jirau reduziria o nível de água durante parte do ano, a fim de evitar que o reservatório propriamente dito inundasse na Bolívia. No entanto, embora não seja admitido no cenário oficial, é provável que se forme um trecho de remanso superior (“*backwater stretch*”), onde o acúmulo de sedimentos no início do reservatório impedirá o fluxo de água e eleva o nível da água do rio acima do reservatório em si, assim inundando na Bolívia (ver Anexo A). O cenário para a sedimentação mudou radicalmente ao longo do licenciamento das barragens, com fortes indícios de um papel importante de interferência política (Fearnside, 2013b).

Perda de ecossistemas naturais

Foi repetida constantemente em discussões sobre as barragens que o nível da água não subiria acima do nível de inundação “natural”. Este não é o caso: como é indicado nos relatórios, o nível nas áreas acima de cada barragem é de aproximadamente 3,5 m acima do nível máximo de inundação (que, por sua vez, é significativamente mais elevado do que o de inundação “normal” que a população tem uma referência). A apresentação da comparação com a inundação natural implica que a área real das barragens é de apenas 281 km², que se estende além do leito do rio, incluindo a várzea natural.

Grande parte da planície de inundação do rio Madeira é coberta por floresta inundada (floresta de várzea), que é adaptada para ficar debaixo d’água durante um período de vários meses a cada ano. No entanto, esta floresta não está adaptada para ser subaquática durante o ano todo, e morreria quando inundada permanentemente por uma represa. O impacto do reservatório é, portanto, toda a área inundada (271 km² em Santo Antônio + 258 km²

em Jirau = 529 km²), cerca do dobro dos números muitas vezes apontados ao descrever o projeto (138 km² em Santo Antônio + 110 km² em Jirau = 241 km²) (por exemplo, Machado, 2003).

A avaliação do impacto da perda de florestas de várzea e de outros ecossistemas ribeirinhos depende muito da qualidade dos levantamentos das espécies de plantas presentes. Infelizmente, a parte botânica do EIA/RIMA tinha graves deficiências na sua utilização de pessoal sem treinamento botânico, que foram trazidos de partes da Amazônia que são botanicamente diferentes do local em estudo, e devido à não-adesão aos protocolos para a coleta e depósito de espécimes, de tal forma que é impossível verificar as identificações utilizadas no levantamento, essas tendo sido feitas apenas visualmente no local. Esta parte do EIA/RIMA recebeu as críticas mais devastadoras de peritos independentes que participaram no relatório do Ministério Público sobre o EIA-RIMA (Hopkins, 2006).

Impacto sobre os peixes e a pesca

Uma extensa pesquisa sobre peixes apoiada pelos projetos de barragens encontrou cerca de 800 espécies na porção brasileira da bacia do rio Madeira, 40 delas eram novas para a ciência (Lopes, 2011). Felizmente, a proporção que é endêmica ao Madeira é menor do que se pensava anteriormente, o que significa que a maioria das espécies também ocorre em outros rios amazônicos e não desapareceria como espécie, se as populações na bacia do rio Madeira fossem eliminadas. A classificação como uma espécie “não endêmica” não significa que a eliminação da população do rio Madeira estaria sem riscos para a sobrevivência da espécie. As muitas outras barragens propostas, que converteriam a maior parte dos afluentes na Amazônia brasileira em cadeias de reservatórios, poderiam eliminar, potencialmente, espécies de peixes que não são endêmicas ao rio Madeira.

O impacto sobre a biodiversidade está separado da perda da pesca comercial para os grandes bagres migradores. Este grupo engloba várias espécies da família Pimeloididae, inclusive dourada (*Brachyplatystoma rouxeauxii*), pirarara (*hemiliopterus Phractocephalus*), filhote (*B. filamentosum*), caparari (*Pseudoplatystoma tigrinum*) e surubim (*P. fasciatum*) (FURNAS *et al.*, 2005b: Tomo B, Vol. 1, p. III-147). Barthem e Goulding (1997, ver também Barthem *et al.*, 1991) fizeram um estudo detalhado

da migração anual de dourada (*Brachyplatystoma rouxeauxii*) e piramutaba (*B. vaillantii*). Antes das barragens, estas duas espécies comercialmente importantes de grandes bagres subiam o rio Madeira a cada ano para se reproduzir nas cabeceiras dos afluentes superiores, como os rios Beni e Madre de Dios. Os alevinos (peixes recém-nascidos) desciam os rios à deriva e ficavam para se alimentar e crescer até a maturidade no baixo Amazonas. Escadas de peixes têm sido utilizadas (nem sempre com sucesso) para espécies migradoras, tais como o salmão, mas as exigências do grande número de espécies de peixes amazônicos, incluindo os bagres gigantes, são, sem dúvida, diferentes, e um dispositivo de transposição de peixes para estas espécies ainda não havia sido testado.

O EIA/RIMA não menciona quais seriam as consequências se o dispositivo de transposição de peixes não funcionar para os grandes bagres. O relatório não tira a conclusão óbvia de que as populações de peixes na Bolívia e Peru seriam drasticamente reduzidas. As consequências para as populações de peixes no próprio rio Amazonas são incertas, especialmente se outros afluentes também forem repressados como planejado.

O dispositivo de transposição de peixes não é uma escada, mas sim um canal com obstáculos e velocidades da água semelhantes àquelas no rio natural, no caso da barragem de Santo Antônio. No caso da barragem de Jirau, os peixes não sobem a passagem, inaugurada em julho de 2012, que não fez todo o caminho até o reservatório: a passagem termina em um grande recipiente de metal, que é depois transportado por caminhão e esvaziado no reservatório acima. O melhor que se pode esperar é que o dispositivo pode funcionar para os peixes adultos que migram rio acima, mas não iria funcionar para a descida dos ovos e larvas que seguem a jusante a deriva. Normalmente, as larvas descem a jusante fluando, e, depois de dois anos de crescimento, os peixes são capazes de migrar até as cabeceiras para desovar. Mesmo que as passagens para peixes em Santo Antônio e Jirau fossem completamente bem-sucedidas, ainda não se teria certeza sobre o destino da migração de bagres para o Peru, porque isso também depende dos peixes passarem também a barragem planejada de Cachuela Esperanza, na Bolívia. Além disso, os peixes teriam que passar com êxito pela barragem proposta de Guajará-Mirim (Cachoeira Ribeirão) para a desova ocorrer tanto na Bolívia como no Peru.

A migração em massa de peixes (piracema) foi completamente bloqueada em 2011 e parcialmente bloqueada no início de 2012. Uma das duas passagens de peixes planejadas em Santo Antônio foi concluída a tempo para a migração de peixes em 2012, mas a maioria das espécies de bagres, tais como a dourada, não foi vista subindo a passagem. Se milhares destes bagres gigantes migrarem através da passagem, seria óbvio, não havendo necessidade de quaisquer dispositivos especiais de controle. Os bagres são capazes de subir a passagem, como mostrado por testes com indivíduos capturados e soltos na parte inferior da passagem. No entanto, o pequeno volume de água na passagem é, aparentemente, insuficiente para atrair os peixes para a entrada, já que o seu instinto é de seguir a corrente principal do rio. Muitos relatos mencionados que os peixes tinham “desaparecidos” vêm de comunidades ao longo da parte superior Madeira e seus afluentes.

Mercúrio

O rio Madeira e seus afluentes foram o palco de uma grande corrida do ouro, onde os mineiros (garimpeiros) usaram o mercúrio para amalgamar partículas de ouro e separá-los dos sedimentos aluviais (por exemplo, Malm *et al.*, 1990; Martinelli *et al.*, 1988; Pfeiffer *et al.*, 1989, 1990). Durante a corrida do ouro na década de 1980 aproximadamente 100 t de mercúrio foram liberadas para o meio ambiente na região do rio Madeira (Bastos *et al.*, 2006). Embora a maior parte da atividade de mineração de ouro tenha sido no alto Madeira (acima de Porto Velho), os peixes e a população humana em todo o baixo Madeira, entre Porto Velho e a confluência com o rio Amazonas tinham altos níveis de mercúrio mais de uma década após o fim da corrida (Bastos *et al.*, 2006).

Nas áreas dos reservatórios de Santo Antônio e Jirau (que eram o foco da corrida do ouro da década de 1980), o mercúrio da corrida do ouro se acumulou no ponto onde o aluvião repousa sobre a rocha (a uma profundidade de cerca de 5 m nas áreas de mineração de ouro). Foi acumulado tanto mercúrio que os garimpeiros cavando a este nível não precisam mais usá-lo para amalgamar o ouro: já está amalgamado (Bruce R. Forsberg, comunicação pessoal). A possibilidade de que o mercúrio da corrida do ouro que atualmente reside nos sedimentos possa ser remobilizado por uma segunda fase de exploração mineira nesses sedimentos foi levantada pelos

opositores da barragem (Moret, 2006). Hoje os preços do ouro voltaram a níveis recordes, e esta mineração dos sedimentos tem sido, de fato, iniciada, mesmo no próprio reservatório de Santo Antônio (observação pessoal).

O impedimento do fluxo de água nos afluentes cria condições anóxicas, apropriadas para a metilação de mercúrio. A metilação transforma o mercúrio elementar na forma tóxica para os seres humanos, mesmo em quantidades ínfimas. O mercúrio se acumulou nos sedimentos, não só no próprio rio Madeira, mas também nos seus afluentes, especialmente no rio Mutum-Paraná (Forsberg & Kemenes, 2006). A cidade de Mutum-Paraná, na foz do rio, foi uma grande base para a construção e reparação de dragas, causando contaminação adicional.

O represamento deverá tornar a velocidade da água nos afluentes do rio Madeira muito mais lenta do que a diminuição da velocidade no próprio rio (Molina Carpio, 2008, p. 67). A consequente mudança nos afluentes, desde características lóxicas para lenticas, com diminuição do oxigênio dissolvido, é indicada pelo EIA, mas as análises dos afluentes não foram incluídas e estudos adicionais foram recomendados (FURNAS *et al.*, 2005b, Tomo B, Vol. 7, p. 3.10-3.11). No rio Mutum Paraná, localizado a 55 km acima da usina de Jirau, o nível de água no Madeira deverá aumentar a uma média de 5 m, variando de 3 m em março para 6 m, em setembro de acordo com o Estudo de Viabilidade (PCE *et al.*, 2005, Tomo A, Vol. 7, p. VII-15). No entanto, o EIA não analisa as mudanças na velocidade e na qualidade da água deste importante afluente (Molina Carpio, 2006). Mais tarde, isso foi feito em resposta ao IBAMA pelos proponentes em maio de 2007, mostrando que, durante pelo menos uma parte do ano a água seria, de fato, estratificada nos afluentes, resultando em água anóxica no fundo (FURNAS & CNO, 2007, Anexo V). Os proponentes da barragem negaram que haveria qualquer sedimentação na foz do rio Mutum-Paraná (FURNAS *et al.*, 2006b). Uma indicação de que os afluentes que entram no reservatório de Jirau vão estratificar é fornecida por uma medição indicando elevada emissão de metano a partir da superfície da água num afluente que entra no reservatório de Santo Antônio, imediatamente a jusante de Jirau (Hallqvist, 2012, p. 25).

Gases de efeito estufa

Embora seja esperada que a usina de Jirau emita menos gases de efeito estufa do que a maioria das represas existentes na Amazônia, devido ao seu reservatório relativamente pequeno e ao tempo rápido de substituição da água, as emissões não serão zero. O maior impacto de Jirau sobre o aquecimento global decorre de seu projeto de crédito de carbono no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), do Protocolo de Quioto. O Conselho Executivo do MDL aprovou o registro do projeto de Jirau em 17 de maio de 2013, tornando-se o maior projeto MDL de “energia renovável” no mundo. O fato de que a construção já estava em andamento antes do projeto de MDL ser elaborado em abril de 2012 fornece fortes evidências de que a barragem teria sido construída de qualquer maneira (ou seja, não é “adicional”), e os 6 milhões de toneladas de CO₂ que serão emitidos pelos países que compram o crédito de carbono vai representar um impacto líquido sobre o aquecimento global. O mesmo se aplica ao projeto de carbono de Santo Antônio, aprovado pelo MDL em 26 de novembro de 2013 (ver Anexo A).

Efeitos a jusante

Erosão fluvial

O estudo de viabilidade e do EIA/RIMA presume que não haverá erosão do leito do rio e das margens abaixo das barragens, como resultado da carga de sedimentos reduzida. A possibilidade de lavagem merece estudo cuidadoso por causa da gravidade dos impactos potenciais, se ela ocorrer. O mais conhecido é a desastrosa erosão a jusante da barragem de Assuão, no rio Nilo, no Egito (e.g., Shalash, 1983). A carga de sedimentos transportados pelo rio Madeira (750 milhões de toneladas/ano em Jirau) é 15 vezes maior do que a carga de sedimentos transportados pelo Nilo, antes da Barragem de Assuão (50 milhões de toneladas na foz em 1964) (Shalash, 1983). As barragens do rio Madeira teriam muito menos impacto do que a barragem de Assuão, uma vez que o percentual de sedimentos retidos será menor (retenção de 20% nos primeiros anos em Jirau, mais 20% do restante em Santo Antônio = 36% do total) (FURNAS *et al.*, 2006a, Vol. 1, p. 21). Note-se que este valor para a retenção percentual, nos primeiros anos é substancialmente mais elevado do que o valor de 12% dado no RIMA (FURNAS *et al.*, 2005a, p. 56). Presumivelmente, o valor de 12% é uma média

ao longo de um período de tempo maior. No Nilo, o sedimento descarregado no estuário foi de apenas 5-6% da carga pré-represa, mesmo após a recuperação de uma carga de sedimentos por lavagem abaixo da barragem (Shalash, 1983). No caso do rio Madeira, mais estudos seriam necessários para avaliar os efeitos no baixo rio Madeira, especialmente nos primeiros anos (Molina Carpio, 2006). A construção da Barragem de Cachuela Esperanza, no rio Beni é deverá resultar em retenção de uma quantidade substancial de sedimentos, o que seria acrescentado aos efeitos de Jirau e Santo Antônio para produzir riscos ainda não analisados de aumento de erosão fluvial e de redução de fluxos de nutrientes no baixo rio Madeira e no rio Amazonas.

A liberação de água através dos vertedouros com grande força em 2012 (antes de instalar a maior parte das turbinas) resultou em erosão da orla da cidade de Porto Velho, localizado logo abaixo da barragem. Cerca de 300 casas foram destruídas ou condenadas devido à erosão. O consórcio construtor de Santo Antônio insiste que a erosão não tinha nada a ver com a barragem, mas, mesmo assim, construiu um aterro de pedra britada ao longo de parte da margem do rio e pagou para abrigar a população deslocada em hotéis na cidade. A erosão forçou o porto de Porto Velho a fechar durante várias semanas, causando o caos com mais de 500 caminhões de soja que foram incapazes de descarregar, entre outras consequências. A falta de consideração adequada dos impactos a jusante do EIA/RIMA foi dramatizado por esses eventos.

Sedimentos em lagos de várzea

O EIA/RIMA considerou que a “área de impacto direto” para os parâmetros ambientais estendesse por uma distância de apenas 12 km abaixo da barragem de Santo Antônio (FURNAS *et al.*, 2005b, Tomo A, Vol. 1, p. III-7). Uma área de estudo de impactos diretos sobre a população humana se estende substancialmente mais abaixo de Porto Velho (FURNAS *et al.*, 2005b, Tomo A, Vol. 1, p. III-5). A população humana será afetada por quaisquer mudanças no rio, que é a fonte de vida para a economia humana, assim como o é para os ecossistemas naturais.

O pulso sazonal do fluxo de água e de movimento de sedimentos controla quase todos os aspectos dos ecossistemas de várzea, ou planícies de inundação de água branca (Junk, 1997). Os sedimentos entram nos lagos de várzea, fornecendo nutrientes que são a base da cadeia alimentar desde o plâncton

passando pelos peixes até os seres humanos. Quando o nível da água começa subir no rio Madeira, a vazão do rio principal começa a aumentar vários dias antes que o fluxo aumente nos afluentes que alimentam os lagos pelos fundos, como o Lago de Purusinho (localizado a jusante de Humaitá). O fluxo normal dos lagos é invertido durante um período de 2-3 dias (o “repique”), e em seguida, para durante cerca de um dia quando os dois fluxos estão em equilíbrio. Neste momento, uma grande quantidade de sedimento precipita no lago. Depois, com o aumento da vazão do afluente, a direção normal do fluxo do lago para fora é reestabelecida. No entanto, o aumento do nível de água no rio Madeira ocorre de forma intermitente, dependendo dos eventos de precipitação na parte superior da bacia. Na medida em que o nível da água sobe, 2-3 “repiques” ocorrem normalmente, quando a água e os sedimentos do Madeira entram nos lagos. Durante o período da cheia propriamente dito, quando a água permanece no seu nível máximo, pouco ou nenhum sedimento entra nos lagos, apesar dos lagos serem completamente ligados ao rio pela água. Isto é porque a taxa de fluxo dos tributários que alimentam os lagos de trás também atinge um ponto alto, e a direção normal do fluxo do lago para o canal de rio é mantida.

Os “repiques”, especialmente o primeiro do ano, ocorrem quando a água no rio está em um nível muito baixo. Espera-se que o reservatório de Jirau, em particular, esteja no seu nível mais baixo neste momento, e parte do pulso do fluxo seria capturado para encher o reservatório, em vez de ser completamente transferido para o baixo rio Madeira. O quanto a presença das barragens atenua o pico do fluxo neste momento crítico é uma questão de incerteza, apesar da insistência dos proponentes de que não haveria nenhum efeito (FURNAS *et al.*, 2006a,b). Isto poderia ser um ponto crítico para os lagos, uma vez que qualquer alteração na força do “repique” teria um grande impacto. O quanto isso iria diminuir a entrada de sedimentos nos lagos não foi determinado.

A quantidade de entrada de sedimentos que contribui para manter a fertilidade da água nos lagos é uma questão chave. Os sedimentos foram mapeados em um lago: o Lago de Purusinho. Os sedimentos perto da boca do lago são principalmente argilas minerais do rio Madeira, enquanto que aqueles perto do ponto onde o afluente entra (um córrego de água preta) são mais ricos em matéria orgânica (W.R.

Bastos, comunicação pessoal). Nutrientes aderem tanto à matéria orgânica quanto à argila mineral.

A Reserva Extrativista do Lago do Cuniã está localizada a 130 km a jusante de Porto Velho, na margem esquerda do rio Madeira (Figura 1). A reserva foi criada em 1999 e é administrada pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), anteriormente parte do IBAMA. Esta reserva de 55.850 ha contém mais de 60 lagos de várzea, especialmente o grande Lago do Cuniã, onde a maior parte da população de 110 famílias depende da pesca (Brasil, IBAMA, s/d [2006]). O Lago do Cuniã é especialmente conhecido como a principal fonte de pirarucu (*Arapaimum gigas*, um peixe predador de grande valor comercial) consumido em Porto Velho. A possibilidade de que alterações causadas pelas barragens do rio Madeira podem reduzir a produtividade da pesca é uma preocupação para a população local. Nem a Reserva Extrativista de Cuniã nem qualquer das outras unidades de conservação a jusante das represas foi considerada no EIA/RIMA. Estudos são necessários para estimar as mudanças na oferta de sedimentos e nutrientes para os lagos de várzea.

Impactos sociais

A alegação de que as barragens não fariam com que o nível da água subisse acima do nível de inundação natural foi repetida tantas vezes pelos proponentes do projeto e pela imprensa que se tornou um mito, tanto entre o público como entre a maioria das pessoas associadas com os preparativos para as represas. No entanto, a altura que o nível de água subirá varia desde zero na extremidade superior de cada reservatório (isto é, perto de Abunã para o reservatório de Jirau e no local da barragem de Jirau para o reservatório de Santo Antônio), até um máximo logo acima de cada barragem. Um valor médio esconde o fato que a subida do nível da água fica muito acima do nível de inundação natural sobre uma área substancial. Além disso, expressar o aumento em comparação com o nível de fluxo máximo histórico em cerca de 100 anos de monitoramento do rio Madeira (48.800 m³/s) é enganoso para os moradores ribeirinhos que pensam em termos dos níveis de inundação mais baixos “normais” que eles já vivenciaram a cada ano.

O total da população “diretamente afetada” é de 2.849 pessoas (1.762 em Santo Antônio e 1.087 em Jirau), de acordo com o RIMA (FURNAS *et al.*,

2005a, p. 47). Estes números são, sem dúvida, subestimados. Apenas os membros das cooperativas de pesca na área totalizam 2.400 (Ortiz *et al.*, 2007, p. 6). A população deslocada é, em grande parte, composta de pescadores e outros que dependem do rio para a sua subsistência. Além de proporcionar emprego, os bagres têm sido tradicionalmente a base da dieta para a população que vive ao longo do rio Madeira (Doria *et al.*, 2012; Goulding, 1979). As atividades de substituição para dar emprego, tais como uma praia artificial e um centro de turismo construídos na antiga cachoeira de Teotônio, parecem estar aquém de oferecer um meio de vida viável para essa população. Placas postadas na praia artificial instalada para o centro de turismo alertam que a água do reservatório é imprópria para o banho, proporcionando uma indicação da barreira para substituir a pesca com o turismo.

O rápido crescimento da população de Porto Velho, tanto de funcionários de construção e outros, atraídos pelas oportunidades criadas pela atividade econômica associada, resultou em grande pressão sobre os serviços urbanos. Além disso, os serviços, obviamente, serão incapazes de lidar com o lançamento de 20 mil pessoas desempregadas após a conclusão das barragens (Instituto Pólis, 2006). O estudo de viabilidade estima que 50 mil empregos indiretos adicionais seriam criados por cada barragem para o fornecimento de bens e serviços durante o processo de construção (PCE *et al.*, 2004, Tomo 1, Vol. 1, p. 18), o que significa que 100 mil pessoas desempregadas adicionais seriam lançadas em Porto Velho. Caso a rodovia BR-319 seja reconstruída e asfaltada a esta altura, pode-se esperar uma migração substancial da população para Manaus (e.g., Fearnside & Graça, 2006).

Impactos da Hidrovia Madeira-Mamoré

O relatório de inventário (PCE *et al.*, 2002, p. 6.22) mostrou entusiasmo com os benefícios potenciais das barragens para melhorar o transporte:

“Os ótimos solos da Bolívia, de alta produtividade e custos operacionais competitivos, terão seu potencial significativamente aumentado, podendo sobrepujar os melhores no mundo.

Considerando que a navegação possui a melhor relação de custo entre todos os modais de transporte ... podemos afirmar que a implantação do sistema hidroviário integrado ora proposto acarretará, em

seu pleno uso, reflexos diretos nos índices da economia agrícola nacional e regional.”

Só os benefícios das hidrovias são enfatizados, e não o impacto do desmatamento estimulado para a soja. As hidrovias previstas são mostradas na Figura 2.

A relação das barragens do rio Madeira aos esquemas de integração regional mais amplo com base na construção de hidrovia constitui um dos pontos de maior controvérsia (por exemplo, Killeen, 2007). Um grupo de 11 organizações não-governamentais (ONGs) apresentou uma proposta de uma “moção de referência” sobre as barragens do Madeira para o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) (Maretto *et al.*, 2006). A proposta citou a inclusão de eclusas no projeto da barragem apresentado no RIMA como prova de que o projeto havia “ocultando por traz de tudo isto [os planos para barragens], um grande programa para a América do Sul de nome IIRSA [Iniciativa para a Integração da Infraestrutura da América do Sul] que representa um velho modelo de desenvolvimento baseado em grandes volumes financeiros sem, contudo, considerar o desenvolvimento como

resultado de interações entre populações locais, excluindo povos da floresta, ribeirinhos, pescadores, ...”. A “mudança inesperada do Governo Federal” em relação à remoção das eclusas do plano [MME em declarações à imprensa em fevereiro de 2006] é descrito como “uma manobra política para confundir a opinião pública e licenciar o empreendimento, ocultando da sociedade um dos grandes objetivos do projeto”.

Na sua comunicação oficial ao CONAMA, respondendo à moção proposta, o Ministério das Minas e Energia afirmou que “nada há de oculto” sobre os planos da IIRSA, e afirmou que a declaração do Ministério do Meio Ambiente “..consiste de argumentação especulativa e equivocada, sem qualquer fundamento técnico. É um claro acinte à competência do órgão [MMA] e um inequívoco desmerecer de sua atuação” (Brasil, MME, 2006, p. 10). O Ministério das Minas e Energia afirmou que as barragens não são parte da IIRSA (Brasil, MME, 2006, p. 6). No entanto, as barragens aparecem como componentes importantes da proposta IIRSA, da qual o Brasil é

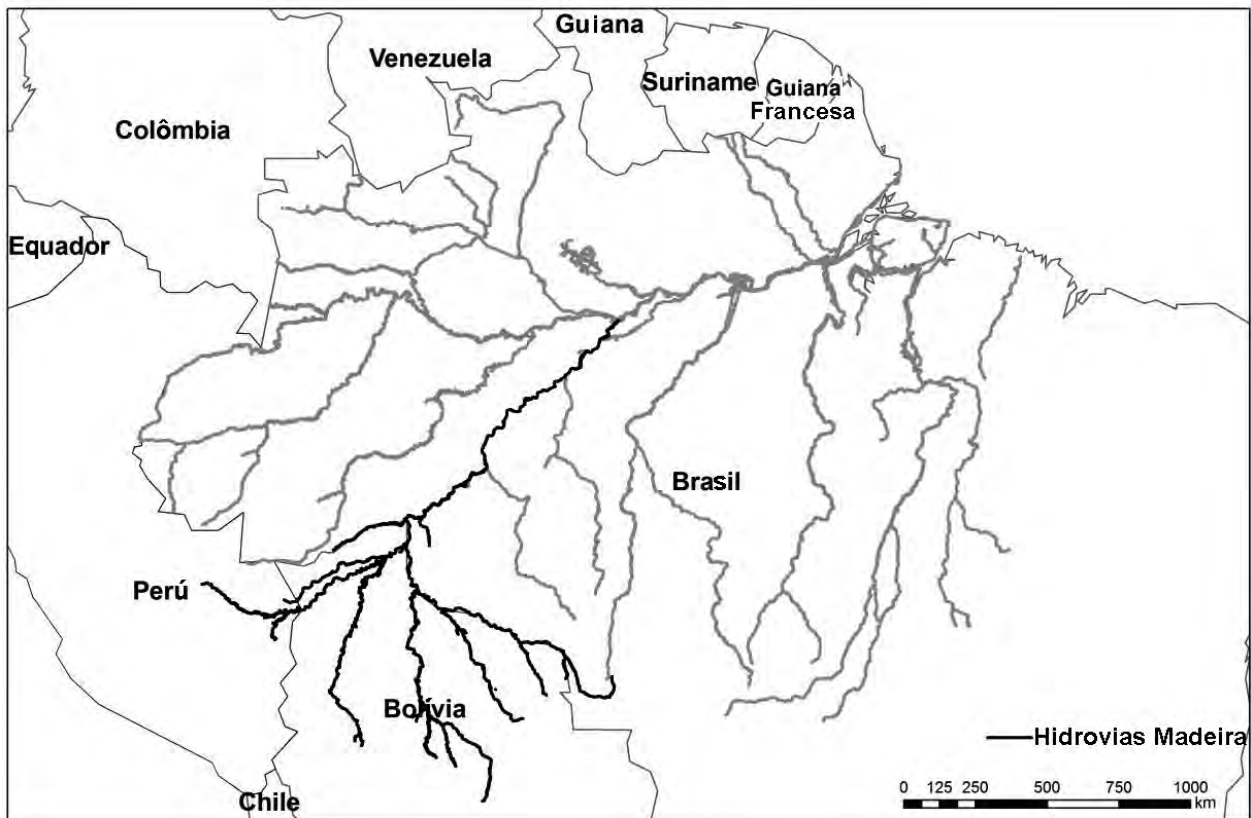


Figura 2. Hidrovias planejadas indicadas pelo Estudo de Viabilidade para as barragens do rio Madeira (redesenhado a partir de: PCE *et al.*, 2004, Tomo 1, Vol. 1, p. 1.16).

parte (e.g., IIRSA, 2007, p. 33). Benefícios para a IIRSA são enfatizados no Estudo de Viabilidade (PCE *et al.*, 2005, Vol. 1, p. I-19), e foram dado destaque muitas vezes nas apresentações do projeto pela ELETROBRÁS.

CONCLUSÕES

As barragens de Santo Antônio e Jirau, no rio Madeira têm impactos severos, mas a decisão de construir as barragens foi feita antes que os impactos fossem avaliados e o licenciamento prosseguiu sobre pressão política, apesar das preocupações levantadas pela equipe técnica da agência de licenciamento. Garantir a efetiva independência do órgão licenciador é essencial.

Impactos internacionais foram ignorados no caso das barragens do rio Madeira, tais como o bloqueio da migração de peixes para Bolívia e Peru. Informações sobre o mercúrio e sobre alterações do fluxo de sedimentos a jusante também foram insuficientes. Nenhuma consideração foi dada aos impactos dos projetos de infraestrutura associados às barragens do rio Madeira, tais como as hidrovias planejadas para a expansão de soja no Brasil e na Bolívia.

A apresentação oficial dos impactos esperados das barragens no Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e em outros relatórios mostra uma tendência sistemática para minimizar a importância dessas preocupações. Quando os benefícios são apresentados, a tendência é de exagerar. O sistema atual, onde os relatórios de impacto são financiados e controlados pelas empresas que desejam construir e operar as barragens, precisa ser substituído por um em que os relatórios são efetivamente independentes dos proponentes.

A tomada de decisão sobre barragens (e outros projectos) precisa ser reformulada de modo que as informações obtidas pelos estudos de impacto ambiental cumpram o seu papel como uma referência para uma comparação racional entre os impactos e benefícios, antes de tomar a decisão de construir as barragens e de comprometer o governo com investimento de recursos financeiros e de capital político.

AGRADECIMENTOS

Apoio financeiro foi fornecido pelo Conselho Nacional do Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq: Proc. 573810/2008-7, 304020/2010-9), Instituto Nacional de Pesquisas da

Amazônia (INPA: PRJ15.125) e Ministério Público Federal do Estado de Rondônia. Agradeço a todos aqueles que forneceram informações e que ajudaram com apoio logístico nos locais das barragens e em Porto Velho, entre eles Francisco Pereira, Artur de Souza Moret, Wanderley Rodrigues Bastos, Ronaldo Cavalcante de Oliveira, Iremar Antônio Ferreira e Carolina Carneiro Fonseca, bem como aqueles em órgãos federais, e residentes estaduais e municipais na região das barragens. Agradeço ao Paulo M.L.A. Graça pelos comentários. Esta é uma tradução de Fearnside (2014b). Toda a responsabilidade pelo conteúdo do artigo recai sobre o autor.

LITERATURA CITADA

- Barthem, R. & Goulding, M. 1997. *The Catfish Connection: Ecology, Migration, and Conservation of Amazon Predators*. Columbia University Press, New York, E.U.A. 184 p.
- Barthem, R.B., Ribeiro, M.C.L.B. & Petrere Júnior, M. 1991. Life strategies of some long distance migratory catfish in relation to hydroelectric dams in the Amazon Basin. *Biological Conservation* 5: 339-345.
- Bastos, W.R., Gomes, J.P.O., Oliveira, R.C., Almeida, R., Nascimento, E.L., Bernardi, J.V.E., de Lacerda, L.D., da Silveira, E.G. & Pfeiffer, W.C. 2006. Mercury in the environment and riverside population in the Madeira River Basin, Amazon, Brazil. *Science of the Total Environment* 368: 344-351.
- Brasil, ELETROBRÁS (Centrais Elétricas do Brasil), 1987. *Plano 2010: Relatório Geral. Plano Nacional de Energia Elétrica 1987/2010 (Dezembro de 1987)*. ELETROBRÁS, Brasília, DF. 269 pp.
- Brasil, IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis). s/d [2006]. *Gestão Integrada: Cuniã-Jacundá. Construindo o Desenvolvimento Sócio-Ambiental no Baixo Madeira*. IBAMA, Porto Velho, RO. 8 p.
- Brasil, IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis). 2008. Parecer Técnico No. 45/2008-COHID/CGENE/DILIC/IBAMA de 08 de maio de 2008. Assunto: Análise da solicitação da emissão da Licença de Instalação do Aproveitamento Hidrelétrico de Santo Antônio. IBAMA, Brasília, DF. 146 p. http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/Dossie/Mad/Documentos%20Oficiais/IBAMA_parecer_tecnico_45_2008_li_st_antonio%5b-08-08-08.pdf
- Brasil, MME (Ministério das Minas e Energia). 2006. Assunto: Pedido de vistas de moção sobre aproveitamento hidrelétrico no rio Madeira, Processo No. 02000.001151/2006-12. Ofício No. 651/SE/MME ao Sr. Nilo Sérgio de Melo Diniz, Diretor do CONAMA, Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF. 16 de maio de 2006. Carta da Secretária Executiva (SE). MME, Brasília, DF. 10 p. <http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/3D3ABAEB/ParecerMME.pdf>

- Brasil, MME (Ministério das Minas e Energia). 2011. *Plano Decenal de Expansão de Energia 2020*. MME, Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Brasília, DF. 2 vols. http://www.epe.gov.br/PDEE/20120302_1.pdf
- Brasil, MME (Ministério das Minas e Energia). 2012. *Plano Decenal de Expansão de Energia 2021*. MME, Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Brasília, DF. 386 p. http://www.epe.gov.br/PDEE/20120924_1.pdf
- Deberdt, G., Teixeira, I., Lima, L.M.M., Campos, M.B., Choueri, R.B., Koblitz, R., Franco, S.R. & Abreu, V.L.S. 2007. Parecer Técnico No. 014/20007 – FCOHID/CGENE/DILIC/IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), Brasília, DF. 221 p. http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/Dossie/Mad/Documentos%20Oficiais/Madeiraparecer.pdf
- Doria, C.R.C., Ruffino, M.L., Hijazi, N.C. & da Cruz, R.L. 2012. A pesca comercial na bacia do rio Madeira no estado de Rondônia, Amazônia brasileira. *Acta Amazonica* 42(1): 9-40.
- Fearnside, P.M. 1995. Hydroelectric dams in the Brazilian Amazon as sources of 'greenhouse' gases. *Environmental Conservation* 22: 7-19. doi:10.1017/S0376892900034020.
- Fearnside, P.M. 2013. Decision-making on Amazon dams: Politics trumps uncertainty in the Madeira River sediments controversy. *Water Alternatives* 6(2): 313-325.
- Fearnside, P.M. 2014a. Análisis de los principales proyectos hidroenergéticos en la región amazónica. Derecho, Ambiente y Recursos Naturales (DAR), Lima, Peru; Centro Latinoamericano de Ecología Social (CLAES), Lima, Peru, 55 p.
- Fearnside, P.M. 2014b. Impacts of Brazil's Madeira River dams: Unlearned lessons for hydroelectric development in Amazonia. *Environmental Science & Policy* 38: 164-172. doi: 10.1016/j.envsci.2013.11.004.
- Fearnside, P.M. & Graça, P.M.L.A. 2006. BR-319: Brazil's Manaus-Porto Velho Highway and the potential impact of linking the arc of deforestation to central Amazonia. *Environmental Management* 38: 705-716. doi: 10.1007/s00267-005-0295-y.
- Forsberg, B.R. & Kemenes, A. 2006. Parecer Técnico sobre Estudos Hidrobiogeoquímicos, com atenção específica à dinâmica do Mercúrio (Hg). In: *Pareceres Técnicos dos Especialistas Setoriais—Aspectos Físicos/Bióticos. Relatório de Análise do Conteúdo dos Estudos de Impacto Ambiental (EIA) e do Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) dos Aproveitamentos Hidrelétricos de Santo Antônio e Jirau no Rio Madeira, Estado de Rondônia*. Ministério Público do Estado de Rondônia, Porto Velho, RO. 2 Vols. Parte B, Vol. I, Parecer 2, p. 1-32. http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/Dossie/Mad/Documentos%20Oficiais/Madeira_COBRAPE/11118-COBRAP-report.pdf
- FURNAS (Furnas Centrais Elétricas, S.A.) & CNO (Construtora Noberto Odebrecht, S.A.). 2007. Respostas às Perguntas Apresentadas pelo IBAMA no Âmbito do Processo de Licenciamento Ambiental do Complexo Madeira. Informações Técnicas Nos 17, 19 e 20/2007 COHID/CGENE/DILIC/IBAMA. FURNAS, CNO, Rio de Janeiro, RJ. 239 p. http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/Dossie/Mad/Documentos%20Oficiais/respostas%20empresas.pdf
- FURNAS (Furnas Centrais Elétricas, S.A.), CNO (Construtora Noberto Odebrecht, S.A.) & Leme Engenharia. 2005a. Usinas Hidrelétricas Santo Antônio e Jirau. RIMA. FURNAS, CNO, Leme Engenharia, Rio de Janeiro, RJ. 82 p. http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/Dossie/Mad/Documentos%20Oficiais/RIMA/TEXT0.PDF
- FURNAS (Furnas Centrais Elétricas, S.A.), CNO (Construtora Noberto Odebrecht, S.A.), Leme Engenharia. 2005b. *EIA- Estudo de Impacto Ambiental Aproveitamentos Hidrelétricos Santo Antônio e Jirau, Rio Madeira-RO*. 6315-RT-G90-001. FURNAS, CNO, Leme Engenharia, Rio de Janeiro, RJ. 8 Vols. Paginação Irregular. http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/Dossie/Mad/BARRAGENS%20DO%20RIO%20MADEIRA.htm
- FURNAS (Furnas Centrais Elétricas S.A.), CNO (Construtora Noberto Odebrecht S.A.) & Leme Engenharia. 2006a. *EIA- Estudo de Impacto Ambiental Aproveitamentos Hidrelétricos de Santo Antônio e Jirau, Rio Madeira-RO*. Tomo E. Complementação e Adequação às Solicitações do IBAMA. Atendimento ao Ofício No. 135/2006 de 24/02/06. 6315-RT-G90-002. FURNAS, CNO & Leme Engenharia, Rio de Janeiro, RJ. 3 Vols. http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/Dossie/Mad/BARRAGENS%20DO%20RIO%20MADEIRA.htm
- FURNAS (Furnas Centrais Elétricas, S.A.), CNO (Construtora Noberto Odebrecht, S.A.) & Leme Engenharia. 2006b. Estudos verdadeiramente confiáveis: 20 distorções produzidas pelas ONGs para atacar o EIA-RIMA do Projeto Madeira. FURNAS, CNO & Leme Engenharia, Rio de Janeiro, RJ. 37 p. http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/Dossie/Mad/Outros%20documentos/Verdadeiramente_confiveis__RESPOSTA_30_FALHAS_final.pdf
- Goulding, M. 1979. *Ecologia da Pesca do Rio Madeira*. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Manaus, AM. 172 p.
- Hällqvist, E. 2012. Methane emissions from three tropical hydroelectrical reservoirs. Committee of Tropical Ecology, Uppsala University, Uppsala, Suecia. 46 p. http://www.ibg.uu.se/digitalAssets/122/122484_hallqvist-emma-report.pdf
- Hopkins, M. 2006. Parecer Técnico sobre Botânica. Parte B, Vol. 1, Parecer 11, In: *Pareceres Técnicos dos Especialistas Setoriais—Aspectos Físicos/Bióticos. Relatório de Análise do Conteúdo dos Estudos de Impacto Ambiental (EIA) e do Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) dos Aproveitamentos Hidrelétricos de Santo Antônio e Jirau no Rio Madeira, Estado de Rondônia*. Ministério Público do Estado de Rondônia, Porto Velho, RO. p. 1-18 + 3 anexos. http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/Dossie/Mad/Documentos%20Oficiais/Madeira_COBRAPE/11118-COBRAP-report.pdf
- Instituto Pólis. 2006. Parecer sobre o Papel do Município de Porto Velho Frente aos Impactos Urbanos e o Estudo de Impacto Ambiental do Projeto das Usinas Hidrelétricas do Rio Madeira. Instituto Pólis, São Paulo, SP. 89 p. http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/Dossie/Mad/Documentos%20Oficiais/Madeira_COBRAPE/11118-COBRAP-report.pdf

inpa.gov.br/publ_livres/Dossie/Mad/Outros%20documentos/Parecer%20POLIS/parecer%20polis.doc

- IIRSA (Iniciativa para la Integración de la Infraestructura Regional de Sudamérica). 2007. Initiative for the Integration of the Regional Infrastructure of South America. 2007. IIRSA: Vision de negocios del eje Perú -Brasil-Bolivia. Initiative for the Integration of the Regional Infrastructure of South America (IIRSA), Washington, DC 34 pp. http://www.iirsa.org/admin_iirsa_web/Uploads/Documents/mer_lima07_ppt_vn_pbb.pdf.
- Junk, W.J. (Ed.). 1997. *The Central Amazon Floodplain – Ecology of a Pulsing System*. Springer-Verlag, Heidelberg, Alemanha. 525 p.
- Killeen, T.J. 2007. *A Perfect Storm in the Amazon Wilderness: Development and Conservation in the Context of the Initiative for the Integration of the Regional Infrastructure of South America (IIRSA)*. Conservation International, Arlington, Virginia, E.U.A. 98 p. Disponível em: http://www.conservation.org/publications/pages/perfect_storm.aspx
- Lopes, R.J. 2011. Madeira é rio com mais peixes do mundo. Novo levantamento diz que o rio amazônico supera todos os outros no mundo, com cerca de 800 espécies. *Folha de São Paulo*, 9 de abril de 2011, p. C10.
- Machado, O. 2003. Hidrelétricas no rio Madeira somarão US\$ 4 bilhões em investimentos. *Canal Energia*, 12 de março de 2003. <http://www.canalenergia.com.br/cenergia/calandra.nsf/0/B0172016E1B04E2203256CE70059B3E8?OpenDocument>.
- Malm, O., Pfeiffer, W.C. & Souza, M.M. 1990. Mercury pollution due to gold mining in the Madeira River basin, Amazon/Brazil. *Ambio* 19: 11-15.
- Maretto, L.C., Bezerra, K., Nycz, Z., da Silva, J.M., do Carmo, W., Fonseca, E.X., Galkin, M., Ramos, A., Guimarães, S.H., Nogueira Neto, P. & Agostinho, R. 2006. Processo No. 02000.001151/2006-12, Assunto: Aproveitamento hidrelétrico do rio Madeira. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), Brasília, DF. <http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/3D3ABAEB/PropMocaoIAhidreletRioMadeira.pdf>
- Martinelli, L.A., Ferreira, J.R., Forsberg, B.R. & Victoria, R.L. 1988. Mercury contamination in the Amazon: a gold rush consequence. *Ambio* 17: 252-254.
- Molina Carpio, J. 2006. *Análisis de los Estudios de Impacto Ambiental del Complejo Hidroeléctrico del Río Madera: Hidrología y Sedimentos*. Foro Boliviano sobre Medio Ambiente y Desarrollo (FOMADE), La Paz, Bolívia. 45 p. http://fobomade.org.bo/rio_madera/doc/analisis_madera_.pdf
- Molina Carpio, J. 2008. Hidrologia e sedimentos. In: Switkes, G. (Ed.), *Águas Turvas: Alertas sobre as Conseqüências de Barrar o Maior Afluente do Amazonas*. International Rivers, São Paulo, SP. 237 p. <http://www.internationalrivers.org/resources/muddy-waters-impacts-of-damming-the-amazon-s-principal-tributary-3967>
- Barrar o Maior Afluente do Amazonas*. International Rivers, São Paulo, SP. p. 50-93. <http://www.internationalrivers.org/am%C3%A9rica-latina/os-rios-da-amaz%C3%B4nia/rio-madeira/%C3%A1guas-turvas-alertas-sobre-conseq%C3%BC%C3%AAncias-de-barrar-o->
- Moret, A.S., 2006. Diga não às barragens no Madeira: Rio Madeira Vivo: Fórum de Debates sobre Energia de Rondônia (FOREN), Porto Velho, RO. 20 p. <http://www.riomadeiravivo.org/fiquepordentro/cartilhariomadeiravivo.pdf>
- Ortiz, L., Switkes, G., Ferreira, I., Verdum, R. & Pimentel, G. 2007. O Maior Tributário do Rio Amazonas Ameaçado: Hidrelétricas no Rio Madeira. Amigos da Terra-Brasil; Ecologia e Ação (Ecoa), São Paulo, SP. 20 p.
- PCE (Projetos e Consultorias de Engenharia, Ltda.), FURNAS (Furnas Centrais Elétricas, S.A.) & CNO (Construtora Noberto Odebrecht, S.A.). 2002. Inventário Hidrelétrico do Rio Madeira: Trecho Porto Velho – Abunã. Processo Nº 48500.000291/01-31. Relatório Final: MAD-INV-00-01-RT), PCE, FURNAS, CNO, Rio de Janeiro, RJ. Paginação irregular. http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/Dossie/Mad/BARRAGENS%20DO%20RIO%20MADEIRA.htm
- PCE (Projetos e Consultorias de Engenharia, Ltda.), FURNAS (Furnas Centrais Elétricas, S.A.) & CNO (Construtora Noberto Odebrecht, S.A.). 2004. Complexo Hidrelétrico do Rio Madeira: Estudos de Viabilidade do AHE Jirau. Processo Nº PJ-0519-V1-00-RL-0001), PCE, FURNAS, CNO, Rio de Janeiro, RJ.
- PCE (Projetos e Consultorias de Engenharia, Ltda.), FURNAS (Furnas Centrais Elétricas, S.A.) & CNO (Construtora Noberto Odebrecht, S.A.). 2005. Complexo Hidrelétrico do Rio Madeira: Estudos de Viabilidade do AHE Santo Antônio. Processo Nº 48500.000103/03-91. Relatório Final PJ-0532-V1-00-RL-0001), PCE, FURNAS, CNO, Rio de Janeiro, RJ. http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/Dossie/Mad/BARRAGENS%20DO%20RIO%20MADEIRA.htm
- Pfeiffer, W.C., de Lacerda, L.D., Malm, O., Souza, M.M., da Silveira, E.G. & Bastos, W.R. 1989. Mercury concentrations in inland waters of goldmining areas in Rondonia, Brazil. *Science of the Total Environment* 87/88: 233-240.
- Pfeiffer, W.C., Malm, O. & Souza, C.M.M. 1990. A ameaça do mercúrio nos garimpos, *Ciência Hoje* No. 11, 10-12.
- Shalash, S., 1983. Degradation of the River Nile, Parts 1 and 2. *Water Power and Dam Construction* 35(7): 7-43 & 35(8): 56-58, 35: 37-43.
- Switkes, G. (Ed.). 2008. *Águas Turvas: Alertas sobre as Conseqüências de Barrar o Maior Afluente do Amazonas*. International Rivers, São Paulo, SP. 237 p. <http://www.internationalrivers.org/resources/muddy-waters-impacts-of-damming-the-amazon-s-principal-tributary-3967>

ANEXO A: MATERIAL SUPLEMENTAR

Inundação na Bolívia

O rio Madeira tem uma das maiores cargas de sedimentos entre os rios do mundo, contribuindo com cerca da metade do total transportado para o Atlântico pelo rio Amazonas (e.g., Meade, 1994). As questões em torno dos impactos dos sedimentos ilustram a elevada incerteza em que o licenciamento das barragens ocorreu. O Estudo de Viabilidade e o EIA/RIMA calcularam uma rápida acumulação de sedimentos nos reservatórios, mas concluiu que a viabilidade da barragem pode ser garantida, deixando as enseadeiras no lugar para funcionar como barreiras subaquáticas para evitar que a acumulação de sedimentos atingisse as turbinas (FURNAS *et al.*, 2006, Tomo E, Vol. 1, p. 23). Pouco antes da aprovação da licença prévia para Santo Antônio e Jirau, um relatório de consultoria encomendado pelo Ministério das Minas e Energia (Alam, 2007) alterou o cenário oficial completamente para um no qual não haveria nenhuma acumulação de sedimentos em todos os reservatórios (FURNAS & CNO, 2007, p. 22). A confiabilidade desta conclusão tem sido fortemente contestada (Dunne, 2007; Molina Carpio, 2007; Tucci, 2007). A polêmica dos cenários oficiais para a acumulação de sedimentos mostra tanto o elevado grau de incerteza em que as barragens foram licenciadas e a tendência a adotar, seletivamente, interpretações favoráveis às barragens (Fearnside, 2013a).

Uma questão importante sobre a sedimentação é se os depósitos de sedimentos vão formar-se na extremidade superior do reservatório de Jirau, causando o aumento dos níveis de água em um trecho de remanso superior rio acima do reservatório em si. Isso faria com que houvesse inundação na Bolívia, já que o rio é binacional acima de Abunã. Efeitos no trecho de remanso superior não são considerados no Estudo de Viabilidade e no EIA, apesar das afirmações enfáticas que a Bolívia não seria afetada pelas barragens (FURNAS *et al.*, 2005, Tomo 1, Vol. 1, p. 7-103, 2006a, Vol. 1, p. 13; PCE *et al.*, 2004, Tomo 1, Vol. 1 p. 1.6 & p. 7-103, 2005, Tomo A, Vol. 7, p. VII-15-16). No entanto, o modelo HEC6 utilizado no EIA/RIMA indica sedimentação a montante de Abunã depois de 50 anos, mesmo se o reservatório de Jirau fosse operado em um nível (cota) normal de 87 m acima do nível do mar em vez do nível de 90 m esperado para a maior parte do ano (PCE, 2007, p. 6.32).

Além da inundação na Bolívia pelo remanso superior, também existe a possibilidade de que o nível de água no reservatório propriamente dito pode ser elevado para inundar terras naquele país, apesar do plano oficial atual indicar o contrário. O plano original do Estudo de Viabilidade, de 2004, teria mantido o nível de água de Jirau constante a uma cota de 90 m, o que inundaria na Bolívia durante uma parte do ano. O Estudo de Impacto Ambiental, de 2005, mudou o plano para um nível de água variável, com níveis abaixo de 90 m durante 8 meses do ano (FURNAS *et al.*, 2005b, Tomo A, p. VII-13). A proposta de Jirau, de 2011, para crédito de carbono do Mecanismo do Desenvolvimento Limpo reduziria ainda mais o nível de água para evitar inundação na Bolívia (Energia Sustentável do Brasil, SA & GDF Suez Energy Latin America Participações Ltda., 2012). Os níveis de água mais baixos implicam perda de geração de energia. Operação da barragem de Jirau com um nível de água constante (mais alto) representa algo que poderia ser feito sem quaisquer obras de engenharia adicionais além da presente barragem. O histórico passado em situações paralelas não é promissor: a hidrelétrica de Balbina foi licenciada para operar em um nível de água 46 m acima do nível do mar, mas, em vez disso, o reservatório foi enchido diretamente para a cota de 50 m (Fearnside, 1989), enquanto o projeto de Tucuruí-II foi realizado sem EIA/RIMA, alegando que iria operar sem aumentar o nível de água além do nível anterior (Tucuruí-I) de 72 m acima do nível do mar, mas, desde 2002, o reservatório vem operando a 74 m acima do nível do mar (Fearnside, 2006).

No caso de Jirau, o Brasil pode muito bem ser capaz de conseguir a permissão da Bolívia para permitir a elevação do nível da água para 90 m ou até mesmo mais ainda, como parte das negociações para a barragem binacional de Guajará Mirim, também conhecida como Cachoeira Ribeirão. Um acordo informal foi alcançado entre o presidente brasileiro, Luiz Inácio Lula da Silva, e o presidente da Bolívia, Evo Morales, segundo o qual o Brasil financiaria a construção de ambas as barragens de Cachuela Esperanza e Guajará Mirim (Época, 2008). O entendimento é que os bolivianos cessariam as suas objeções a Santo Antônio e Jirau. Presumivelmente, isso pode incluir também não contestar o nível da água em Jirau ser mantido no nível planejado entre o Estudo de Viabilidade (PCE *et al.*, 2005) e a resposta em 2007 aos questionamentos do IBAMA (FURNAS & CNO, 2007), o que teria permitido

formar um trecho de remanso superior e afetar a Bolívia. Pode até incluir “fechar os olhos” para a elevação da água de forma constante até a cota de 90 m originalmente especificada na versão de 2004 do Estudo de Viabilidade, o que implicaria em inundação direta na Bolívia pelo reservatório, além do trecho do remanso superior. Em 2 de julho de 2013, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) solicitou que o Ministério das Minas e Energia (MME) iniciasse negociação com a Bolívia para permitir o aumento do nível da água em Jirau (Tavares & Fariello, 2013).

Gases de efeito estufa

As barragens do rio Madeira emitiriam substancialmente menos metano do que represas amazônicas existentes, porque o fluxo de água relativamente rápido deve impedir a estratificação térmica na maior parte da área dos reservatórios. A duração média de rotatividade é de 1,34 dias em Santo Antônio e de 1,32 dias em Jirau (FURNAS & CNO, 2007, p. 4). Isto resultará em menos produção de metano, no fundo do reservatório e ajudaria a evitar que qualquer água anóxica que fosse formada atingisse as turbinas. No entanto, as emissões não seriam zero, uma vez se espera a estratificação em baías e bocas dos afluentes ao longo das margens dos reservatórios (Forsberg & Kemenes, 2006; FURNAS & CNO, 2007, Anexo V). As medições de emissão de metano a partir da superfície da água em Santo Antônio, utilizando câmaras, indicam emissões significativas nos afluentes, mas muito menos emissões no corpo principal do reservatório (Hallqvist, 2012, p. 25). No entanto, a concentração de metano medida na água a jusante do reservatório é elevada (Grandin, 2012, p. 28), o que sugere que nem todo o metano produzido nas partes anóxicas do reservatório será oxidado antes de atingir as turbinas. Além das emissões de metano, dióxido de carbono também será emitido quando árvores cortadas ou mortas por inundação, se decomporem na presença de oxigênio (Fearnside & Pueyo, 2012).

Ambas as barragens apresentaram propostas para a obtenção de créditos de carbono do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) do Protocolo de Quioto. O projeto de Jirau foi aprovado pelo MDL em 17 de maio de 2013, que lhe permite vender 6,2 milhões de créditos de carbono (que representam de toneladas de CO₂) por ano, durante os próximos sete anos, tornando-se o

maior projeto de energia “renovável” já aprovado pelo MDL (*Thomson Reuters Point Carbon*, 2013). O projeto de Santo Antônio, com mais 4 milhões de créditos de carbono, foi aprovado pelo MDL em 26 de novembro de 2013. Crédito de carbono para barragens como essas representa um impacto sobre o aquecimento global, uma vez que as barragens seriam construídas de qualquer modo, sem subsídio por meio da venda de créditos de carbono (ambas as barragens do rio Madeira estavam quase concluídas no momento em que as propostas foram apresentadas). Este é um problema geral que afeta o MDL, com barragens não adicionais representando uma parte significativa das despesas de mitigação total do MDL (Fearnside, 2013b).

Referências

- Alam, S. 2007. Rio Madeira Project: Hydraulic and Sediment Management Studies. Ministério das Minas e Energia, Brasília, DF. 45 p. Disponível em: http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/Dossie/Mad/Documentos%20Oficiais/Alam%20Sultan%20report/Sultan%20Alam%20report-English-11503.pdf
- Dunne, T., 2007. Response to analyses of flow and sedimentation at the sites of proposed Rio Madeira hydroelectric projects. 08 de julho de 2007. Report to International Rivers, Berkeley, Califórnia, E.U.A. 4 p. http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/Dossie/Mad/Outros%20documentos/Dunne%20parecer.pdf
- Energia Sustentável do Brasil S.A. & GDF Suez Energy Latin America Participações Ltda. 2012. Jirau Hydro Power Plant. Project Design Document (PDD) (18 April 2012) Project Design Document Form for CDM Project Activities (F-CDM-PDD) Version 04-0. 94 p. Disponível em: <http://cdm.unfccc.int/Projects/Validation/DB/M40O2XA6U9D8X8CASOJDWPFTIZ2Z3H/view.html>
- Época. 2008. Usina do Rio Madeira: Um novo acordo com Evo. Época 14 de janeiro de 2008, p. 30.
- Fearnside, P.M. 1989. Brazil's Balbina Dam: Environment versus the legacy of the pharaohs in Amazonia. *Environmental Management* 13: 401-423. doi: 10.1007/BF01867675.
- Fearnside, P.M. 2006. Dams in the Amazon: Belo Monte and Brazil's hydroelectric development of the Xingu River Basin. *Environmental Management* 38: 16-27. doi: 10.1007/s00267-005-00113-6.
- Fearnside, P.M. 2013a. Decision-making on Amazon dams: Politics trumps uncertainty in the Madeira River sediments controversy. *Water Alternatives* 6(2): 313-325.
- Fearnside, P.M. 2013b. Carbon credit for hydroelectric dams as a source of greenhouse-gas emissions: The example of Brazil's Teles Pires Dam. *Mitigation Adaptation Strategies for Global Change* 18: 691-699. doi: 10.1007/s11027-012-9382-6.

- Fearnside, P.M. & Pueyo, S.: 2012. Underestimating greenhouse-gas emissions from tropical dams. *Nature Climate Change* 2: 382-384. doi: 10.1038/nclimate1540.
- Forsberg, B.R. & Kemenes, A. 2006. Parecer Técnico sobre Estudos Hidrobiogeoquímicos, com atenção específica à dinâmica do Mercúrio (Hg). in: Pareceres Técnicos dos Especialistas Setoriais—Aspectos Físicos/Bióticos. Relatório de Análise do Conteúdo dos Estudos de Impacto Ambiental (EIA) e do Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) dos Aproveitamentos Hidrelétricos de Santo Antônio e Jirau no Rio Madeira, Estado de Rondônia. Ministério Público do Estado de Rondônia, Porto Velho, RO. 2 Vols. Parte B, Vol. I, Parecer 2, p. 1-32. Disponível em: http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/Dossie/Mad/Documentos%20Oficiais/Madeira_COBRAPE/11118-COBRAP-report.pdf
- FURNAS (Furnas Centrais Elétricas, S.A.) & CNO (Construtora Noberto Odebrecht, S.A.). 2007. Respostas às Perguntas Apresentadas pelo IBAMA no Âmbito do Processo de Licenciamento Ambiental do Complexo Madeira. Informações Técnicas Nos 17, 19 e 20/2007 COHID/CGENE/DILIC/IBAMA. FURNAS, CNO, Rio de Janeiro, RJ. 239 p. Disponível em: http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/Dossie/Mad/Documentos%20Oficiais/respostas%20empresas.pdf
- FURNAS (Furnas Centrais Elétricas, S.A.), CNO (Construtora Noberto Odebrecht, S.A.) & Leme Engenharia. 2005. EIA-Estudo de Impacto Ambiental Aproveitamentos Hidrelétricos Santo Antônio e Jirau, Rio Madeira-RO. 6315-RT-G90-001. FURNAS, CNO & Leme Engenharia, Rio de Janeiro, RJ. 8 Vols. Paginação Irregular. Disponível em: http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/Dossie/Mad/BARRAGENS%20DO%20RIO%20MADEIRA.htm
- FURNAS (Furnas Centrais Elétricas S.A.), CNO (Construtora Noberto Odebrecht S.A.) Leme Engenharia. 2006. *EIA-Estudo de Impacto Ambiental Aproveitamentos Hidrelétricos de Santo Antônio e Jirau, Rio Madeira-RO*. Tomo E. Complementação e Adequação às Solicitações do IBAMA. Atendimento ao Ofício No. 135/2006 de 24/02/06. 6315-RT-G90-002. FURNAS, CNO, Leme Engenharia, Rio de Janeiro, RJ. 3 Vols. Disponível em: http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/Dossie/Mad/BARRAGENS%20DO%20RIO%20MADEIRA.htm
- Grandin, K. 2012. Variations of methane emissions within and between three hydroelectric reservoirs in Brazil. Department of Ecology and Evolution, Limnology, Uppsala University, Uppsala, Suécia. 71 p. Disponível em: http://www.ibg.uu.se/2FdigitalAssets%2F130%2F130865_172grandin.pdf
- Hällqvist, E., 2012. Methane emissions from three tropical hydroelectrical reservoirs. Committee of Tropical Ecology, Uppsala University, Uppsala, Suécia. 46 p. Disponível em: http://www.ibg.uu.se/digitalAssets/122/122484_hallqvist-emma-report.pdf
- IIRSA (Iniciativa para la Integración de la Infraestructura Regional de Sudamérica), 2007. IIRSA: Visión de negocios del eje Perú-Brasil-Bolivia. Initiative for the Integration of the Regional Infrastructure of South America (IIRSA), Washington, DC. 2007. 34 pp. Online. http://www.iirsa.org/admin_iirsa_web/Uploads/Documents/mer_lima07_ppt_vn_pbb.pdf
- Junk, W.J. (Ed.), 1997. The Central Amazon Floodplain – Ecology of a Pulsing System. Springer-Verlag, Heidelberg, Germany. 525 pp.
- Meade, R.H., 1994. Suspended sediments of the modern Amazon and Orinoco Rivers. *Quaternary International* 21: 29-39.
- Molina Carpio, J. 2007. Sobre el relatório preliminar de Sultan Alam. La Paz, Bolivia: Foro Boliviano sobre Medio Ambiente y Desarrollo (FOMADE), La Paz, Bolivia. 4 p. Disponível em: http://www.fobomade.org.bo%2Frio_madera%2Fdoc%2Fanalisis%2FcomentariosAlam.pdf
- PCE (Projetos e Consultorias de Engenharia, Ltda.). 2007. Estudos sedimentológicos do Rio Madeira. PCE, Rio de Janeiro, RJ. Disponível em: http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/Dossie/Mad/Documentos%20Oficiais/sedimentos-11038.pdf
- PCE (Projetos e Consultorias de Engenharia, Ltda.). FURNAS (Furnas Centrais Elétricas, S.A.) & CNO (Construtora Noberto Odebrecht, S.A.). 2004. Complexo Hidrelétrico do Rio Madeira: Estudos de Viabilidade do AHE Jirau. Processo N° PJ-0519-V1-00-RL-0001), PCE, FURNAS, CNO, Rio de Janeiro, RJ.
- PCE (Projetos e Consultorias de Engenharia, Ltda.), FURNAS (Furnas Centrais Elétricas, S.A.) & CNO (Construtora Noberto Odebrecht, S.A.). 2005. Complexo Hidrelétrico do Rio Madeira: Estudos de Viabilidade do AHE Santo Antônio. Processo N° 48500.000103/03-91. Relatório Final PJ-0532-V1-00-RL-0001), PCE, FURNAS, CNO, Rio de Janeiro, RJ. Disponível em: http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/Dossie/Mad/BARRAGENS%20DO%20RIO%20MADEIRA.htm
- Shalash, S., 1983. Degradation of the River Nile, Parts 1 and 2. *Water Power and Dam Construction* 35(7), 7-43 and 35(8), 56-58. 35, 37-43.
- Tavares, M, Fariello, D. 2013. Aneel autoriza mudança na hidrelétrica de Santo Antônio. *O Globo* 02 de julho de 2013. Disponível em: <http://oglobo.globo.com/economia/aneel-autoriza-mudanca-na-hidreletrica-de-santo-antonio-8894944?service=print>
- Thomson Reuters Point Carbon. 2013. Monthly news highlights – market and policy. *Carbon Market Monitor* 11 de junho de 2013, p. 3. <http://www.pointcarbon.com/news/>.
- Tucci, C.E.M. 2007. Análise dos estudos ambientais dos empreendimentos do rio Madeira. Fevereiro de 2007. Relatório para: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), Brasília, D., 19 p. Disponível em: http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/Dossie/Mad/Documentos%20Oficiais/Alf%20Sultan%20report/sultan_relatorio_tucci.pdf