

The text that follows is a TRANSLATION
O texto que segue é uma TRADUÇÃO

Impactos Ambientais e Sociais de Barragens Hidrelétricas na Amazônia Brasileira: As Implicações para a Indústria de Alumínio

Please cite the original article:
Favor citar o trabalho original:

Fearnside, P.M. 2016. Environmental and social impacts of hydroelectric dams in Brazilian Amazonia: Implications for the aluminum industry. *World Development* 77: 48-65. doi: 10.1016/j.worlddev.2015.08.015 (online version published 12 September 2015).

Preprint available at:
Preprint disponível em:

<http://philip.inpa.gov.br>

The original publication is available at:
O trabalho original está disponível em:

<http://www.elsevier.com/>
<http://dx.doi.org/10.1016/j.worlddev.2015.08.015>

Impactos Ambientais e Sociais de Barragens Hidrelétricas na Amazônia Brasileira: As Implicações para a Indústria de Alumínio

Philip M. Fearnside

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA)

Av. André Araújo, 2936

69.067-375 Manaus-Amazonas

E-mail: pmfearn@inpa.gov.br

Tradução de:

Fearnside, P.M. 2015. Environmental and social impacts of hydroelectric dams in Brazilian Amazonia: Implications for the aluminum industry. *World Development* doi: 10.1016/j.worlddev.2015.08.015.

RESUMO

A fundição de alumínio consome grandes quantidades de energia elétrica e contribui para impulsionar a construção de barragens em todo o mundo. O Brasil planeja construir dezenas de hidrelétricas na Amazônia brasileira e em países vizinhos. Os benefícios são muito menos do que é retratado, em parte, porque a eletricidade é exportada em produtos eletrointensivos, como o alumínio, criando pouco emprego no Brasil. As barragens afetam perversamente as instituições democráticas e as políticas públicas. A exportação de alumínio oferece um exemplo de como um repensar do uso da energia é necessário como ponto de partida para a revisão da política energética. Os impactos de barragens têm sido sistematicamente subestimados, incluindo deslocamento de população e perda de meios de subsistência (especialmente a pesca), perda de biodiversidade e emissões de gases de efeito estufa.

Palavras-chave:

indústria de alumínio, Amazônia, barragens, política energética, aquecimento global, hidrelétricas, barragens, eletricidade

INTRODUÇÃO

As barragens têm sido construídas na maioria dos principais rios dos países industrializados, e a combinação da diminuição da disponibilidade de locais com potencial hidrelétrico na América do Norte e Europa e a diminuição da tolerância do público nessas áreas para aceitar grandes impactos tem levado a um deslocamento da atividade de construção de barragens para os países em desenvolvimento (Khagram, 2004). Até 2014, existiam 37.641 barragens do mundo com ≥ 15 m de altura, 36.259, destas tendo dados sobre uso, das quais 8.689 eram total ou parcialmente para hidreletricidade (ICOLD, 2014). Além de um aumento na atividade de construção de barragens na China e na região do Himalaia, a construção está aumentando e planos para o futuro são enormes em áreas tropicais na América Latina, África e sudeste da Ásia (e.g., Richter et al., 2010; Tollefson, 2011). A fundição de alumínio, uma atividade que consome grandes quantidades de eletricidade, também se deslocou progressivamente para esses locais, inclusive ao Brasil (do Rio, 1996). As consequências ambientais e sociais são enormes nos locais onde as grandes barragens são construídas. Exemplos icônicos incluem as barragens de Narmada na Índia (Morse et al., 1992; Dai Qing, 1994; Fisher, 1995), de Três Gargantas na China (Fearnside, 1988, 1994) e as barragens planejadas Rio Mekong no sudeste da Ásia (Grumbine & Xu, 2011; Baran et al., 2012). Ignorar ou subestimar os impactos na tomada de decisão é, de nenhuma maneira, restrito aos países em desenvolvimento, como mostrado pela história da construção de barragens nos Estados Unidos (Morgan, 1971). As barragens têm benefícios, bem como impactos, mas são os grandes impactos que fazem a consideração de como a eletricidade é usada um aspecto vital (e frequentemente negligenciado) no planejamento e tomada de decisão em países tropicais.

As decisões sobre a construção de barragens são não apenas influenciadas pelo equilíbrio (ou falta dele) em relatórios como o Estudo de Impacto Ambiental (EIA), mas também por processos políticos, incluindo a ação de organizações não-governamentais desde associações populares dos atingidos até organizações internacionais ambientais e

de direitos humanos. Khagram (2004) revisou os papéis desses atores nas decisões sobre barragens em vários países em desenvolvimento, mostrando as diferenças entre os países com elevados graus de democracia e de mobilização social (Índia e Brasil), com democracia mas com baixa mobilização (África do Sul e Lesoto), pouca democracia mas alta mobilização (Indonésia) e níveis baixos tanto de democracia como de mobilização (China). É evidente o poder dos interesses financeiros e políticos em torno de barragens, incluindo interesses transnacionais, mesmo onde a sociedade civil é livre e ativa.

O Brasil lançou-se em uma campanha sem precedentes para construir hidrelétricas na região amazônica (Figura 1). Na Amazônia Legal brasileira existem 15 represas "grandes" (definidas no Brasil como > 30 MW de capacidade instalada) com reservatórios cheios até maio de 2015. Além disso, há outras 37 barragens "grandes" planejadas ou em construção, incluindo 13 represas ainda não enchidas incluídas no plano de expansão de energia 2012-2021 (Brasil, MME, 2012, p. 77-78). A retração econômica do Brasil, desde esse plano, resultou no alongamento dos horizontes temporais para vários desses projetos, mas o plano de 2014-2023 ainda inclui 18 represas amazônicas na sua lista para construção em 10 anos (Brasil, MME, 2014, p. 80-81). Muitas outras têm sido inventariadas (e.g., Brasil, ANA, s/d [C. 2006], p. 51-56), incluindo 62 barragens adicionais listadas no "Plano 2010" (Brasil, ELETROBRÁS, 1987; ver: Fearnside, 1995). Além disso, o Brasil planeja construir seis hidrelétricas no Peru e uma na Bolívia ao longo deste período, principalmente para a exportação de eletricidade para o Brasil (Finer & Jenkins, 2012; Wiziack, 2012).

[Figura 1 aqui]

O principal argumento usado para promover a energia hidrelétrica como a opção preferencial do Brasil para a produção de eletricidade é que as barragens (supostamente) são a opção menos cara em termos de investimento monetário por kWh da geração. No entanto, este argumento é duvidoso porque barragens quase sempre custam muito mais e levam mais tempo para construir do que originalmente se supunha, tornando-as consideravelmente menos atraente em termos financeiros do que se pensa quando a decisão é tomada. Este é um fenômeno mundial, como foi mostrado por uma revisão global recente de centenas de projetos hidrelétricos não rentáveis (Ansar et al., 2014). No Brasil, por exemplo, o custo da barragem de Belo Monte já é o dobro do valor que do governo estimativa inicialmente (e.g., *Veja*, 2013). Além do alto custo de barragens em termos de gastos de dinheiro, os custos não-monetários sociais e ambientais dessa opção são enormes e têm pouco peso nas decisões críticas sobre opções de energia. Muitas das barragens planejadas no Brasil estão na Amazônia, porque os melhores locais em outras regiões do País já foram represados.

O presente trabalho examina os custos e benefícios ambientais e sociais do alumínio primário e revisa os impactos de barragens na Amazônia. O trabalho é limitado em abordar a relação entre o alumínio e barragens da Amazônia e seus impactos; uma reforma da política de energia requer resolver muitas outras questões necessárias para reduzir o consumo de energia e para fornecer fontes alternativas de energia elétrica. No entanto, a política energética do Brasil pode ser dividida e tratada em partes mais manejáveis. Um bom lugar para começar é a questão da exportação de alumínio. A mudança é melhor alcançada centrando a atenção sobre um ou alguns

poucos fatores (o alumínio neste caso) e identificando os pontos críticos que impedem que os objetivos sociais e ambientais sejam alcançados. Esta é uma abordagem no campo da ecologia política.

Em uma revisão sobre a ecologia política das grandes barragens, Nüsser (2003) concluiu que a indústria de alumínio é "intimamente vinculado ao *lobby* de construção de barragens". As questões em torno da indústria de alumínio na Amazônia brasileira também são essenciais para outras áreas de pesquisa. Paul Ciccantell aplicou tanto a abordagem construcionista social da sociologia ambiental (Ciccantell, 1999a) como o novo materialismo histórico (que combina métodos da sociologia ambiental, da sociologia do desenvolvimento e da avaliação do impacto social) para interpretar o papel destes desenvolvimentos na globalização. Ele concluiu que "a incorporação da Amazônia através da indústria da alumínio é um caso chave de desenvolvimento baseada em matérias-primas na era da globalização" (Ciccantell, 1999b, p. 177). A distribuição altamente desigual dos impactos e benefícios do alumínio da Amazônia levanta questões de justiça ambiental; preocupações deste tipo têm sido mostradas para serem importantes em levar a mudanças tanto no nível do indivíduo como da sociedade (e.g., Reese & Jacob, 2015).

O alumínio e as hidrelétricas se encaixam no paradigma da "maldição dos recursos naturais", que é mais conhecido para o caso da mineração, mas que também se aplica a outras formas de desenvolvimento onde indústrias intensivas extraem valiosos recursos naturais. O aparente paradoxo dos países com as maiores riquezas minerais terem as incidências mais altas de pobreza e os índices mais baixos de bem-estar social é uma generalização bem conhecida e robusta. Quanto maior a porcentagem do produto interno bruto de um país é derivado da extração de minerais, maior a sua pobreza (e.g., Sachs & Warner, 1995; Ross, 2001; Weber-Fahr, 2002; Pegg, 2003; Rich, 2013). Vários fatores contribuem para a explicação deste fenômeno (Collier, 2007, p. 38-52). Uma é a "doença holandesa", nomeada após eventos na década de 1960 quando o advento das receitas de gás do Mar do Norte teve o resultado irônico de piora no emprego e no bem-estar geral da Holanda. Isto era porque a receita dos recursos naturais causou a moeda do país a ficar mais forte, tornando antieconômicas as indústrias de manufatura e outras geradoras de emprego que anteriormente tinham sustentado a economia. Outro fator é a volatilidade dos preços das *commodities* extrativas, levando a efeitos que prejudicam a governança e as instituições democráticas tanto durante a fase de *boom* como na queda. Outro fator levando a degradação da governança, e o conseqüente impacto sobre os pobres, é a tendência da extração de recursos para gerar riqueza para as grandes empresas ou indivíduos ricos. Esta distribuição afeta o financiamento dos governos centrais, tanto através da tributação como através de contribuições mais diretas aos dirigentes políticos por meio de doações eleitorais e/ou corrupção. Esses líderes, então, tornam-se mais sensíveis às demandas de seus benfeitores do que aos interesses da população em geral. A exploração de centrais hidrelétricas se encaixa nesse paradigma, embora, no caso do Brasil, a eletricidade exportada em alumínio é apenas uma parte de uma mudança mais ampla na economia do País, com a manufatura sendo cada vez mais eclipsada por *commodities* primárias como soja e minério de ferro. Barragens são construídas por grandes empresas, produzem muito pouco emprego após a fase de construção (especialmente se a energia é usada para o alumínio) e as empresas de construção de barragens representam grandes doadores para os líderes políticos (como no caso do Brasil: consulte a seção sobre "O papel da corrupção").

O objetivo principal deste trabalho é examinar os custos e benefícios sociais e ambientais da produção de alumínio primário e analisar os impactos das barragens na Amazônia. Os pesados impactos ambientais e sociais de barragens fazem com que exportar eletricidade na forma de alumínio seja uma escolha ruim para o desenvolvimento.

Custos e benefícios do alumínio

O alumínio e a construção de barragens

No Plano de Expansão de Energia 2011-2020, o governo brasileiro justifica-se destes planos ambiciosos no pressuposto de que o produto interno bruto (PIB) do país vai crescer em 5% ao ano durante o período, e a demanda por eletricidade aumentará no mesmo ritmo (Brasil, MME, 2011, p. 17 & 29). Em deferência a um inegável abrandamento econômico, o plano de 2012-2021 revisou a taxa anual para 4,4% para o período 2012-2016, mas manteve a taxa de 5% depois disso (Brasil, MME, 2012, p. 21). Em qualquer caso, manter estas taxas conduziria a uma astronômica demanda por eletricidade dentro de alguns anos como uma simples consequência da matemática de crescimento exponencial. Há muito espaço para questionar tanto o realismo destes pressupostos (e.g., Costa, 2012) e a sabedoria de componentes importantes do crescimento futuro presumido, particularmente a exportação de *commodities* de consumo intensivo de energia, como o alumínio. O pressuposto é que o governo deveria correr para produzir eletricidade para fornecer qualquer quantidade de energia que o mercado "demanda" sem questionar se esses usos são benéficos para a sociedade brasileira. Esta demanda é cada vez mais moldada pelas exportações para mercados globais (Bermann, 2012c). No caso de alumínio primário, o insumo chave é a eletricidade ao invés de minérios ou mão-de-obra. Em um painel de discussão no 4º Congresso Internacional do Alumínio, em São Paulo em 2010, o Presidente da Alcoa América Latina e Caribe afirmou que a eletricidade representa 50% dos custos de produção total em Barcarena e São Luis (Highbeam Business, 2010). Em 1989, a eletricidade representava 35% dos custos operacionais para fundição de alumínio primário no Brasil, enquanto mão-de-obra representou 10% dos custos (E.U.A., DOE, 1997, p. 16). As despesas com energia elétrica e a sua proporção do custo total dependem muito da tarifa cobrada pela eletricidade, que varia em diferentes locais e períodos históricos, mas invariavelmente é subsidiada. Se a tarifa fosse a mesma que é cobrada aos consumidores residenciais, por exemplo, a eletricidade representaria uma proporção muito maior das despesas. As tarifas em contratos com empresas de alumínio têm sido condicionadas ao preço internacional do alumínio em grande parte do mundo, inclusive no Brasil (e.g., Brasil, MME, 1979). Isso cria uma situação perversa, onde o preço determina o custo, ao invés de o inverso (Burns, 2013). O resultado é o padrão de pesados subsídios e preços artificialmente baixos de alumínio e de eletricidade.

Em 2004 uma grande concessão de preço expirou: a concessão durante 20 anos (1984-2004) dada à Albrás (uma companhia composta por 33 empresas japonesas mais a Companhia Vale do Rio Doce – uma empresa de mineração do governo brasileiro que foi privatizada em 1997). A concessão tinha definido o preço da eletricidade, tal que o custo da energia consumida em fundição não excedesse 20% do preço internacional do alumínio (Brasil, MME, 1979), ou apenas um sexto do que pagaram os consumidores

residenciais e um terço a metade do custo de geração da energia (Fearnside, 1999). A expiração da concessão era uma oportunidade para o Brasil se livrar deste dreno dos seus recursos energéticos ou para cobrar um preço que iria recuperar o custo total e fornecer um retorno razoável ao Brasil. Em vez disso, outra concessão de 20 anos foi concedida a preços altamente subsidiados que os proprietários da fábrica estavam confiantes iam assegurar a continuidade de alta rentabilidade (Vale, 2004).

Os lingotes de alumínio representam a energia elétrica em uma forma que pode ser carregada em um navio e levado embora. Muitas outras partes do mundo preferem importar os lingotes do que produzi-los em casa porque gerar grandes quantidades de eletricidade necessária para fundir o alumínio teriam grandes impactos sociais e ambientais (Switkes, 2005; Müller-Plantenberg, 2006). A fundição em si também tem múltiplos impactos, tais como vários tipos de cânceres ocupacionais e outras doenças (Norseth, 1995). Impactos sociais podem ser substanciais, como no caso da usina da Albrás, em Barcarena, Pará (Coelho et al., 2004; Monteiro & Monteiro, 2007). Essencialmente, os países que importam lingotes de alumínio ou produtos (incluindo produtos parcialmente transformados como barras e chapas) estão exportando o impacto ambiental e social destes produtos para lugares como o Brasil. O governo brasileiro vê a combinação de jazidas de bauxita e rios capazes de produzir energia hidrelétrica como uma oportunidade para explorar uma vantagem competitiva na exportação de alumínio (de Andrade et al., 2001; Ciccantell, 2005). A pergunta é se isto representa uma escolha sábia.

Enquanto as represas sendo construídas pelo governo brasileiro produzem energia que é comprada por usinas de alumínio (com tarifas subsidiadas), a "autoprodução", ou a construção e a operação de barragens por empresas de alumínio, também está aumentando (e.g., Bermann, 2004). Barragens para autoprodução na Amazônia brasileira estão listadas na Tabela 1. Nota-se que as cifras oficiais para pessoas afetadas (International Rivers, 2012) podem ser significativamente subestimadas, especialmente para a represa de Santa Isabel (Mougeot, 1990, p. 98).

[Tabela 1 aqui]

Com exceção de casos onde barragens são construídas e possuídas pelas próprias empresas de alumínio, a associação entre barragens específicas e a fundição de alumínio é cada vez mais tênue, sendo que a eletricidade no Brasil tem se tornado progressivamente mais integrada desde a criação do Sistema Interligado Nacional (SIN) em 1995. Todos os estados brasileiros deveriam estar conectados ao SIN até o final de 2015, embora a data para finalizar as linhas de transmissão para o último estado, a Roraima, vem sendo sucessivamente adiada. A hidrelétrica de Tucuruí, que bloqueou o Rio Tocantins em 1984, fornece um exemplo de uma barragem construída principalmente para alumínio (Pinto, 1997; Fearnside, 1999, 2001). Em 1989, 49,9% de toda a eletricidade consumida no Estado do Pará foi para as usinas de Albrás em Barcarena (Brasil, ELETRONORTE, 1987). Além de uma linha de transmissão direta de Tucuruí para Barcarena também tem uma linha direta para a fábrica de Alumar em São Luis, no Estado do Maranhão. Hoje, as novas barragens ligadas ao SIN fornecem energia para uma enorme rede nacional, que fornece eletricidade para usinas de alumínio em vários locais. Um resultado do advento do SIN é que os proponentes das hidrelétricas podem sempre alegar que a energia vai para as casas do povo brasileiro.

Em 2008, o setor residencial representou apenas 22,3% do uso da eletricidade do Brasil, enquanto a indústria pesada (incluindo alumínio) foi responsável por 28,6%, a indústria leve 17,4%, o comércio e serviços 14,6%, governo 8,0%, energia 4,3%, agricultura 4,3%, mineração 2,6% e transporte 0,4% (Bermann, 2012a). O fato é que a eletricidade usada do SIN por empresas de alumínio é mais do que a geração de qualquer uma das barragens planejadas na região amazônica.

Em 2007, o consumo total de eletricidade no Brasil foi de 412,1 TWh (Brasil, MME, 2009, p. 26), enquanto o uso de alumínio primário foi de 25,13 TWh (ABAL, 2008, p. 48), ou 6,1% do total. Além de alumínio primário (lingotes), uma forma crescente de exportação é como chapas ou barras. É claro que o País também usa grandes quantidades de energia para outros fins. A explosão das represas amazônicas claramente não é impulsionada por alumínio sozinho, e é necessária uma ampla reforma das políticas de energia do País. Não obstante, o alumínio primário se destaca pelos altos impactos deste produto e pelos seus parcos benefícios para o Brasil. A possibilidade de expansão em grande escala das exportações de alumínio é real, uma vez que a demanda mundial por alumínio primário é esperada aumentar enormemente nas próximas décadas (Bergsdal et al., 2004). Ao contrário de produtos finais, com consumidores finais no Brasil, a demanda potencial global é essencialmente infinita do ponto de vista de qualquer dado país, mesmo um país tão rico em recursos energéticos como o Brasil. Em outras palavras, não há nenhum ponto de parada natural onde a pressa do Brasil para construir cada vez mais barragens seria interrompida por falta de mercados para o alumínio e outros produtos eletrointensivos. Decisões críticas, tais como quais os tipos de produto o País deve exportar e se deve construir dezenas de barragens na Amazônia, precisam ser feitas de forma racional e democrática, ao invés de ser entregues para a “mão invisível” da economia global.

O Alumínio e os retornos econômicos

O alumínio exportado é isento do principal imposto do Brasil--o imposto sobre circulação de mercadorias e serviços (ICMS). Este é um resultado da "Lei Kandir" (lei complementar n.º 67/1996). Sendo que a fundição de alumínio localizada na Amazônia é quase que exclusivamente para exportação, as usinas pagam pouco imposto, enquanto as usinas no resto do País, que abastecem principalmente indústrias de transformação para consumo doméstico, pagam muito mais. As taxas de imposto "nominais" cobradas das usinas amazônicas de Albrás e Alumar são estimadas em 18% e 13% da receita bruta, respectivamente, mas o imposto "efetivo" pago (após descontar incentivos fiscais e outros benefícios) é de apenas 8% em ambos os casos (Cardoso et al., 2011, p. 70). Por outro lado, a Companhia Brasileira de Alumínio (CBA), localizada nos Estados de São Paulo e Minas Gerais, vende 71% da sua produção no mercado interno; sua taxa nominal de imposto de 21% é apenas ligeiramente reduzida para 20% como taxa efetiva (Cardoso et al., 2011, p. 71).

O Brasil exportou 404.848 t de lingotes de alumínio em 2013, valendo US\$ 789,9 milhões (ABAL, 2014, p. 25 & 27). Com uma tributação efetiva de 8%, isto gerou apenas US\$ 63,2 milhões em receitas para o governo brasileiro – uma quantidade minúscula em comparação com o custo financeiro e os danos infligidos pelas hidrelétricas que estão por trás da indústria.

As importações brasileiras de alumínio têm aumentado, incluindo produtos intermediários, tais como chapas e hastes (Tabela 2). Parte da oferta de lingotes e outras formas sem transformação de alumínio para indústrias de transformação na região sudeste do Brasil vem de importações, principalmente da Argentina. Estas importações representam 12,6% do alumínio primário que não é exportado em forma bruta (Tabela 2). Ao contrário das usinas de fundição no sudeste do Brasil, as usinas na Amazônia são dedicadas para exportação; o principal destino para lingotes é o Japão.

[Tabela 2 aqui]

O consumo doméstico de alumínio tem subido no Brasil desde 2004, aproximadamente chegando ao dobro em 2013, e a indústria espera aumentar ainda mais até 2020 (Massarente et al., 2013, p. 4). As exportações continuam a ser dominadas por lingotes e outros produtos sem transformação: 80,8% do peso exportado são nesta forma, enquanto outras 12,3% são em produtos semi-acabados e apenas 6,9% são em produtos manufaturados (Tabela 2). O impacto das barragens hidrelétricas que sustentam essas exportações é proporcional ao peso do alumínio exportado, não ao seu valor. A maior parte do valor das exportações é, também, representada por alumínio não transformado: 58,9% do total (Tabela 2).

O alumínio e o emprego

O Presidente da Associação Brasileira do Alumínio (ABAL) elogia a produção de alumínio e hidrelétricas "para o crescimento do Brasil" (Azevedo, 2011). A implicação de que a fundição de alumínio primário esteja contribuindo para o alívio da pobreza e do desemprego no Brasil é enganador porque o custo de produzir os poucos empregos que são criados pelo alumínio primário significa sacrificar a oportunidade para o Brasil usar seus recursos financeiros e energéticos em outras maneiras mais benéficas. O emprego é mínimo na produção de alumínio primário. Em 2013, fundições brasileiras usaram 19.852 GWh de energia elétrica e sustentaram 28.928 empregos diretos (ABAL, 2014, p. 10 & 34). Isto representa apenas 1,46 empregos por GWh de eletricidade, valor até inferior aos 2,7 empregos/GWh calculado por Bermann e Martins (2000, p. 90).

A construção de Belo Monte envolve dos custos monetários estimados, totalizando mais que R\$ 40 bilhões [aproximadamente US\$ 20 bilhões na época das estimativas]. Isto é o custo R\$ 30 bilhões estimado pelas empresas de construção em 2010 para a represa em si, mais os R\$ 5 bilhões contratados em 2014 para a primeira linha de transmissão e R\$ 7,7 bilhões contratados em 2015 para a segunda linha. No caso de Belo Monte, a escolha não é entre esta barragem ou nada, mas entre investir esta quantia de dinheiro em Belo Monte versus investir a mesma quantia em outra coisa. O custo da decisão de investir em Belo Monte não é apenas uma das oportunidades de criação de empregos perdidos, mas também os impactos ambientais e sociais significativos no Rio Xingu, tanto acima como abaixo da barragem (e.g., Santos & Hernandez, 2009).

Os números para emprego apresentados pelo Presidente da ABAL são agregados de uma forma que torna o alumínio parecer ser melhor do que é. Os números apresentados para o emprego mesclam os dados do beneficiamento de alumínio

primário com o emprego em indústrias de "transformação" e com os empregos "indiretos" na economia mais ampla. O Presidente da ABAL alega que há 350.000 empregos "diretos e indiretos" (Azevedo, 2011). Isto é, aparentemente, uma expansão do que se entende por "indireta" da estimativa para 2009 no quarto relatório de sustentabilidade (2010) da ABAL de 346.000 empregos descrito como "direto, indireto e reciclagem" (ABAL, 2011, p. 31). Destes, 130.000 são "diretos e indiretos" e 216.000 estão em reciclagem (ABAL, 2011, p. 17). Particularmente pungente é a inclusão de reciclagem nestes números. O Brasil tem algumas das taxas de reciclagem de alumínio mais altas do mundo: 98,2% para reciclagem de latas de alumínio (ABAL, 2011, p. 46). Embora isso, sem dúvida, seja uma característica positiva, é menos um reflexo da consciência verde do que das desigualdades econômicas do País: muitas pessoas pobres sobrevivem pela recuperação de latas de alumínio jogadas na beira da estrada ou de lixões urbanos. Estes postos de trabalho, é claro, ainda estariam lá mesmo se nenhum alumínio primário fosse produzido no Brasil.

O anuário estatístico da ABAL de 2013 indica 90.509 postos de trabalho nas indústrias de transformação, ou seja, três vezes mais do que os 28.928 empregos na fundição de alumínio primário (ABAL, 2014, p. 10). A ABAL (2014, p. 10) afirma que há 382.449 empregos "indiretos". Deve-se reconhecer que empregos "indiretos" não podem ser creditados ao alumínio, sendo que qualquer outra forma de investimento também criaria esses empregos quando o dinheiro pago em salários se espalha através de comunidades do entorno para criar postos de trabalho no comércio, serviços, etc. Os empregos indiretos são mais ou menos proporcionais ao número de empregos diretos criados, que, no caso de alumínio primário, é extraordinariamente baixo, tanto em termos de empregos por unidade de dinheiro investido na indústria como em termos de empregos por GWh de eletricidade consumida (Bermann & Martins, 2000; Bermann, 2002; Monteiro & Monteiro, 2007). Apenas os postos de trabalhos de alumínio primário são relevantes para o debate em torno de novas barragens como Belo Monte.

A ABAL alega merecer o crédito pelos benefícios "indiretos" da produção de alumínio, mas não se responsabiliza por eventuais impactos que não sejam aqueles dentro das paredes da própria fábrica de alumínio. A ABAL (2010) estima que as emissões de gases do efeito estufa sejam 6.661 t de CO₂-eq / t de alumínio primário, ou 0,15% das emissões nacionais do Brasil. Infelizmente, o impacto das barragens hidrelétricas construídas para fornecer energia para essas fábricas é parte integrante do impacto da fundição de alumínio. O alto consumo de eletricidade do alumínio é até retratado como uma *benefício* indireto para o Brasil no Relatório de Sustentabilidade 2010 da ABAL: "Você sabia que... O setor do alumínio, por consumir energia com alto fator de carga durante 24 horas por dia, permite uma remuneração muito importante para o sistema gerador de energia hidrelétrica, contribuindo para a capacidade de investimento do setor de energia e sua expansão." (ABAL, 2011, p. 37).

Ninguém gostaria de sugerir que o Brasil não deverá produzir alumínio para seu próprio consumo, mas definir o que é "consumido" no país é um rótulo escorregadio e facilmente manipulável. Lingotes de alumínio que são exportados são obviamente não "consumidos", mas que tal o próximo passo na cadeia: alumínio na forma de barras ou de chapas? Esta primeira etapa de transformação produz algum emprego, mas muito menos do que as etapas posteriores de fabricação que fará produtos de consumo a partir dessas formas intermediárias. O alumínio é "consumido" no Brasil quando produtos

intermédios são produzidos e exportados? O emprego que geram é, sem dúvida, mínimo em comparação com o impacto financeiro, social e ambiental das barragens hidrelétricas que produzem o insumo principal para estes produtos: a eletricidade usada para fundição de alumínio primário. Produtos de exportação no topo da cadeia, como um avião feito de alumínio pela EMBRAER, produzem muito benefício ao País que ninguém iria querer perder. No entanto, produtos como aviões representam uma parte minúscula do alumínio total exportado pelo Brasil. Todos os aviões produzidos em 2011 (EMBRAER, 2012) multiplicados por seus respectivos pesos vazios representam um máximo de 3.409 toneladas, presumindo que eles são compostos apenas de alumínio. Isto representa apenas cerca de 0,2% da produção de alumínio primário do Brasil, que, em 2011, era de 1.861 milhão de toneladas (extrapolada a partir de dados disponíveis referentes aos anos anteriores). Onde a linha é traçada entre "consumo" e "exportação" tem efeitos drásticos sobre a política. Alguma mudança nas definições pode explicar os números estranhos sobre exportação apresentados pela ABA (Azevedo, 2011).

A ABAL indica que 56% do alumínio estava sendo "consumido" no mercado interno em 2007 (ABAL, 2008, p. 30), significando que 44% estava sendo exportado como alumínio primário. Em 2009 o consumo interno foi de 72% (ABAL, 2011, p. 31). O salto para 87% (1.3 entre 1,5 milhão de toneladas) em 2010, apresentado pela ABAL (Azevedo, 2011) provavelmente representa a aceleração de uma tendência para exportar mais do alumínio em formas ligeiramente mais acima na cadeia de transformação (diferente daquilo a ser consumido pelos usuários finais no Brasil). No entanto, para o alumínio produzido na Amazônia esta tendência bemvinda parece não se aplicar. Os dados da ABAL indicam os destinos de exportação, liderados por países europeus (30,6%), seguidos pelos E.U.A. (28,6%), Japão (22,2%) e outros (18,6%) (ABAL, 2005, p. 20). O aumento na produção de alumínio do Brasil entre 2000 e 2008 (Bermann, 2012a) corresponde a uma taxa de crescimento de 3,9% ao ano. O Plano de Expansão de Energia 2011-2020 projeta uma produção anual de 2,537 milhões de toneladas até 2020 (Brasil, MME, 2011), que corresponde a um aumento de 3,6% ao ano de 2008 a 2020. O plano de 2012-2021 reduziu esta projeção para 1,1% ao ano, com base na alegação da ABAL de que a eletricidade do Brasil é mais cara do que em países concorrentes (Brasil, MME, 2012, p. 28 & 35).

A título de ilustração, o Brasil poderia, se quisesse, importar o alumínio em qualquer fase da cadeia de produção, desde lingotes de alumínio primário até produtos acabados. Em 2009 o Brasil importou 162 mil toneladas de alumínio em forma de produtos acabados ou componentes, ou 16% do total "consumido" no País (ABAL, 2011, p. 31). Imagine, por fins de argumento, que o Brasil cessasse a produção de alumínio primário por completo e importasse lingotes suficientes para fornecer todos os três grupos: aqueles que fazem produtos de alumínio cujos consumidores finais são no Brasil, aqueles que fazem produtos finais para exportação, e aqueles que exportam produtos intermediários, tais como barras e chapas de alumínio. Neste caso, a quantidade de emprego na transformação e na manufatura do produto final seria o mesmo como é hoje. A diferença está no custo de produção do alumínio primário no mercado interno versus o custo de importá-lo. Já que o custo real da produção de alumínio primário, é em grande parte, não-monetário, sendo em forma de destruição social nos lugares onde as hidrelétricas são construídas e em impactos ambientais, tais como as emissões de gases de efeito estufa, tal escolha pode não ser tão irracional assim para o Brasil. A opção está sempre aberta para produzir apenas o suficiente de alumínio

primário no Brasil para a fabricação de produtos finais que são consumidos no País, além de algumas exportações selecionadas de alto benefício, como aviões. O fim das exportações de lingotes crus, de bobinas de barras de alumínio e rolos de chapas de alumínio e de materiais de construção, embalagens e outros produtos de menor benefício, seria um pequeno preço a pagar comparado à destruição causada por hidrelétricas. O dinheiro economizado do investimento em barragens e dos produtos de alumínio menos nobres poderia ser investido em outras indústrias com maiores benefícios de emprego do que aqueles fornecidos por esta parte da cadeia de alumínio e sua indústria hidrelétrica associada.

Os inconvenientes associados com alumínio também se aplicam a outros productos eletrointensivos que são produzidos para exportação com energia das barragens na Amazônia. Ferro-ligas produzem menos emprego do que o alumínio primário: 1,1 empregos por GWh consumido (Bermann & Martins, 2000, p. 90). O Brasil produziu 0,984 milhão de toneladas de ferro-ligas em 2008 (Bermann, 2012a) e a produção anual deverá crescer para 2,060 milhões de toneladas até 2020 (Brasil, MME, 2011), implicando uma taxa de crescimento de 6,4% ao ano. Em 2008, a produção de ferro-ligas consumiu 7.143,8 GWh e alumínio primário consumiu 25.247,2 GWh (Bermann, 2012a). Até 2020, o uso da eletricidade para ferro-ligas aumentaria para 14.955,4 GWh e o uso para o alumínio para 38.562,4 GWh. O total para estes dois produtos em 2020 (53.518,6 GWh) corresponde a um aumento de 4,2% ao ano desde 2008. Como regra geral, em muitos países, o investimento em *commodities* primárias, tais como estes, produz significativamente menos benefício para indicadores nacionais de bem-estar econômico do que outros tipos de investimento (Carmignani & Avom, 2010). A energia incorporada neste comércio é particularmente importante no caso do Brasil (Machado et al., 2001; Bermann, 2011).

Alumínio no contexto dos mercados internacionais

O preço internacional do alumínio tem aumentado e caído ao longo das últimas décadas, com impactos lógicos na força desta mercadoria na condução de decisões sobre construção de barragens. Estes ciclos de preço podem ser esperados para continuar no futuro. Durante os períodos com preços atrativos, o alumínio tem sido um dos motivos (e em muitos casos o principal motivo) para a construção de algumas das barragens de maior porte do mundo, que são também algumas com os maiores impactos ambientais e sociais. Estas incluem as hidrelétricas de Tucuruí no Brasil, Akosombo no Gana, o complexo de James Bay no Canadá, Guri na Venezuela e várias barragens na região da Patagônia no Chile (Gitlitz, 1993). As barragens Inga existentes e planejadas no Rio Congo tiveram uma longa história de conexão com o alumínio, com um enorme complexo de usinas de fundição oriundos de vários países planejado desde a década de 1970 até o início dos anos 1980 e novamente na década de 2000 antes da derrocada financeira mundial de 2008 (Misser, 2013). Além de flutuações de preços, acontecimentos políticos e militares na República Democrática do Congo têm impedido a implementação do plano (Misser, 2013); no entanto, o Congo é especificamente mencionado pelo Instituto Internacional de Alumínio (IAI) como um local provável para futuras usinas de fundição (Nappi, 2013, p. 27).

Os preços de alumínio caíram dramaticamente de US\$ 3.000/tonelada para US\$ 1.250/tonelada com a crise financeira global em 2008; os preços recuperaram

parcialmente a US\$ 2.750/tonelada até abril de 2011 e depois declinaram até um platô em torno de US\$ 2.000/tonelada em meados de 2013, onde permaneceram até abril de 2015 (LME, 2015). Preços baixos causaram o adiamento de planos de expansão de usinas brasileiras. Por exemplo, em 2009, a Votorantim colocou em espera uma expansão planejada de 100.000 t/ano da sua usina com capacidade de 475.000 t/ano em Sorocaba, São Paulo, enquanto ao mesmo tempo investia em uma nova usina de alumínio em Trinidad e Tobago, onde o financiamento chinês havia sido atraído com uma oferta de eletricidade barata durante 30 anos, gerada a partir das reservas abundantes de gás natural do país (Ribeiro, 2009). Presumivelmente, em alguma data futura a demanda global deverá ter uma elevação suficiente para fazer investimentos em fundições no Brasil e em outros lugares atraente novamente.

Os baixos preços que afetam as decisões no Brasil têm efeitos similares em todo o mundo. Em dezembro de 2013, um ano depois que um memorando de entendimento havia sido assinado com o governo paraguaio, a empresa Rio Tinto Alcan "adiou" uma usina de fundição de alumínio de US\$ 4 bilhões no Paraguai que havia sido programado para entrar em operação em 2016 produzindo 674.000 toneladas por ano (Reuters, 2013). Este adiamento foi motivado pelo baixo preço do alumínio, combinado com um excesso de capacidade de muitas usinas de alumínio em todo o mundo devido à atitude inesperada da China em fundir mais de seu próprio alumínio em vez de importá-lo (Trefis, 2013). Fundição de alumínio primário da China aumentou de 2,7 milhões para 21,9 milhões de toneladas por ano no período de 2000 a 2013, e aumentou ainda mais para 27,7 milhões de toneladas por ano em 2014 (IAI, 2015).

O crescimento global projetado da demanda por alumínio primário para 2013-2030 implica o equivalente a 40-50 novas usinas de 500.000 t/ano, além de usinas adicionais para substituir algumas das instalações existentes que serão desmanteladas ou ficarão ociosas durante este período (Nappi, 2013, p. 26). Mudanças nos locais de produção de alumínio primário são esperadas para ser no sentido de "regiões onde a energia ociosa pode estar disponível" (Nappi, 2013, p. 27). Entre os fatores que deverão influenciar estas mudanças estão as restrições nas emissões de CO₂ proveniente de fontes de energia. Apesar de barragens tropicais não serem "verdes" em termos de gases de efeito estufa (Fearnside, 2015a,b), este argumento é provável ser usado para favorecer o movimento da capacidade de fundição para o Brasil e outros locais tropicais com potencial hidrelétrico, tais como o Congo. A mudança da China para fundição doméstica é especialmente problemática à luz do compromisso anunciado em 2014 para reduzir as emissões do país após 2030 (e.g., Petherick, 2015). Em 2013, a China usou 302.913 GWh de energia elétrica em fundição de alumínio primário, ou 49,5% do total mundial e dez vezes mais do que toda a América Latina; 90% da eletricidade usada para fundição de alumínio na China veio do carvão (IAI, 2015).

Alumínio no contexto da política energética do Brasil

O Brasil precisa desenvolver fontes de energia "alternativas", mas isso é apenas uma parte do que é necessário na política energética. A eficiência energética vem antes de "alternativas". Uma grande oportunidade para oferecer melhorias em sistemas de transmissão: perdas de transmissão no Brasil de 20%, por exemplo, são o dobro das perdas na Argentina (Rey, 2012). O aumento da eficiência energética em uso residencial e industrial também oferece grandes oportunidades (Kishinami, 2012). O plano nacional

do Brasil para mudanças climáticas observa que 5% da eletricidade do País é usada para aquecer água por chuveiros elétricos, a substituição do que é uma meta oficial (Brasil, CIMC, 2008, p. 58). Muita água de banho no Brasil pode ser aquecida com aquecedores solares sem uso de eletricidade ou de combustíveis fósseis (Costa, 2007).

Primeiro e mais importante é a necessidade de uma reformulação completa dos usos de energia e uma avaliação dos usos da energia em termos do interesse nacional. Reconhecer os impactos das hidrelétricas, especialmente em comparação com outras opções, representa uma parte central desta tarefa. As hidrelétricas têm impactos enormes, muitos dos quais não são amplamente conhecidos pelo público em geral e muitos dos quais não são considerados, ou não são devidamente avaliados, no atual sistema de licenciamento ambiental no Brasil e em muitos outros países. Os impactos de hidroenergia são maiores e os benefícios menores, em comparação com a imagem que a indústria hidrelétrica e o governo brasileiro têm promovido e em comparação com muitas outras opções (Moreira, 2012). Isto fornece uma forte fundamentação para uma mudança de rumo no setor energético do Brasil, incluindo a eliminação das exportações de produtos intensivos de energia e de baixo valor, fomento da eficiência e do investimento em fontes como eólica e solar. Uma razão adicional para perseguir alternativas às barragens é a preocupação que as mudanças climáticas previstas reduzirão significativamente a confiabilidade das hidrelétricas amazônicas (Kemenes et al., 2012).

A política de energia do Brasil representa um conjunto de problemas de tal dimensão e complexidade que uma reação comum é de supor que nada pode ser feito para mudá-lo. As decisões-chave são fragmentadas entre os diferentes ministérios: o Ministério do Meio Ambiente, que é o mais preocupado com os impactos ambientais e sociais das barragens, tem pouca influência sobre o Ministério das Minas e Energia, que promove a energia hidrelétrica. O Ministério das Minas e Energia tem pouca influência sobre o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio ou o Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, que provovem a exportação de alumínio. Essencialmente, as decisões de planejamento são feitas sob a suposição de que o Ministério das Minas e Energia construirá quantas barragens sejam necessárias para suprir as demandas implícitas de energia, e que o Ministério do Meio Ambiente irá corrigir quaisquer problemas ambientais que sucedem. O padrão de investir enormes somas de recursos públicos em hidrelétricas (através do Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES) e do Ministério das Minas e Energia e os contribuintes assumirem o risco associado a essas empresas sem condições de serem cobertas por seguradoras, contrasta com os montantes modestos dedicados a alternativas, tais como a eficiência energética e a geração de fontes tais como eólica, solar e e das marés.

Enormes problemas, tais como a reforma das políticas de energia do Brasil, podem ser divididos em componentes mais gerenciáveis e enfrentando um de cada vez. O Brasil "consumiu" 500,1 TWh de eletricidade em 2012 (Brasil, MME, 2012, p. 38). Na realidade, parte da eletricidade não era "consumida" por usuários finais no Brasil, mas, em vez disso, foi exportada em *commodities* eletrointensivas como o alumínio. Uma decisão de alto nível para não exportar estas *commodities* é um bom lugar para começar a tratar essa questão. Outras "cunhas" no problema de energia do Brasil

também devem ser abordadas, mas isto não deve impedir a ação em cada um dos componentes individuais do problema, começando com o alumínio.

O papel da corrupção

Porque a construção da barragem envolve grandes quantias monetárias, a corrupção é um fator que pode facilmente se tornar uma parte endêmica da tomada de decisão sobre estes projetos. Ao investigar os contratos para Tucuruí, Lúcio Flávio Pinto (um proeminente jornalista) corajosamente fez uma série de acusações de corrupção contra alguns dos indivíduos mais poderosos do Brasil (Pinto, 1991, p. 143). Acusações de corrupção envolvendo a construção de Itaipu, compartilhada por Brasil e Paraguai, surgiram da mesma forma depois que as ditaduras nessas dois países terminaram em 1985 e 1986, respectivamente (Schilling & Canese, 1991). A represa, construída pelos governos militares em ambos os lados do Rio Paraná, foi ainda mais protegida de questionamentos por ser confiada a uma empresa Binacional, especialmente criada, que foi isenta dos regulamentos na licitação e contabilidade financeira nos dois países. A corrupção é acreditada como um fator importante para muitas barragens em todo o mundo em países como a Malásia (BMF, 2015), China (Peryman, 2008), Nepal (Shenker, 2010), Etiópia (Plummer, 2009), Índia (Indian Express, 2011) e em Laos e os outros países do Rio Mekong (Stuart-Fox, 2006; *The Economist*, 2012).

Certamente um dos casos mais notórios de corrupção na construção de barragens é a hidrelétrica Yacyretá entre Argentina e Paraguai, que o presidente da Argentina Carlos Menem famosamente chamou de um "monumento à corrupção" (Christian, 1990). A Comissão Mundial de Barragens alegou que, em 1994, a quantia roubada já totalizava US\$ 6 bilhões (World Bank, 2003, p. 59). Grande parte do financiamento havia sido fornecido pelo Banco Mundial, e o total perdido com a corrupção, sem dúvida, foi consideravelmente maior quando a barragem foi finalmente concluída em 2011, 31 anos após seu primeiro empréstimo do Banco Mundial (Rich, 2013, p. 49-52). Parte da energia de Yacyretá é usada para produzir os lingotes de alumínio, ligas e produtos semi-acabados que a Argentina exporta para o Brasil (Tabela 2). Paraguai sofreu a maior parte dos impactos sociais, incluindo deslocando 50.000 cidadãos urbanos; com um total de mais de 70.000 pessoas deslocadas, menos de 19.000 tinha qualquer tipo de reassentamento antes que o reservatório estivesse cheio em 1994 (Rich, 2013, p. 50). O Paraguai não tinha necessidade para a eletricidade em si, uma vez que a parte paraguaia da energia gerada desde 1985 em Itaipu é muito mais do que o consumo total do país, e a maior parte da parcela paraguaia da geração é vendida para o Brasil.

Dados divulgados pelo Tribunal Supremo Eleitoral (TSE) mostram que os quatro maiores doadores para as campanhas eleitorais no Brasil entre 2002 e 2012 foram empresas de construção que fazem barragens e outros grandes projetos de infraestrutura (Gama, 2013). Tais contribuições são extraordinariamente lucrativas para as empresas doadoras (Scofield Jr., 2011). Empresas de construção representaram o maior setor contribuindo com doações para as campanhas eleitorais da atual presidente do Brasil, incluindo dois doadores dos três principais: Camargo Corrêa e Andrade Gutierrez (Zampier, 2010). É relevante notar a confissão em março de 2015 do diretor-presidente da Camargo Corrêa (segunda maior construtora do Brasil) indicando que, a fim de obter 16% dos contratos para a represa de Belo Monte, a empresa pagou "propinas" (subornos) no

valor de R\$ 100 milhões (~ US\$ 50 milhões na época dos contratos em 2010) (*Amazonas em Tempo*, 2015). Se as outras empresas de construção de Belo Monte pagaram na mesma proporção, o total seria de R\$ 600 milhões ou US\$ 300 milhões para esta barragem, e esta é apenas uma das várias barragens em construção na Amazônia brasileira.

Impactos de barragens na Amazônia

Perdas à inundação

O fato de que a terra é inundada por reservatórios é óbvio e é o foco de quase toda a consideração nos Estudos de Impacto Ambiental (EIAs) das barragens no Brasil. A perda de terra, e o que poderia ter sido produzido se uma barragem não tivesse sido construída, muitas vezes é substancial (e.g., Mougeot, 1990; Santos *et al.*, 1996). Características naturais também podem ser perdidas, a inundação do Parque Nacional de Sete Quedas pelo reservatório de Itaipu é o exemplo mais conhecido no Brasil. Um exemplo atual é a edição pelo governo de uma medida provisória, posteriormente convertida em Lei No. 12,678/2012, reduzindo as áreas de unidades de conservação já existentes para abrir caminho para as primeiras seis barragens propostas na bacia do Rio Tapajós (ver: Bermann, 2012b). Além da perda de floresta pela inundação, as barragens estimulam o desmatamento no entorno (e.g., Barreto *et al.*, 2011).

O deslocamento de populações humanas representa um impacto que, por ser, em grande parte, não-monetário, tem recebido muitas vezes pouco peso nas decisões sobre a construção de barragens, apesar de ser um padrão repetido de barragens que provoca sofrimento dramático nas áreas afetadas (Goldsmith & Hildyard, 1984, 1986; Cernea, 1988; McCully, 2001; Scudder, 2006; Oliver-Smith, 2009; Zhouri, 2011). A hidrelétrica de Tucuruí (concluída em 1984, no rio Tocantins, no Estado do Pará) fornece um exemplo onde 23.000 pessoas foram deslocadas pelo reservatório e onde áreas de assentamento experimentaram dramáticos problemas relacionados à agricultura, à saúde e a falta de infraestrutura (Fearnside, 1999). O número de pessoas a ser deslocada pela represa Belo Monte, no Rio Xingu, no Pará (onde a construção começou no final de 2011) é muito maior do que aquelas que são reconhecidas pelas autoridades elétricas (Santos *et al.*, 2009). Em parte isto é devido à prática da definição de população afetada usando critérios que consistentemente minimizam o número de pessoas identificadas como afetadas, na prática limitando-se àquelas cuja terra é inundada pelo reservatório (ver: Vainer *et al.*, 2009; Hernandez & Santos, 2011). A Comissão Mundial de Barragens (WCD) tem realizado uma revisão em todo o mundo do reassentamento por barragens, indicando a ocorrência generalizada dos impactos da perda de moradias e de meios de subsistência (WCD, 2000, p. 97-133). Foram os princípios de justiça ambiental dados mais peso na tomada de decisão do Brasil, estas considerações pesariam fortemente contra barragens e alumínio.

A maneira em que as decisões sobre barragens são tomadas, que implicam em destruir o modo de vida de dezenas de milhares de pessoas, muitas vezes incluindo povos indígenas e comunidades ribeirinhas tradicionais, se trata de uma questão de justiça social. Os custos monetários de hidrelétricas podem ser distribuídos em toda a sociedade, através da ardecação de impostos e pelas contas de electricidade mais altas, mas a maioria dos impactos humanos e ambientais é forçada sobre um número de pessoas comparativamente pequeno que, por acaso, vivem ao longo do rio que está

represado. Geralmente, essas pessoas ficam longe daquelas que receberão os benefícios (WCD, 2000).

A decisão de construir uma barragem no Brasil é feita por um punhado de pessoas em instituições, tais como os centrais elétricas do Brasil (ELETROBRÁS), o Banco Nacional do Desenvolvimento Económico e Social (BNDES) e a Casa Civil, da Presidência da República (e.g., Fearnside & Laurance, 2012). Enquanto o processo de licenciamento pode envolver anos de estudos, audiências e "consultas", a decisão de construir a barragem já foi tomada em um sentido real (diferente de um sentido teórico ou jurídico). Aqueles que sofrerão os impactos não têm voz ou representação quando é tomada a decisão real (ver exemplos em Fearnside, 1989, 1999, 2005a).

Os impactos a jusante

Os impactos das barragens vão muito além da área diretamente inundada pelo reservatório. Impactos a jusante são largamente ignorados (Richter et al., 2010). No caso de Belo Monte, as pessoas que vivem a jusante foram consideradas não "diretamente" impactadas (Brasil, ELETROBRÁS, 2009), e o Governo, portanto, não fornece os mesmos direitos para consultas para povos indígenas como seria o caso para aqueles da área a ser inundada (*The Economist*, 2013). O chamado "trecho seco" abaixo de Belo Monte é o resultado da represa por desviar 80% da água para o lado através de uma série de canais, para retornar ao rio em um ponto cerca de 100 km a jusante (Brasil, ELETROBRÁS, 2009). Existem duas áreas indígenas ao longo do trecho do rio na "volta grande" do Rio Xingu que terá o seu fluxo de água reduzido a uma quantidade mínima, privando os povos indígenas e outros moradores dos peixes que são sua fonte de alimento principal, bem como interferindo com o papel do rio para o transporte (Santos & Hernandez, 2009; de Sousa Júnior & Reid, 2010).

Os impactos a jusante são consideráveis mesmo quando as barragens têm o desenho mais comum, onde a água é liberada em uma potência localizada diretamente abaixo da barragem. A água que passa através das turbinas é retirada na parte inferior do reservatório a uma profundidade onde a água está quase sem oxigênio (Fearnside, 2002). Dependendo de fatores tais como a entrada de córregos tributários significativos, a água frequentemente corre ao longo de grandes distâncias abaixo de uma barragem antes de recuperar a quantidade de oxigênio que seria encontrada no rio natural (e.g., Gosse et al., 2005; Kemenes et al., 2007). A água sem oxigênio mata muitos peixes e impede que os outros entrem no rio por baixo, como no caso dos peixes que ascendem os afluentes do Rio Amazonas (de Almeida-Val et al., 2006). A consequência para os meios de subsistência dos moradores a jusante é dramática, e estes impactos são completamente não reconhecidos e não compensados nas barragens existentes. A barragem de Tucuruí fornece um exemplo claro. Em Cametá, a maior das cinco cidades ribeirinhas no baixo Rio Tocantins (180 km a jusante de Tucuruí), a captura de pescado caiu em 82% e a captura de camarão de água doce em 65% entre 1985 e 1987 (Odinetz-Collart, 1987; ver Fearnside, 2001). Os desembarques de peixes em Cametá, que eram 4.726 t/ano em 1985 (Odinetz-Collart, 1987) continuaram a diminuir, estabilizando em uma média de 284 t/ano para o período 2001-2006 (Cintra, 2009, p. 97), ou seja, uma perda de 94%. Apenas a perda de peixes em Cametá é maior do que toda a captura de peixe no reservatório de Tucuruí no período 2001-2006, de 4.078 t/ano em média (Cintra, 2009, p. 97). A maior parte da frota de pesca em Cametá simplesmente

desapareceu depois que o rio foi represado. O mesmo ocorreu com a frota de pesca no São Sebastião do Uatumã, a mais de 200 km a jusante da hidrelétrica de Balbina (ver Fearnside, 1989).

O pulso de inundação nos rios amazônicos sem barragens é uma característica essencial de quase todos os aspectos de ecossistemas naturais de várzea, bem como a agricultura, que depende da renovação anual da fertilidade do solo por meio de sedimentos depositados pelas inundações (e.g., Junk, 1997). Este pulso também é essencial para entradas de nutrientes para os lagos de várzea, onde muitas espécies de peixes se reproduzem (incluindo espécies comercialmente importantes). Reduzir este pulso é uma preocupação, por exemplo, para lagos de várzea ao longo do Rio Madeira a jusante das barragens de Jirau e Santo Antônio. O rio abaixo dessas represas (que começou a gerar energia em 2011 e 2013, respectivamente) não foi considerado para ser parte da área de influência para os impactos ambientais (FURNAS et al., 2005).

Impactos a montante

As barragens também bloqueiam a migração de peixes, tanto ascendentes como descendentes (Barthem & Goulding, 1997). Muitas espécies de peixes na Amazônia têm uma “piracema”, ou uma migração em massa subindo os afluentes para procriar no início da época das cheias (Barthem et al., 1991). Após a reprodução nas cabeceiras do rio, os peixes recém-nascidos descem os afluentes com a corrente e depois crescem até à idade adulta no principal do Rio Amazonas (Carvalho & Fabr , 2006). Este era o caso para os grandes bagres como a dourada (*Brachyplatystoma rouxeauxii*) e a piramutaba (*B. vaillantii*) que subiam o Rio Madeira para desovar na Bolívia e no Peru (Barthem et al., 1991; Barthem & Goulding, 1997). Com 920 espécies, o Madeira era um dos rios mais ricamente dotados de peixes no Brasil e no mundo (Torrente-Vilara et al., 2013). Os bagres gigantes do Rio Madeira tradicionalmente têm representado um significativo recurso econ mico e alimentar na parte brasileira do rio (Goulding, 1979; Doria et al., 2012). Esses bagres também sustentavam a pesca na Bolívia e no Peru, incluindo a frota de pesca em Puerto Maldonado, Peru (Ca as & Pine III, 2011). As passagens para peixes nas barragens não tem nenhuma chance de manter esta migra o de peixes subindo o rio, nem de prevenir a mortalidade dos peixes recém nascidos descendo o rio (Fearnside, 2014a).

Impactos a montante dos reservatórios hidrelétricos também incluem a eleva o dos níveis do rio, conhecido como o “remanso superior”. Quando um rio entra em um reservatório em sua extremidade a montante, a velocidade do fluxo de água imediatamente diminua para uma taxa muito mais lenta, fazendo com que o sedimento na água caia até o fundo. Partículas grandes, tais como a areia, caem imediatamente para o fundo do reservatório, enquanto sedimentos finos, como o silte, ficarão perto da barragem na extremidade inferior do reservatório (Morris & Fan, 1998). Isto   especialmente importante em um rio como o Madeira, que tem uma das maiores cargas de sedimentos no mundo (Meade, 1994). O grande depósito na extremidade superior do reservatório constitui um montículo que age como uma segunda barragem retendo a água e elevando o nível de água no trecho do remanso superior, que está fora do que   oficialmente considerado parte do reservatório. Isto   crítico no caso das barragens do Madeira, porque o reservatório de Jirau oficialmente estende-se exatamente   fronteira com a Bolívia, mas o remanso superior inundaria terras na Bolívia, incluindo parte de

uma unidade de conservação (Molina Carpio, 2005). O trecho de remanso superior não foi incluído nos estudos de impacto ambiental (EIA-RIMA) para as represas do Madeira (FURNAS et al., 2005). Na enchente de 2014 a presença do reservatório de Jirau causou um aumento adicional de 1 m do nível da água na fronteira, causando inundações na Bolívia no trecho do remanso superior (Vauchel, 2014).

Mercúrio

A contaminação por mercúrio pode ser um dos custos sociais e ambientais do aproveitamento hidrelétrico na Amazônia. O uso de mercúrio na mineração de ouro lançou centenas de toneladas deste metal no meio ambiente na Amazônia (Pfeiffer & de Lacerda, 1988; de Lacerda et al., 1989; Bastos et al., 2006, 2015). A fonte do mercúrio pode ser de mineração de ouro, feita diretamente na área do reservatório, como a que ocorreu na área recentemente inundada pelas barragens do Rio Madeira e em áreas planejadas para barragens no Rio Tapajós e seus afluentes (Pfeiffer et al., 1991; Boischio et al., 1995; Forsberg & Kemenes, 2006). A mineração de ouro na bacia hidrográfica do reservatório também pode ser uma fonte potencial de mercúrio, como é o caso da área de mineração de Serra Pelada, a montante de Tucuruí; o transporte para o reservatório é principalmente por água, em vez de por meio da atmosfera, e o mercúrio é estimado em estar acumulando no reservatório de Tucuruí, a uma taxa de 235 kg ano⁻¹ (Aula et al., 1995). No entanto, entradas de mercúrio a partir da atividade de mineração de ouro não são necessárias para ter contaminação, e reservatórios em áreas sem histórico de mineração de ouro também têm altos níveis de mercúrio, como em Balbina (Kehring et al., 1998; Kashima et al., 2001; Weisser, 2001). Como os solos na Amazônia são antigos, eles acumularam mercúrio ao longo de milhões de anos quando a poeira de erupções vulcânicas ao redor do mundo caiu sobre a paisagem (Roulet & Lucotte, 1995; Roulet et al., 1996). A erosão do solo em áreas desmatadas carrega matéria orgânica e o mercúrio associado para os rios amazônicos, aumentando os níveis de mercúrio nos sedimentos (Roulet et al., 2000). A deposição atmosférica inclui contribuições de fontes industriais ao redor do mundo, incluindo a queima de carvão (Zhang et al., 2002), bem como a queima de biomassa na Amazônia (Veiga et al., 1994).

Os sedimentos no fundo de um reservatório estão sem oxigênio e fornecem um ambiente ideal para a metilação de mercúrio, ou seja, a adição de um grupo metil (CH₃) ao mercúrio metálico (Hg) (Huguet et al., 2010). Isto é o que torna o mercúrio altamente venenoso (Tsubaki & Takahashi, 1986). Quimicamente, o processo é semelhante a metanogênese, ou formação de metano (CH₄), que também ocorre nas mesmas condições anóxicas (Kelly et al., 1997). Quando um reservatório está inundado, nos primeiros anos há um grande pulso de metilação bacteriana do mercúrio acumulado que está associado com a matéria orgânica do solo. Este fenômeno foi observado em reservatórios de clima temperado e, especialmente, nas zonas boreais (Joslin, 1994; Rosenberg et al., 1995). Após este pico inicial, a acumulação em longo prazo nos peixes pode ser sustentada em taxas mais modestas de metilação em plâncton (St Louis et al., 2004) e biofilmes (Huguet et al., 2010). Embora os níveis de contaminação variem, dependendo da química da água e outros fatores em cada local, observações em reservatórios brasileiros indicam que se trata também de um problema geral em áreas tropicais. Em termos de impacto humano, a importância da favorabilidade dos locais para a metilação, muitas vezes ofusca o papel da existência de grandes quantidades de mercúrio metálico: áreas sem a mineração de ouro podem ter alta contaminação em

seres humanos, sendo que as quantidades encontradas nas amostras de peixes e cabelo humano variam de acordo com a química da água, rios com pH baixo e carbono orgânico dissolvido alto tendo níveis mais altos de mercúrio (Silva-Forsberg et al., 1999).

O mercúrio está dormente no solo em uma forma inofensiva, mas a situação muda imediatamente quando o solo é inundado por um reservatório (e.g., Joslin, 1994). O mercúrio se concentra nos peixes, com a quantidade aumentando a cada passo na cadeia alimentar, por exemplo, 2-4 vezes por nível trófico no caso de Tucuruí (Porvari, 1995). O tucunaré (*Cichla ocellaris* e *c. temensis*), um predador, é a espécie de peixe dominante em reservatórios amazônicos e foi encontrado contendo os níveis de mercúrio que excedem grandemente as normas internacionais de saúde para consumo humano, nos casos de Tucuruí (Porvari, 1995; Santos et al., 2001) e Samuel (Malm et al., 1995). Os seres humanos são o próximo passo da cadeia alimentar. Em Tucuruí, os moradores do lago consumindo peixes tinham níveis mais elevados de mercúrio do que aqueles em garimpeiros que são notórios por contaminação por mercúrio (Leino & Lodenius, 1995). Danos citogenéticos e uma variedade de deficiências motoras e visão lateral reduzida, que são os primeiros sintomas da doença de Minamata (envenenamento por mercúrio), foram medidos em populações ribeirinhas da Amazônia (Lebel et al., 1998; Amorim et al., 2000). O principal fator para evitar que a contaminação por mercúrio tenha um impacto mais difundido no Brasil é a produção muito baixa de peixes nos reservatórios (e.g., Sucata & de Mello, 1990; Cintra, 2009). A contaminação, portanto, é em grande parte concentrada nas populações locais perto de reservatórios, longe de centros do país e do poder político (ver Fearnside, 1999, 2005a). Embora a questão de justiça ambiental que isto implica deve adicionar ao peso dos fatores negativos em decisões sobre construção de barragens, na prática, a distribuição espacial dos impactos faz com que os tomadores de decisão ignorem mais facilmente esses fatores.

Cascatas de barragens

Outro aspecto de barragens com grandes impactos, para escapar do atual processo de licenciamento ambiental, é a interligação com outras barragens existentes ou previstas no mesmo rio (Fearnside, 1999, 2001). Esta é uma importante diferença de outros tipos de geração elétrica, onde cada usina é independente das outras usinas. A produção energética das barragens a jusante é aumentada regulando os fluxos de água do rio, armazenando água durante o período de enchente e liberando-a durante o período de vazante (e.g., Nilsson et al., 2005). Esta água armazenada gera eletricidade várias vezes – uma vez na represa rio acima e novamente em cada barragem a jusante. Isso cria uma tentação incorporada para construir mais barragens a montante de qualquer barragem sendo avaliada para licenciamento. No caso da hidrelétrica de Tucuruí, que, em 1984, foi a primeira na bacia do Tocantins/Araguaia que cobre grande parte do sul do Pará e norte do Mato Grosso, um total de 26 barragens foram planejadas (Junk & de Mello, 1990). Destas, quatro já foram construídas e sete estão planejadas na parte da bacia que fica na região da Amazônia Legal. As barragens planejadas incluem a hidrelétrica de Marabá, que deslocaria 40.000 pessoas (Rodrigues & Ribeiro Junior, 2010).

O caso extremo é Belo Monte, onde essa hidrelétrica, em si, tem uma capacidade de armazenamento pequena (praticamente zero em armazenamento ativo) em relação à

sua capacidade instalada de 11.233 MW. O volume de água do Rio Xingu varia tanto ao longo do ciclo anual que as 11.000 MW de casa de força principal serão completamente ociosas por aproximadamente quatro meses de cada ano e apenas parcialmente usadas durante parte do restante. Esta é a raiz do maior perigo que representa Belo Monte, sendo que Belo Monte por si só é insustentável, sem a água armazenada em barragens a montante que foram propostas publicamente até 2008, quando a política declarada mudou para dizer que a Belo Monte seria a única barragem no Rio Xingu (e.g., de Sousa Júnior & Reid, 2010). Esta afirmação foi feita em uma decisão do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), que é composto por ministros que mudam em cada administração presidencial.

Várias indicações sugerem fortemente que os investidores em Belo Monte (e as atividades chave do governo no setor elétrico) não tem intenção de seguir a política do CNPE. A falta de viabilidade econômica de Belo Monte sem barragens a montante é acreditada para ser a chave para uma "crise planejada", onde a necessidade de mais água que de repente será "descoberta" depois de Belo Monte ser construída, fornecerá, assim, a justificativa para a aprovação das outras barragens (de Sousa Júnior et al., 2006; de Sousa Júnior & Reid, 2010). A escassez de água seria agravada ainda mais pelas mudanças na vazante do Rio Xingu, devido ao desmatamento contínuo na bacia hidrográfica (Stickler et al., 2013; Panday et al., 2015) e devido às mudanças climáticas projetadas (Kemenes et al., 2012). Outra indicação de que o cenário oficial é ficção é que, quando Marina Silva, como Ministra do Meio Ambiente, propôs a criação de uma reserva extrativista em parte da área a ser inundada pelas barragens a montante, a proposta foi bloqueada por Dilma Rousseff [atual presidente do Brasil] quando era chefe da Casa Civil, alegando que isso iria dificultar a construção de barragens a montante de Belo Monte (Angelo, 2010). Como Presidente, declarou que futuras barragens deve ter "grandes reservatórios", ao invés de desenhos a fio d'água, embora sem fazer uma referência explícita ao Rio Xingu (Borges, 2013).

As barragens que foram planejadas a montante de Belo Monte de 1975 até 2008 inundariam vastas áreas de terra indígena, em uma área quase toda sob floresta tropical (veja Fearnside, 2006). Nada disso foi considerado no EIA-RIMA, concluído em 2009 (Brasil, ELETROBRÁS, 2009) e também foi excluído da versão anterior, preparada em 2002 (Brasil, ELETRONORTE, s/d [2002]).

Dois dos principais sistemas fluviais deverão ter cascatas de barragens por um motivo diferente: ao invés de armazenar água para gerar eletricidade em barragens a jusante, as barragens teria que ir para a frente como um conjunto completo para fazer os rios navegáveis, se tornando hidrovias". Isso se aplica a quatro barragens do Rio Madeira (duas das quais foram construídas até agora) que abririam 4.000 km de hidrovias na Bolívia e a hidrovia Guaporé que ligariam o Rio Madeira às áreas de soja no Mato Grosso (Fearnside, 2014a). O outro caso é das barragens do Rio Tapajós no Pará, incluindo aquelas no Rio Teles Pires e no Rio Juruena (dois afluentes em Mato Grosso). As hidrovias planejadas carregariam soja para portos no Rio Amazonas (Brasil, MT, 2010; Fearnside, 2015c). Nos casos do Madeira e do Tapajós, algumas (mas não todas) barragens são projetos "a fio d'água" que dependem da vazão natural do rio, em vez de gerar energia com base na liberação de água armazenada. As barragens do Tocantins/Araguaia, que também fazem parte de uma hidrovia planejada, são barragens de armazenamento.

Hidrelétricas e o aquecimento global

A Associação Brasileira do Alumínio (ABAL) afirma em seu Relatório de Sustentabilidade 2011 que "nosso alumínio é 'verde' na sua origem, por ser proveniente de matriz energética limpa" (ABAL, 2011, p. 4). Infelizmente, as hidrelétricas na Amazônia emitem gases de efeito estufa, principalmente metano (CH₄). Barragens nos trópicos úmidos emitem mais CH₄ do que aquelas em outras zonas climáticas (Barros et al., 2011; Demarty & Bastien, 2011). As barragens produzem metano porque a água em um reservatório estratifica em camadas, com uma camada quente (epilimnion) nos 2-10 m superiores da água que está em contacto com o ar e contém oxigênio, e uma camada fria (hipolimnion) em maior profundidade, onde oxigênio se esgota rapidamente e a decomposição da matéria orgânica termina em CH₄ ao invés de CO₂ (Fearnside & Pueyo, 2012). Uma parte do metano gerado escapa para a atmosfera como bolhas através da superfície do reservatório, e se o reservatório é grande em relação ao volume de água que passa através da barragem, como em Balbina, esta emissão da superfície pode ser substancial (Kemenes et al., 2007). Uma quantidade menor escapa por difusão, principalmente no primeiro ano ou dois depois de encher o reservatório (e.g., Dumestre et al., 1999). No entanto, o que dá mais aos reservatórios tropicais seu maior impacto sobre o aquecimento global é a água que passa através das turbinas e vertedouros (e.g., Abril et al., 2005). Esta água é extraída bem abaixo do limite (termoclina) que separa as camadas de água no reservatório e normalmente tem altas concentrações de metano (Fearnside, 2002). A água no fundo do reservatório está sob pressão, que é imediatamente liberada quando a água emerge das turbinas (Fearnside, 2004). A solubilidade de gases diminui imediatamente quando a pressão é liberada, e solubilidade diminui ainda mais à medida que a água aquece gradualmente no rio abaixo da barragem (princípio de Le Chatalier) (e.g., Battino & Clever, 1966; Joyce & Jewell, 2003). Muito do metano forma bolhas e é imediatamente liberado. O efeito de liberar a pressão é o mesmo que ocorre quando se abre uma garrafa de refrigerante e o CO₂ que havia sido dissolvido escapa como bolhas (veja Fearnside, 2004). O impacto de represas tropicais sobre o aquecimento global tem sido muitas vezes subestimado, especialmente pela indústria de energia hidrelétrica (veja Fearnside, 2015b).

O presidente da ABAL apoiou sua alegação de que a energia hidrelétrica é energia "limpa" referindo-se aos estudos da companhia de energia hidrelétrica FURNAS indicando "100 vezes menos carbono" sendo emitido por uma barragem com seis a dez anos de idade, em comparação a geração da mesma quantidade de eletricidade a partir de combustíveis fósseis (Azevedo, 2011). Vários problemas fazem isto uma imagem enganosa, particularmente para a barragem de Monte Belo que ABAL defende como "energia limpa" (Azevedo, 2011) (Tabela 3).

[Tabela 3 aqui]

É significativo que a ABAL descarte qualquer informação da notória represa de Balbina, chamando esta barragem que inundou uma vasta área em troca de muito pouca energia, um exemplo de "erros cometidos no passado" que "não refletem a realidade dos lagos tropicais" (Azevedo, 2011). Infelizmente, Balbina é muito relevante para Belo Monte e outras barragens planejadas. Os métodos para a estimativa de metano não dependem se a decisão de construir a barragem foi um erro. Balbina foi, de fato, um erro trágico que era óbvio antes daquela represa se tornar um fato consumado;

Infelizmente, muitas das características do processo decisório que levou à construção dessa barragem ainda são evidentes hoje (Fearnside, 1989, 2006). Outros aspectos da experiência de Balbina são relevantes: a montante de Belo Monte a represa que é conhecida como "Babaquara" (embora tenha sido oficialmente renomeada "Altamira", aparentemente em uma tentativa de minimizar o efeito de anos de críticas dos planos) teria uma área de 6.140 km², ou mais que o dobro de Balbina. O reservatório teria uma variação vertical de 23 m do nível de água, tornando-se uma enorme "fábrica de metano" (Fearnside, 2008, 2009, 2011). O texto da ABAL sugere que altas emissões de gases de efeito estufa em represas amazônicas estão restritas à Balbina (onde as emissões diretamente medidas excedem as de combustíveis fósseis, mesmo décadas depois que a represa foi construída em 1987: Kemenes et al., 2007, 2008). No entanto, emissões altas também foram diretamente medidas na hidrelétrica de Petit Saut, na Guiana Francesa, (e.g., Abril et al., 2005; Guérin et al., 2006) e foram calculadas com base nos dados disponíveis das barragens de Tucuruí, Samuel e Curuá-Una no Brasil (Fearnside 2002, 2005a,b). Embora haja uma variação substancial entre barragens nas suas emissões e na quantidade de energia que produzem, o padrão de barragens da Amazônia produzem emissões mais elevadas do que os combustíveis fósseis durante longos períodos é, na verdade, bastante geral. No caso de Belo Monte, mais Babaquara, calculou-se o tempo necessário para zerar a dívida em termos de emissões de gases de efeito estufa em 41 anos (Fearnside, 2009). Isto é baseado na conversão de CH₄ em CO₂-equivalentes a partir do segundo relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC) e usada pelo Protocolo de Quioto. Revisões posteriores aumentaram consideravelmente o impacto de metano quando comparado ao CO₂, e, portanto, o impacto das barragens se comparado a combustíveis fósseis (ver Tabela 3). Os impactos das barragens a montante na inundação de grandes áreas de floresta tropical em terras indígenas, além de produzir metano, fazem Belo Monte, e o alumínio produzido a partir da sua energia, em nada limpa.

Deve-se lembrar que a energia para a produção de alumínio não é exclusivamente produzida por barragens. Quando os níveis do reservatório são baixos, energia é fornecida às fábricas de alumínio a partir de usinas termelétricas. Essas emitem gases de efeito estufa, entre outros impactos.

Licenciamento ambiental de barragens

O licenciamento ambiental de barragens no Brasil procede através de uma sequência de passos, que começa com uma "licença prévia" (permitindo que os preparativos comecem e especificando as condições a serem cumpridas), seguido de uma "licença de instalação" (permitindo a barragem a ser construída) e, finalmente, uma "licença de operação" (permitindo a geração de energia começar). O licenciamento de Belo Monte ocorreu sob intensa pressão da Casa Civil, e o processo foi facilitado por recentes precedentes definidos por semelhante aprovação forçada das barragens do Rio Madeira (Fearnside, 2013, 2014b). O Presidente da ABAL afirmou com referência à Belo Monte e as outras barragens da Amazônia que os órgãos ambientais "concederam as devidas licenças após os projetos atenderem todas as exigências as quais foram submetidos" (Azevedo, 2011). Belo Monte teve e continua a ter uma longa lista de irregularidades em seu licenciamento do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Primeiro, o local de construção foi preparado por força de uma "licença parcial", concedido pelo IBAMA em 01 de fevereiro de 2010

(ver: ISA, 2010). Esta é uma categoria de licença que não existe na legislação brasileira (foi inventado pelo IBAMA quando foi concedida uma licença provisória para as barragens do Rio Madeira em 09 de julho de 2007, permitindo que os projetos de construção destas barragens pudessem avançar antes de completar seus estudos de impacto ambiental: ver Switkes & Bonilha, 2008). Em 26 de janeiro de 2011 a Belo Monte recebeu uma licença prévia do IBAMA, que especificou 40 "condicionantes" que teriam de ser atendidas antes que seja concedida uma licença de instalação, além de 26 outras condicionantes da Fundação Nacional do Índio (FUNAI) (ver ISA, 2011a). Muito pouco foi feito durante os meses que se seguiram para cumprir estas condicionantes (ver: Xingu Vivo, 2011).

Em 01 de junho de 2011, foi concedida uma licença de instalação para a barragem, mesmo que por recomendação a equipe técnica do IBAMA tivesse contra a aprovação (ISA, 2011b). O presidente do IBAMA, de repente, foi substituído e o novo nomeado imediatamente concedeu a licença. Apenas cinco das 40 condicionantes do IBAMA haviam sido cumpridas na hora do licenciamento, de acordo com organizações não-governamentais e 16 de acordo com o IBAMA; aprovação sem satisfazer todas as condicionantes cria um precedente perigoso para projetos em todo o País. Até fevereiro de 2014, quase três anos após aprovação da licença de instalação, o consórcio de construção da barragem havia respeitadas apenas três das 19 condicionantes envolvendo povos indígenas (ISA, 2014). Esta situação continua essencialmente inalterada e está sendo monitorada por um grupo de organizações não-governamentais (FGV, 2014). O valor de uma "condicionante" torna-se questionável se os desenvolvedores do projeto podem ter uma licença do IBAMA sem cumprir a exigência. Além disso, no momento que o novo presidente do IBAMA assinou a licença de instalação havia nada menos que 12 processos contra Belo Monte ainda pendentes de decisões nos tribunais sobre irregularidades no processo de licenciamento (o número cresceu até 20 de novembro de 2013). A documentação legal sobre estes pode ser consultada em <http://www.xinguvivo.org.br/>. Prosseguir com a construção sem resolver essas questões, porque os grandes investimentos de capital financeiro e político fazem o poder executivo do governo improvável cancelar o projeto, são prejudiciais e colocam em risco as instituições democráticas do Brasil, se o poder judiciário fizer tal decisão (Fearnside, 2012). Embora o sistema de licenciamento do Brasil esteja em evidente necessidade de reforma, o atual domínio do bloco anti-ambiental "Ruralista" no Congresso Nacional significa que iniciativas legislativas para fortalecer o sistema seria aproveitada para enfraquecer o sistema ainda mais. Isso limita as possibilidades de melhoria, essas sendo restritas aos esforços em outros ramos do governo e na sociedade civil (Fearnside & Laurance, 2012).

Implicações globais

A atividade global de construção de barragens é cada vez mais focada em áreas tropicais na África, sudeste da Ásia e América Latina. As decisões nacionais para promover e subsidiar barragens e exportações eletrointensivos têm vários efeitos perversos sobre os processos políticos nos países em desenvolvimento através da "maldição dos recursos naturais" e outros mecanismos. As decisões sobre prioridades de exportação e políticas energéticas dão pouco peso para os pesados custos sociais e ambientais de projetos hidrelétricos, como é evidente do exemplo do Brasil. Tais decisões, em parte, podem ser o resultado dos tomadores de decisão não terem

informações sobre esses impactos, mas também se encaixam no adágio de que "nenhum ruído é alto o suficiente para acordar alguém que finge estar dormindo".

Conclusões

A construção de barragens ao redor do mundo é conduzida por demanda de eletricidade, inclusive para *commodities* eletrointensivas, como o alumínio. As decisões de cada país para construir barragens baseiam-se, em geral, na subestimação sistemática de impactos monetários, sociais e ambientais das barragens e no exagero dos seus benefícios em comparação com outras opções, tais como a conservação de energia, fontes alternativas de geração e a renúncia das exportações de energia em produtos como o alumínio.

Uma das maneiras que o Brasil poderia reduzir a destruição pelas represas amazônicas seria parar a exportação de alumínio em forma de lingotes ou de produtos (intermediários ou finais) que não têm um grande benefício em termos de emprego direto por unidade de energia elétrica consumida na cadeia de produção completa do produto, incluindo a fundição de alumínio primário. Os benefícios do alumínio frequentemente têm sido exagerados, enquanto os impactos das barragens têm sido subestimados. O alumínio primário é a pior forma em que este metal pode ser exportado em termos de geração de emprego por gigawatt-hora de eletricidade consumida, mas outros produtos mais acima na cadeia de transformação também são pouco atraentes quando o uso de energia do alumínio primário do qual são feitos é incluído na contabilidade. Além de decisões sobre as exportações de alumínio com base em avaliações realistas dos impactos das barragens e dos benefícios de alumínio, o Brasil precisa de reformas mais amplas nas suas projeções de energia e políticas públicas a fim de apreciar os usos de energia que aumentam o bem-estar e ao mesmo tempo não destroem as florestas, rios e as sociedades da Amazônia.

As hidrelétricas da Amazônia têm impactos que são muito mais graves e abrangentes do que o que tem sido alegados pelos proponentes das barragens. Impactos sociais são devastadores para as pessoas que vivem na área de uma barragem, incluindo não somente aquelas na área inundada, mas também aquelas a jusante e a montante da barragem que perdem recursos vitais, tais como peixes. Povos indígenas e residentes tradicionais (ribeirinhos) são frequentemente vítimas. Impactos ambientais se estende a bacia inteira do rio, incluindo alterações de sedimentos e dos fluxos de água, bem como perda de fauna aquática e perda ou perturbação de vastas áreas de florestas, várzeas e outros ecossistemas. Barragens tropicais também emitem quantidades significativas de gases de efeito estufa, muitas vezes superiores aos das emissões cumulativas de geração de combustíveis fósseis durante décadas. Por todas estas razões, a hidroenergia está longe de ser energia "verde", e o Brasil precisa fazer mudanças rápidas na política energética para reduzir a anunciada expansão de barragens na Amazônia.

Agradecimentos

As pesquisas do autor são financiadas exclusivamente por fontes acadêmicas: Conselho Nacional do Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq: proc. 305880/2007-1; 304020/2010-9; 573810/2008-7, 575853/2008-5) e o Instituto Nacional de Pesquisas da

Amazônia (INPA: PRJ13.03). P.M.L.A. Graça contribuiu com comentários valiosos. Esta é uma tradução de Fearnside (2015d).

LITERATURA CITADA

ABAL (Associação Brasileira do Alumínio). 2005. Sustainability Report Aluminum Industry. ABAL, São Paulo, SP. 46 p. Disponível em:
http://www.abal.org.br/servicos/biblioteca/rel_sustentabilidade.asp

ABAL (Associação Brasileira do Alumínio). 2008. Sustainability Report of the Brazilian Aluminum Industry 2006/2007. ABAL, São Paulo, SP. 52 p. Disponível em:
http://www.abal.org.br/servicos/biblioteca/rel_sustentabilidade_0607.asp

ABAL (Associação Brasileira do Alumínio). 2010. A indústria brasileira de alumínio no rumo da economia de baixo carbono. ABAL, São Paulo, SP. 6 p. Disponível em:
http://www.abal.org.br/servicos/biblioteca/industria_brasileira_aluminio.asp

ABAL (Associação Brasileira do Alumínio). 2011. Relatório de Sustentabilidade: Indústria Brasileira de Alumínio – 2010. ABAL, São Paulo, SP. 60 p. Disponível em: <http://www.abal.org.br/biblioteca/publicacoes/relatorio-de-sustentabilidade-da-industria-do-aluminio-2010-4-edicao/>

ABAL (Associação Brasileira do Alumínio). 2014. Anuário Estatístico / Statistical Yearbook – 2013. ABAL, São Paulo, SP. 64 p.

Abril, G., Guérin, F., Richard, S., Delmas, R., Galy-Lacaux, C., Gosse, P., Tremblay, A., Varfalvy, L., dos Santos, M.A., Matvienko, B. 2005. Carbon dioxide and methane emissions and the carbon budget of a 10-years old tropical reservoir (Petit-Saut, French Guiana). *Global Biogeochemical Cycles* 19, GB 4007 doi: 10.1029/2005GB002457

Amazonas em Tempo. 2015. Delator deverá revelar propina em Belo Monte. *Amazonas em Tempo* 07 de março de 2015, p. B-3.

Amorim, M.J.M., Mergle, D., Bahia, M.O., Dubeau, H., Miranda, D., Lebel, J., Burbano, R.R., Lucotte, M. 2000. Cytogenetic damage related to low levels of methyl mercury contamination in the Brazilian Amazon. *Anais da Academia Brasileira Ciência* 72: 497-507.

Angelo, C. 2010. PT tenta apagar fama ‘antiverde’ de Dilma. *Folha de São Paulo* 10 de outubro de 2010, p. A-15.

Ansar, A., Flyvbjerg, B., Budzier, A., Lunn, D. 2014. Should we build more large dams? The actual costs of hydropower megaproject development. *Energy Policy* 69: 43–56. doi: 10.1016/j.enpol.2013.10.069

- Aula, I., Braunschweiler, H., Malin, I. 1995. The watershed flux of Mercury examined with indicators in the Tucuruí reservoir in Para, Brazil. *Science of the Total Environment* 175: 97-107.
- Azevedo, A. 2011. Réplica da Associação Brasileira do Alumínio (ABAL) à revista Política Ambiental nº 7. Disponível em:
http://www.conservacao.org/publicacoes/files/politicaambiental7_replica.pdf
- Baran, E., Levin, S.A., So Nam, Rodríguez-Iturbe, I., Ziv, G. 2012. Trading-off fish biodiversity, food security, and hydropower in the Mekong River Basin. *Proceedings of the National Academy of Science of the USA* 109: 5609-5614. doi: 10.1073/pnas.1201423109
- Barreto, P., Brandão Jr., A, Martins, H., Silva, D., Souza Jr., C., Sales, M., Feitosa, T. 2011. Risco de Desmatamento Associado à Hidrelétrica de Belo Monte. Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (IMAZON), Belém, PA. 98 p. Disponível em: http://www.imazon.org.br/publicacoes/livros/risco-de-desmatamento-associado-a-hidreletrica-de-belo-monte/at_download/file
- Barros, N., Cole, J.J., Tranvik, L.J., Prairie, Y.T., Bastviken, D., Huszar, V.L.M., del Giorgio, P., Roland, F. 2011. Carbon emission from hydroelectric reservoirs linked to reservoir age and latitude. *Nature Geoscience* 4: 593-596. doi: 10.1038/NGEO1211
- 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., Dórea, J.G., Bernardi, J.V.E., Lauthartte, L.C., Mussy, M.H., Lacerda, L.D., Malm, O. 2015. Mercury in fish of the Madeira River (temporal and spatial assessment), Brazilian Amazon. *Environmental Research* 140: 191-197. doi: 10.1016/j.envres.2015.03.029
- 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. doi: 10.1016/j.scitotenv.2005.09.048
- Battino, R., Clever, H.L. 1966. The solubility of gases in liquids. *Chemical Reviews* 66: 395-463 doi: 10.1021/cr60242a003
- Bergsdal, H., Strømman, A.H., Hertwich, E.G. 2004. *The Aluminum Industry: Environment, Technology, and Production*. Report 8/2004, Industrial Ecology Programme, Norwegian University of Science and Technology (NTNU),

Trondheim, Noruega. 44 p. Disponível em:
http://www.ntnu.no/c/document_library/get_file?uuid=90a62bb5-9451-476e-abbf-076a6b42604d&groupId=10370

- Bermann, C. 2002. Energia no Brasil: para quê? para quem? - crise e alternativas para um país sustentável. Projeto Brasil Sustentável e Democrático, Federação dos Órgãos para Assistência Social e Educacional (FASE), Rio de Janeiro, RJ & Livraria da Física, São Paulo, SP. 139 p.
- Bermann, C. 2004. Indústrias Eletrointensivas e Autoprodução: Propostas para uma Política Energética de Resgate do Interesse Público. Instituto de Desenvolvimento Estratégico do setor Energético (Ilumina), Rio de Janeiro, RJ. Disponível em:
http://www.ilumina.org.br/zpublisher/materias/Estudos_Especiais.asp?id=15872
- Bermann, C. 2011. Notas sobre la energía incorporada en la exportación de bienes primarios en Brasil. *Energía y Equidad* 1(1): 31-38.
- Bermann, C. 2012a. O setor de eletro-intensivos. In: Moreira PF (ed) Setor Elétrico Brasileiro e a Sustentabilidade no Século 21: Oportunidades e Desafios 2ª ed., Rios Internacionais, Brasília, DF. p. 28-34; 92-93
- Bermann, C. 2012b. O projeto da Usina Hidrelétrica Belo Monte: A autocracia energética como paradigma. *Novos Cadernos NAEA* 15: 5-23.
- Bermann, C, Martins, O.S. 2000. Sustentabilidade Energética no Brasil: Limites e Possibilidades para uma Estratégia Energética Sustentável e Democrática. (Série Cadernos Temáticos No. 1). Projeto Brasil Sustentável e Democrático, Federação dos Órgãos para Assistência Social e Educacional (FASE), Rio de Janeiro, RJ. 151 p.
- BMF (Bruno Manser Fund). 2015. Stop corruption dams: Save the rainforest rivers of Sarawak. <http://www.stop-corruption-dams.org/>
- Boischio, A.A.P., Henshel, D., Barbosa, A.C. 1995. Mercury exposure through fish consumption by the Upper Madeira River population. *Ecosystem Health* 1: 177-192.
- Borges, A. 2013. Dilma defende usinas hidrelétricas com grandes reservatórios. *Valor Econômico*, 06 de junho de 2013.
http://www.valor.com.br/imprimir/noticia_impreso/3151684
- Brasil, ANA (Agência Nacional de Águas). s/d [C. 2006]. Plano Estratégico de Recursos Hídricos da Bacia dos Rios Tocantins e Araguaia: Relatório Diagnóstico, Anexo 14, Geração de Energia. No. 1329-R-FIN-PLD-15-01. ANA, Brasília, DF. 56 p.. Disponível em:
<http://central2.to.gov.br/arquivo/31/933>
- Brasil, CIMC (Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima). 2008. Plano Nacional

- sobre Mudança do Clima – PNMC -- Brasil. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF. 129 p. Disponível em:
http://www.mma.gov.br/estruturas/imprensa/_arquivos/96_01122008060233.pdf
- Brasil, ELETROBRÁS (Centrais Elétricas Brasileiras S/A). 1987. Plano 2010: Relatório Geral. Plano Nacional de Energia Elétrica 1987/2010 (Dezembro de 1987). ELETROBRÁS, Brasília, DF. 269 p.
- Brasil, ELETROBRÁS (Centrais Elétricas Brasileiras S/A). 2009. Aproveitamento Hidrelétrico Belo Monte: Estudo de Impacto Ambiental. Fevereiro de 2009. ELETROBRÁS, Rio de Janeiro, RJ. 36 vols.
- Brasil, ELETRONORTE (Centrais Elétricas do Norte do Brasil, S.A.). 1987. Contribuição da Eletronorte para Atendimento das Necessidades Futuras de Energia Elétrica da Amazônia. ELETRONORTE, Brasília, DF. Paginação irregular.
- Brasil, ELETRONORTE (Centrais Elétricas do Norte do Brasil, S.A.). s/d [2002]. Complexo Hidrelétrico Belo Monte: Estudo de Impacto Ambiental- EIA. Versão preliminar. ELETRONORTE, Brasília, DF. 6 vols.
- Brasil, MME (Ministério das Minas e Energia). 1979. Portaria No. 1654 de 13 de agosto de 1979. Diário Oficial da União. 16 de agosto de 1979. Seção 1, Parte 1, p. 11.705.
- Brasil, MME (Ministério das Minas e Energia). 2009. Plano Decenal de Expansão de Energia 2008/2017. MME, Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Brasília, DF.
- 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. Disponível em: http://www.epe.gov.br/PDEE/20111229_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. Disponível em: http://www.epe.gov.br/PDEE/20120924_1.pdf
- Brasil, MME (Ministério das Minas e Energia). 2014. Plano Decenal de Expansão de Energia 2023. MME, Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Brasília, DF. 2 vols.
<http://www.epe.gov.br/PDEE/Relatório%20Final%20do%20PDE%202023.pdf>
- Brasil, MT (Ministério dos Transportes). 2010. Diretrizes da Política Nacional de Transporte Hidroviário. Secretaria de Política Nacional de Transportes, MT, Brasília, DF. 33 p.
<http://www2.transportes.gov.br/Modal/Hidroviario/PNHidroviario.pdf>
- Burns, S. 2013. Aluminum smelter price agreements with electricity companies outdated? MetalMiner 26 de março de 2013.

<http://agmetalmminer.com/2013/03/26/aluminum-smelter-price-agreements-with-electricity-companies-outdated/>

- Cañas, C.M., Pine III, W.E. 2011. Documentation of the temporal and spatial patterns of Pimelodidae catfish spawning and larvae dispersion in the Madre de Dios River (Peru): insights for conservation in the Andean-Amazon headwaters. *River Research Applications* 27: 602–611. doi: 10.1002/rra.1377
- Cardoso, J.G.R., de Carvalho, P.S.L., da Fonseca, P.S.M., da Silva, M.M., Rocio, M.A. R. 2011. A indústria do alumínio: estrutura e tendências. *BNDES Setorial* 33, pp. 43-88.
http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set3302.pdf
- Carmignani, F., Avom, D. 2010. The social development effects of primary commodity export dependence. *Ecological Economics* 70(2): 317-330.
- Carvalho, A.R., Fabr e, N.N. 2006. Da foz do Amazonas aos Andes. *Ciência Hoje* 39(233): 64-67.
- Cernea, M.M. 1988. *Involuntary Resettlement in Development Projects: Policy Guidelines in World Bank-Financed Projects.* (World Bank technical paper no. 80), The World Bank, Washington, DC, E.U.A. 88 p. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1596/0-8213-1036-4>
- Christian, S. 1990. Buenos Aires journal – Billions flow to dam (and billions down the drain?). *New York Times*, 04 de maio de 1990.
<http://www.nytimes.com/1990/05/04/world/buenos-aires-journal-billions-flow-to-dam-and-billions-down-drain.html>
- Ciccantell, P.S. 1999a. It's all about power: The political economy and ecology of redefining the Brazilian Amazon. *Sociological Quarterly* 40(2): 293-315. doi: 10.1111/j.1533-8525.1999.tb00549.x
- Ciccantell, P.S. 1999b. Making aluminum in the rainforest: The social impact of globalization in the Brazilian Amazon. *Journal of Developing Areas* 33(2): 175-198.
- Ciccantell, P. 2005. Globaliza o e desenvolvimento baseado em m terias-primas: o caso da indústria do alumínio. *Novos Cadernos NAEA* 8(2): 41-72.
- Cintra, I.H.A. 2009. *A Pesca no Reservatório da Usina Hidrelétrica de Tucuruí, Estado do Pará, Brasil.* PhD thesis in fisheries engineering, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE. 190 p. Disponível em:http://www.pgengpesca.ufc.br/index.php?option=com_content&view=article&id=19&Itemid=32
- Coelho, M.C., Monteiro, M.A., Santos, I.C. 2004. Políticas públicas, corredores de exporta o, moderniza o portuária, industrializa o e impactos territoriais e

- ambientais no município de Barcarena, Pará. *Novos Cadernos NAEA* 11: 141-178.
- Collier, P. 2007. *The Bottom Billion: Why the Poorest Countries Are Failing and What Can Be Done About it*. Oxford University Press, Oxford, Reino Unido. 205 p.
- Costa, A.C. 2012. PIB fraco faz Brasil perder posto de 6ª economia do mundo. Exame 31 de agosto de 2012. <http://exame.abril.com.br/economia/noticias/pib-fraco-faz-brasil-perder-posto-de-6a-economia-do-mundo>
- Costa, R.N.A. 2007. Viabilidades Térmica, Económica e de Materiais de um Sistema Solar de Aquecimento de Água a Baixo Custo para Fins Residenciais. Masters dissertation in mechanical engineering, Universidade Federal de Rio Grande do Norte, Natal, RN. 77 p.
http://bdtd.bczm.ufrn.br/tesesimplificado//tde_arquivos/10/TDE-2008-02-21T011110Z-1119/Publico/RaimundoNAC.pdf
- Dai Qing (ed.). 1994. *Yangzi! Yangzi!*. Earthscan, London, Reino Unido. 295 p.
- de Almeida-Val, V.M.F., Gomes, A.R.C., Lopes, N.P. 2006. Metabolic and physiological adjustments to low oxygen and high temperature in fishes of the Amazon. Val AL, de Almeida-Val VMF, Randall DJ (eds.). *Fish Physiology: The Physiology of Tropical Fishes*. Elsevier, San Diego, California, E.U.A. p. 443-500.
- de Andrade, M.L.A., Cunha, L.M.S., Gandra, G.T. 2001. A indústria do alumínio: desempenho e impactos da crise energética. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), Rio de Janeiro, RJ. BNDES Setorial, no. 14: 3-26.
http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set1401.pdf
- de Lacerda, L.D., Pfeiffer, W.C., Ott, A.T., da Silveira, E.G. 1989. Mercury contamination in the Madeira River, Amazon – Hg inputs to the environment. *Biotropica* 21: 91-91.
- de Sousa Júnior, W.C., Reid, J. 2010. Uncertainties in Amazon hydropower development: Risk scenarios and environmental issues around the Belo Monte dam. *Water Alternatives* 3: 249-268.
- de Sousa Júnior, W.C., Reid, J., Leitão, N.C.S. 2006. Custos e Benefícios do Complexo Hidrelétrico Belo Monte: Uma Abordagem Econômico-Ambiental. Conservation Strategy Fund (CSF), Lagoa Santa, MG. 90 p. Disponível em: <http://www.conservation-strategy.org/en/publication/custos-e-benef%C3%ADcios-do-complexo-hidrel%C3%A9trico-belo-monte-uma-abordagem-econ%C3%B4mico-ambienta>

- Demarty, M., Bastien, J. 2011. GHG emissions from hydroelectric reservoirs in tropical and equatorial regions: Review of 20 years of CH₄ emission measurements. *Energy Policy* 3: 4197-4206. doi:10.1016/enpol.2011.04.033
- 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: 9-40.
- do Rio, G.A.P. 1996. Relação espaço-indústria: a localização de plantas de alumínio na Amazônia. In: Santos, S.B.M., Britto, R.C., Castro, E.R. (eds.). *Energia na Amazônia*. Museu Paraense Emílio Goeldi, Universidade Federal do Pará, Associação de Universidades Amazônicas, Belém, PA. p. 825-834.
- Dumestre, J.F., Guezenec, J., Galy-Lacaux, C., Delmas, R., Richard, S.A., Labroue, L. 1999. Influence of light intensity on methanotrophic bacterial activity in Petit-Saut reservoir, French Guiana. *Applied Environmental Microbiology* 65: 534-539.
- EMBRAER (Empresa Brasileira de Aeronáutica). 2012. EMBRAER relatório anual 2011. EMBRAER, São José dos Campos, SP. 134 p. Disponível em:http://www.embraer.com/Documents/Relatorio_Anuar_2011_Port.pdf
- E.U.A., DOE (Department of Energy). 1997. Energy and Environmental Profile of the U.S. Aluminum Industry. US DOE, Office of Industrial Technologies, Washington, DC, E.U.A. 114 p. <https://www1.eere.energy.gov/manufacturing/resources/aluminum/pdfs/aluminum.pdf>
- Fearnside, P.M. 1988. China's Three Gorges Dam: "Fatal" project or step toward modernization? *World Development* 16: 615-630. doi: 10.1016/0305-750X(88)90190-8
- Fearnside, P.M. 1989. Brazil's Balbina Dam: Environment versus the legacy of the pharaohs in Amazonia. *Environ Management* 13: 401-423. doi: 10.1007/BF01867675
- Fearnside, P.M. 1994. The Canadian feasibility study of the Three Gorges Dam proposed for China's Yangzi River: a grave embarrassment to the impact assessment profession. *Impact Assessment* 12(1): 21-57. doi: 10.1080/07349165.1994.9725849
- Fearnside, P.M. 1995. Hydroelectric dams in the Brazilian Amazon as sources of 'greenhouse' gases. *Environmental Conservation* 22(1): 7-19. doi:10.1017/S0376892900034020
- Fearnside, P.M. 1999. Social impacts of Brazil's Tucuruí Dam. *Environmental Management* 24: 485-495. doi: 10.1007/s002679900248

- Fearnside, P.M. 2001. Environmental impacts of Brazil's Tucuruí Dam: Unlearned lessons for hydroelectric development in Amazonia. *Environmental Management* 27: 377-396. doi: 10.1007/s002670010156
- Fearnside, P.M. 2002. Greenhouse gas emissions from a hydroelectric reservoir (Brazil's Tucuruí Dam) and the energy policy implications. *Water, Air and Soil Pollution* 133: 69-96. doi: 10.1023/A:1012971715668
- Fearnside, P.M. 2004. Greenhouse gas emissions from hydroelectric dams: controversies provide a springboard for rethinking a supposedly "clean" energy source. *Climatic Change* 66: 1-8. doi: 10.1023/B:CLIM.0000043174.02841.23
- Fearnside, P.M. 2005a. Brazil's Samuel Dam: Lessons for hydroelectric development policy and the environment in Amazonia. *Environmental Management* 35: 1-19. doi: 10.1007/s00267-004-0100-3
- Fearnside, P.M. 2005b. Do hydroelectric dams mitigate global warming? The case of Brazil's Curuá-Una Dam. *Mitigation and Adaptation Strategies or Global Change* 10: 675-691. doi: 10.1007/s11027-005-7303-7
- 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. 2008. Hidrelétricas como "fábricas de metano": O papel dos reservatórios em áreas de floresta tropical na emissão de gases de efeito estufa. *Oecologia Brasiliensis* 12: 100-115 doi: 10.4257/oeco.2008.1201.11
- Fearnside, P.M. 2009. As hidrelétricas de Belo Monte e Altamira (Babaquara) como fontes de gases de efeito estufa. *Novos Cadernos NAEA* 12: 5-56.
- Fearnside, P.M. 2011. Gases de efeito estufa no EIA-RIMA da Hidrelétrica de Belo Monte. *Novos Cadernos NAEA* 14: 5-19.
- Fearnside, P.M. 2012. Will Brazil's Belo Monte Dam get the green light? *Latin America Energy Advisor*, 27-31 de agosto de 2012, 1 & 4.
- Fearnside, P.M. 2013. Decision-making on Amazon dams: Politics trumps uncertainty in the Madeira River sediments controversy. *Water Alternatives* 6: 313-325.
- Fearnside, P.M. 2014a. 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. 2014b. Brazil's Madeira River dams: A setback for environmental policy in Amazonian development. *Water Alternatives* 7: 156-169.

- Fearnside, P.M. 2015a. Tropical hydropower in the Clean Development Mechanism: Brazil's Santo Antônio Dam as an example of the need for change. *Climatic Change* 131(4): 575-589. doi: 10.1007/s10584-015-1393-3
- Fearnside, P.M. 2015b. Emissions from tropical hydropower and the IPCC. *Environmental Science & Policy* 50: 225-239. doi: 10.1016/j.envsci.2015.03.002
- Fearnside, P.M. 2015c. Amazon dams and waterways: Brazil's Tapajós Basin plans. *Ambio* 44: 426-439. doi: 10.1007/s13280-015-0642-z
- Fearnside, P.M. 2015d. Environmental and social impacts of hydroelectric dams in Brazilian Amazonia: Implications for the aluminum industry. *World Development* doi: 10.1016/j.worlddev.2015.08.015.
- Fearnside, P.M., Laurance, W.F. 2012. Infraestrutura na Amazônia: As lições dos planos plurianuais. *Caderno CRH* 25(64): 87-98. doi: 10.1590/S0103-49792012000100007
- Fearnside, P.M., Pueyo, S. 2012. Underestimating greenhouse-gas emissions from tropical dams. *Nature Climate Change* 2: 382–384. doi: 10.1038/nclimate1540
- FGV (Fundação Getúlio Vargas). 2014. Metodologia e Matriz de Indicadores. Novembro/2014.
<http://www.indicadoresdebelomonte.com.br/2014/12/metodologia-e-matriz-de-indicadores/>
- Finer, M., Jenkins, C.N. 2012. Proliferation of hydroelectric dams in the Andean Amazon and implications for Andes-Amazon connectivity, *PLoS ONE* 7(4): e35126. doi: 10.1371/journal.pone.0035126
- Fisher, W.F. (ed.). 1995. *Toward Sustainable Development? Struggling over India's Narmada River*. M.E. Sharpe, London, Reino Unido. 481 p.
- 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-COBRAPE-report.pdf
- Forster, P. & 50 outros. 2007. Changes in Atmospheric Constituents and Radiative Forcing. In: Solomon, S.; Qin, D.; Manning, M.; Chen, Z.; Marquis, M.; Averyt, K.B.; Tignor, M.; Miller, H.L. (eds.) *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group to the Fourth Assessment Report

of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido. p. 129-234.

- FURNAS, CNO, Leme Engenharia. 2005. EIA- Estudo de Impacto Ambiental Aproveitamentos Hidrelétricos Santo Antônio e Jirau, Rio Madeira-RO. 6315-RT-G90-001. FURNAS Centrais Elétricas S.A, Construtora Noberto Odebrecht, S.A. (CNO) & Leme Engenharia, Rio de Janeiro, RJ. 8 Vols. Paginação Irregular. Disponível em: <http://www.amazonia.org.br/arquivos/195010.zip>
- Gama, P. 2013. Maiores doadores somam gasto de R\$1 bi desde 2002. Construtores e bancos são principais financiadores de campanhas eleitorais. Folha de São Paulo 21 de janeiro de 2013. p. A-6.
- Gitlitz, J. 1993. The Relationship between Primary Aluminum Production and the Damming of World Rivers. IRN Working Paper 2, International Rivers Network (IRN), Berkeley, California, E.U.A. 151 p.
- Goldsmith, E., Hildyard, N. 1984. The Social and Environmental Effects of Large Dams. Sierra Club Books, San Francisco, Califórnia, E.U.A. 404 p.
- Goldsmith, E., Hildyard, N. 1986. The Social and Environmental Effects of Large Dams: Volume 2: Case Studies. Wadebridge Ecological Centre, Camelford, Reino Unido. 331 p.
- Gosse, P., Abril, G., Guérin, F., Richard, S., Delmas, R. 2005. Evolution and relationships of greenhouse gases and dissolved oxygen during 1994-2003 in a river downstream of a tropical reservoir. *Verhandlungen Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie* 29: 594-600.
- Goulding, M. 1979. Ecologia da pesca do rio Madeira. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Manaus, AM. 172 p.
- Grumbine, R.E., Xu, J. 2011. Mekong Hydropower Development. *Science* 332: 178-179. doi: 10.1126/science.1200990
- Guérin, F., Abril, G., Richard, S., Burban, B., Reynouard, C., Seyler, P., Delmas, R. 2006. Methane and carbon dioxide emissions from tropical reservoirs: Significance of downstream rivers. *Geophysical Research Letters* 33: L21407. doi: 10.1029/2006GL027929
- Hernandez, F.M., Santos, S.B.M. 2011. Ciência, cientistas e democracia desfigurada: O caso de Belo Monte. *Novos Cadernos NAEA* 14(1): 79-96.
- Highbeam Business. 2010. Alcoa may cut Brazilian capacity. *Highbeam Business* 21 de maio de 2010. <http://business.highbeam.com/436402/article-1G1-228435110/alcoa-may-cut-brazilian-capacity>
- Huguet, L., Castelle, S., Schäfer, J., Blanc, G., Maury-Brachet, R., Reynouard, C., Jorand, F. 2010. Mercury methylation rates of biofilm and plankton

microorganisms from a hydroelectric reservoir in French Guiana. *Science of the Total Environment* 408: 1338-1348. doi: 10.1016/j.scitotenv.2009.10.058

- IAI (International Aluminium Institute). 2015. Primary aluminium smelting power consumption. Date of Issue: 15 Oct 2014. <http://www.world-aluminium.org/statistics/primary-aluminium-smelting-power-consumption/>
- ICOLD (International Commission on Large Dams). 2014. World Register of Dams, general synthesis. http://www.icold-cigb.org/GB/World_register/general_synthesis.asp
- Indian Express. 2011. Former Kerala minister gets jail for graft twenty years after the Kerala government initiated the prosecution in the Idamalayar Dam corruption case. *Indian Express*, 11 de fevereiro de 2011. <http://indianexpress.com/article/news-archive/web/former-kerala-minister-gets-jail-for-graft/>
- International Rivers. 2012. Dams in Amazonia. International Rivers, Berkeley, California, E.U.A. <http://www.dams-info.org/en>
- ISA (Instituto Socioambiental). 2010. MMA libera Belo Monte sem conhecer os impactos da obra. *Notícias Socioambientais* 02 de fevereiro de 2010. Disponível em: <http://www.socioambiental.org/nsa/detalhe?id=3029>
- ISA (Instituto Socioambiental). 2011a. Governo empurra Belo Monte goela abaixo. *Notícias Socioambientais* 01 de fevereiro de 2011. Disponível em: <http://www.socioambiental.org/nsa/detalhe?id=3246>
- ISA (Instituto Socioambiental). 2011b. Ibama ignora MPF e OEA e libera licença para obras de Belo Monte no Rio Xingu. *Notícias Socioambientais* 02 de junho de 2011. Disponível em: <http://www.socioambiental.org/nsa/detalhe?id=3350>
- ISA (Instituto Socioambiental). 2014. Nota Técnica – Estado de Cumprimento das Condições Referentes à Proteção das Terras Indígenas Impactadas pela Usina Belo Monte. 13 de fevereiro de 2014. ISA Programa Xingu, Altamira, Pará. http://www.socioambiental.org/sites/blog.socioambiental.org/files/nsa/arquivos/nota_tecnica_-_condicionantes_indigenas_final_pdf1.pdf
- Joslin, J.D. 1994. Regional differences in mercury levels in aquatic ecosystems: a discussion of possible causal factors with implications for the Tennessee River System and the Northern Hemisphere. *Environ Manage* 18: 559-567.
- Joyce, J., Jewell, P.W. 2003. Physical controls on methane ebullition from reservoirs and lakes. *Environmental Engineering Geoscience* 9: 167-178
- Junk, W.J. (ed.). 1997. *The Central Amazon Floodplain – Ecology of a Pulsing System*. Springer-Verlag, Heidelberg, Alemanha. 525 p.

- Junk, W.J., de Mello, J.A.S.N. 1990. Impactos ecológicos das represas hidrelétricas na bacia amazônica brasileira. *Estudos Avançados* 4(8):126-143. doi: 10.1590/S0103-40141990000100010
- Kashima, Y., Akagi, H., Kinjo, Y., Malm, O., Guimarães, J.R.D., Branches, F., Doi, R. 2001. Selenium and mercury concentrations in fish from the lower Tapajos River and the Balbina Reservoir, Brazilian Amazon. In: 6th International Conference on Mercury as a Global Pollutant (ICMGP). Oct. 15-19, 2001, Minamata, Japan. ICMGP, Minamata, Japão. p. 280.
- Kehring, H.A., Malm, O., Akagi, H., Guimarães, J.R.D., Torres, J.P.M. 1998. Methylmercury in fish and hair samples from the Balbina Reservoir, Brazilian Amazon. *Environmental Research* 77: 84-90.
- Kelly, C.A., Rudd, J.W.M., Bodaly, R.A., Roulet, N.P., St. Louis, V.L., Heyes, A., Moore, T.R., Schiff, S., Aravena, R., Scott, K.J., Dyck, B., Harris, R., Warner, B., Edwards, G. 1997. Increases in Fluxes of Greenhouse Gases and Methyl Mercury following flooding of an Experimental Reservoir. *Environ Science and Technology* 31: 1334–1344. doi: 10.1021/es9604931
- Kemenes, A., dos Santos, C.A.C., Satyamurty, P. 2012. Mudança do clima e geração de energia. *Ciência Hoje* 50(295): 37-41.
- Kemenes, A., Forsberg, B.R., Melack, J.M. 2007. Methane release below a tropical hydroelectric dam. *Geophysical Research Letters* 34: L12809. doi:10.1029/2007GL029479. 55.
- Kemenes, A., Forsberg, B.R., Melack, J.M. 2008. As hidrelétricas e o aquecimento global. *Ciência Hoje* 41(145): 20-25.
- Khagram, S. 2004. *Dams and Development: Transnational Struggles for Water and Power*. Cornell University Press, Ithaca, New York, E.U.A. 270 p.
- Kishinami, R. 2012. A eficiência energética como componente da eficiência econômica. In: Moreira PF (ed) *Setor Elétrico Brasileiro e a Sustentabilidade no Século 21: Oportunidades e Desafios* 2ª ed., Brasília, DF: Rios Internacionais, p. 37-39.
- Lebel, J., Mergle, D., Branches, F., Lucotte, M., Amorim, M., Larribe, F., Dolbec, J. 1998. Neurotoxic effects of low-level methylmercury contamination in the Amazonian Basin. *Environmental Research* 79: 20-32.
- Leino, T., Lodenius, M. 1995. Human hair mercury levels in Tucuruí area, state of Pará, Brazil. *Science of the Total Environment* 175: 119-125.
- LME (London Metal Exchange). 2015. Historical price graph for aluminum. <http://www.lme.com/en-gb/metals/non-ferrous/aluminium/#tab2>

- Machado, G., Schaeffer, R., Worrell, E. 2001. Energy and carbon embodied in the international trade of Brazil: An input-output approach. *Ecological Economics* 39(3): 409-424.
- Malm, O., Castro, M.B., Bastos, W.R., Branches, F.J.P., Guimarães, J.R.D., Zuffo, C.E., Pfeiffer, W.C. 1995. An assessment of Mercury pollution in different goldmining areas, Amazon Brazil. *Science of the Total Environment* 175: 127-140.
- Massarente, M., Serrano, A., Machado, L., Hara, L., Frazão, V. 2013. Alumínio no Brasil: Transformações nos últimos 15 anos. Bain & Company, Inc.. São Paulo, SP. 17 p.
http://www.bain.com/offices/saopaulo/pt/Images/ALUMINIO%20BRASIL_PO RT.pdf
- McCully, P. 2001. *Silenced Rivers: The Ecology and Politics of Large Dams: Enlarged and Updated Edition*. Zed Books, New York, NY, E.U.A. 359 p.
- Meade, R.H. 1994. Suspended sediments of the modern Amazon and Orinoco Rivers. *Quaternary International* 21: 29-39.
- Misser, F. 2013. *La Saga d'Inga: L'*
- Molina Carpio, J. 2005. El megaproyecto hidroeléctrico y de navegación del Río Madera. In: *Geopolítica de los Recursos Naturales e Acuerdos Comerciales en Sudamerica. Foro Boliviano sobre Medio Ambiente y Desarrollo (FOBOMADE)*, La Paz, Bolívia. p. 101-116. Disponível em:
<http://www.fobomade.org.bo/publicaciones/docs/8.pdf>
- Monteiro, M.A., Monteiro, E.F. 2007. Amazônia: Os (dês) caminhos da cadeia produtiva do alumínio. *Novos Cadernos NAEA* 10: 87-102.
- Moreira, P.F. (ed.). 2012. *O Setor Elétrico Brasileiro e a Sustentabilidade no Século 21: Oportunidade e Desafios*, 2ª ed. Rios Internacionais, Brasília, DF. 100 p.
 Disponível em: <http://www.internationalrivers.org/node/7525>
- Morgan, A.E. 1971. *Dams and other Disasters: A Century of the Army Corps of Engineers in Civil Works*. Boston, Massachusetts, USA: Porter Sargent, 421 pp.
- Morris, G.L., Fan, J. 1998. *Reservoir sedimentation handbook: Design and management of dams, reservoirs, and watersheds for sustainable use*. McGraw-Hill, New York, NY, E.U.A. 848 p.
- Morse, B., Berger, T., Gamble, D., Brody, H. 1992. *Sardar Sarovar: Report of the Independent Review*. Resources Futures International, Ottawa, Canadá. 363 p.
- Mougeot, L.J.A. 1990. Future hydroelectric development in Brazilian Amazonia: Towards comprehensive population resettlement. In: Goodman, D.; Hall, A. (eds.). *The Future of Amazonia: Destruction or Sustainable Development?* Palgrave Macmillan, London, Reino Unido. p. 90-129.

- Müller-Plantenberg, C. 2006. Social and ecological impacts of the bauxite-energy-aluminium product line: steps towards sustainable metal management. In: von Gleich, A.; Ayres, R.U.; Gössling-Reisemann, S. (eds.). *Sustainable Mining Management: Securing Our Future - Steps Towards a Closed loop economy*. Springer, Dordrecht, Países Baixos. p. 449-482.
- Myhre, G. & 37 outros. 2013. Anthropogenic and natural radiative forcing. In: Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., Midgley, P.M. (eds.). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report*. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, p. 661-740. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>
- Nappi, C. 2013. The Global Aluminium Industry 40 years from 1972. International Aluminium Institute (IAI). 27 p. http://www.world-aluminium.org/media/filer_public/2013/02/25/an_outlook_of_the_global_aluminium_industry_1972_-_present_day.pdf
- Nilsson, C., Reidy, C.A., Dynesius, M., Revenga, C. 2005. Fragmentation and flow regulation of the world's large river systems. *Science* 308: 405-408.
- Norseth, T. (ed.). 1995. Environmental and Health Aspects Related to the Production of Aluminium. Special issue of *Science of The Total Environment*. *Science of the Total Environment* 163(1-3): 28-227.
- Nüsser, M. 2003. Political ecology of large dams: A critical review. *Petermanns Geographische Mitteilungen* 147: 20-27. [http://www.sai.uni-heidelberg.de/geo/pdfs/Nuesser_2003_PoliticalEcologyOfLargeDams_PGM_147\(1\)_20-27.pdf](http://www.sai.uni-heidelberg.de/geo/pdfs/Nuesser_2003_PoliticalEcologyOfLargeDams_PGM_147(1)_20-27.pdf)
- Odinetz-Collart, O. 1987. La pêche crevettiere de *Macrobrachium amazonicum* (Palaemonidae) dans le Bas-Tocantins, après la fermeture du barrage de Tucuruí (Brésil). *Revue d'Hidrobiologie Tropical* 20: 131-144.
- Oliver-Smith, A. (ed.). 2009. *Development and Dispossession: The Crisis of Development Forced Displacement and Resettlement*. SAR Press, London, Reino Unido. 344 p.
- Ometto, J.P., Cimbleiris, A.C.P., dos Santos, M.A., Rosa, L.P., Abe, D., Tundisi, J.G., Stech, J.L., Barros, N., Roland, F. 2013. Carbon emission as a function of energy generation in hydroelectric reservoirs in Brazilian dry tropical biome. *Energy Policy* 58: 109-116. doi:10.1016/j.enpol.2013.02.041
- Ometto, J.P., Pacheco, F.S., Cimbleiris, A.C.P., Stech, J.L., Lorenzetti, J.A., Assireu, A., Santos, M.A., Matvienko, B., Rosa, L.P., Galli, C.S., Abe, D.S. Tundisi, J.G., Barros, N.O., Mendonça, R.F., Roland, F. 2011. Carbon dynamic and emissions in Brazilian hydropower reservoirs. In: de Alcantara E.H. (ed.) *Energy*

Resources: Development, Distribution, and Exploitation. Nova Science Publishers, Hauppauge, NY, E.U.A. p. 155-188.

- Panday, P.K., Coe, M.T., Macedo, M.N., Lefebvre, P., Castanho, A.D.A. 2015. Deforestation offsets water balance changes due to climate variability in the Xingu River in eastern Amazonia. *Journal of Hydrology* 523: 822-829. doi: 10.1016/j.jhydrol.2015.02.018
- Pegg, S. 2003. Poverty Reduction or Poverty Exacerbation? World Bank Group Support for Extractive Industries in Africa. Environmental Defense, Washington, DC, E.U.A. 39 p. Disponível em: <http://www.oxfamamerica.org/static/oa3/files/poverty-reduction-or-poverty-exacerbation.pdf>
- Peryman, L. 2008. Three Gorges dam is black hole of corruption, says Chinese journalist. Probe International, 19 de outubro de 2008. <http://journal.probeinternational.org/2008/10/19/three-gorges-dam-black-hole-corruption-says-chinese-journalist-3/>.
- Petherick, A. 2015. A tandem production. *Nature Climate Change* 5: 17–18. doi:10.1038/nclimate2478
- Pfeiffer, W.C., de Lacerda, L.D. 1988. Mercury inputs into the Amazon region, Brazil. *Environmental Technology Letters* 9: 325-330.
- Pfeiffer, W.C., Malm, O., Souza, C.M.M., de Lacerda, L.D., Silveira, E.G., Bastos, W.R. 1991. Mercury in the Madeira River ecosystem, Rondônia. *Forest Ecology and Management* 38: 239-245.
- Pinto, L.F. 1991. *Amazônia: A Fronteira do Caos*. Editora Falangola, Belém, PA. 159 p.
- Pinto, L.F. 1997. *Amazônia: O Século Perdido (A Batalha do Alumínio e outras Derrotas da Globalização)*. Editora Jornal Pessoal, Belém, PA. 160 p.
- Plummer, J. (ed.). 2009. *Diagnosing Corruption in Ethiopia*. The World Bank, Washington, DC, E.U.A. 417 p. http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2012/06/15/000386194_20120615035122/Rendered/PDF/699430PUB0Publ067869B09780821395318.pdf
- Porvari, P. 1995. Mercury levels of fish in Tucuruí hydroelectric reservoir and river Mojú in Amazonian, in the state of Pará, Brazil. *Science of the Total Environment* 175: 109-117.
- Reese, G., Jacob, L. 2015. Principles of environmental justice and pro-environmental action: A two-step process model of moral anger and responsibility to act. *Environmental Science & Policy* 51: 88–94. doi: 10.1016/j.envsci.2015.03.011

- Reuters. 2013. Rio Tinto puts off plans for Paraguay aluminum plant. Reuters 10 de dezembro de 2013. <http://www.reuters.com/article/2013/12/10/riotinto-paraguay-idUSL1N0JP1MD20131210>
- Rey, O. 2012. Um olhar para as grandes perdas de energia no sistema de —transmissão elétrico brasileiro. In: Moreira, P.F. (ed.) Setor Elétrico Brasileiro e a Sustentabilidade no Século 21: Oportunidades e Desafios 2ª ed., Rios Internacionais, Brasília, DF. p. 40-44.
- Ribeiro, I. 2009. Grupo Votorantim fará alumínio em Trinidad e Tobago. Valor Econômico, 04 de dezembro de 2009 <http://www.valor.com.br/imprimir/noticia/797521/arquivo/797521/grupo-votorantim-fara-aluminio-em-trinidad-e-tobago>
- Rich, B. 2013. *Foreclosing the Future: The World Bank and the Politics of Environmental Destruction*. Island Press, Covelo, Oregon, E.U.A. 303 p.
- Richter, B.D., Postel, S., Revenga, C., Scudder, T., Lehner, B., Churchill, A., Chow, M. 2010. Lost in development's shadow: The downstream human consequences of dams. *Water Alternatives* 3(2): 14-42.
- Rodrigues, F.S., Ribeiro Junior, R. 2010. Construção do AHE Marabá: Uma abordagem sobre opções de desenvolvimento e o seu planejamento. III Encontro Latinoamericano de Ciências Sociais e Barragens, Belém, PA. <http://www.ecsbarragens.ufpa.br/site/cd/ARQUIVOS/GT6-42-109-20101111185313.pdf>
- Rosenberg, D.M., Bodaly, R.A., Usher, P.J. 1995. Environmental and social impacts of large scale hydro-electric development: who is listening? *Global Environmental Change* 5: 127-148.
- Ross, M.L. 2001. *Extractive Sectors and the Poor*. Oxfam America, Boston, Massachusetts, E.U.A. 24 p. Disponível em: <http://www.oxfamamerica.org/static/oa3/files/extractive-sectors-and-the-poor.pdf>
- Roulet, M., Lucotte, M. 1995. Geochemistry of mercury in pristine and flooded ferralitic soils of a tropical rain forest in French Guiana, South America. *Water, Air and Soil Pollution* 80: 1079-1088.
- Roulet, M., Lucotte, M., Canuel, R., Farella, N., Courcelles, M., Guimarães, J.-R.D., Mergler, D., Amorim, M. 2000. Increase in mercury contamination recorded in lacustrine sediments following deforestation in central Amazon. *Chemical Geology* 165: 243-266.
- Roulet, M., Lucotte, M., Rheault, I., Tran, S., Farella, N., Canuel, R., Mergler, D., Amorim, M. 1996. Mercury in Amazonian soils: Accumulation and release. In: Bottrell, S.H. (ed.). *Proceedings of the Fourth International Symposium on the*

Geochemistry of the Earth's Surface, Ilkely. University of Leeds, Leeds, Reino Unido. p. 453-457.

- Sachs, J., Warner, A.M. 1995. Natural resource abundance and economic growth. Development discussion paper No. 517a. Harvard Institute for International Development (HIID), Cambridge, Massachusetts, E.U.A. 47 p. Disponível em: <http://www.nber.org/papers/w5398.pdf>
- Santos, H.S.B., Malm, O., Kehrig, H.A. 2001. Mercury contamination in *Cichla temensis* (tucunaré) from Tucuruí Reservoir, Brazilian Amazon. In: 6th International Conference on Mercury as a Global Pollutant (ICMGP). Oct. 15-19, 2001, Minamata, Japan. ICMGP, Minamata, Japão. p. 136.
- Santos, S.B.M., Britto, R.C., Castro, E.R. (eds.). 1996. Energia na Amazônia. Museu Paraense Emílio Goeldi, Universidade Federal do Pará & Associação de Universidades Amazônicas, Belém, PA. 966 p.
- Santos, S.B.M., Hernandez, F.M. (eds.). 2009. Painel de Especialistas: Análise Crítica do Estudo de Impacto Ambiental do Aproveitamento Hidrelétrico de Belo Monte. Painel de Especialistas sobre a Hidrelétrica de Belo Monte, Belém, PA. 230 p. Disponível em: http://www.xinguvivo.org.br/wp-content/uploads/2010/10/Belo_Monte_Painel_especialistas_EIA.pdf
- Santos, S.B.M., Marin, R.A., Castro, E. 2009. Análise de situações e dados sociais, econômicos e culturais. In: Santos, S.B.M., Hernandez, F.M. (eds.) Painel de Especialistas: Análise Crítica do Estudo de Impacto Ambiental do Aproveitamento Hidrelétrico de Belo Monte. Painel de Especialistas sobre a Hidrelétrica de Belo Monte, Belém, PA. p. 23-34. Disponível em: http://www.xinguvivo.org.br/wp-content/uploads/2010/10/Belo_Monte_Painel_especialistas_EIA.pdf
- Schilling, P.R. & Canese, R. 1991. Itaipu: Geopolítica e Corrupção. Centro Ecumênico de Documentação e Informação (CEDI), Rio de Janeiro, RJ. 53 p.
- Scofield Jr., G. 2011. Empreiteiras recebem R\$ 8,5 por cada real doado a campanha de políticos. O Globo [Rio de Janeiro], 07 de maio de 2011. <http://oglobo.globo.com/economia/empreiteiras-recebem-85-por-cada-real-doado-campanha-de-politicos-2773154#ixzz1vFriSQgF>
- Scudder, T. 2006. The Future of Large Dams: Dealing with Social, Environmental, Institutional and Political Costs. Routledge, London, Reino Unido. 408 p.
- Shenker, J. 2010. Dam dilemma. Guernica, 15 de setembro de 2010. https://www.guernicamag.com/features/shenker_9_15_10/
- Silva-Forsberg, M.C., Forsberg, B.R., Zeidemann, V. 1999. Mercury contamination in humans linked to river chemistry. *Ambio* 28: 519-521.

- Stickler, C.M., Coeb, M.T., Costac, M.H., Nepstad, D.C., McGrathb, D.G., Diasc, L.C., Rodrigues, H.O., Soares-Filho, B.S. 2013. The dependence of hydropower energy generation on forests in the Amazon Basin at local and regional scales. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 110(23): 9601-9606. doi: 10.1073/pnas.1215331110
- St Louis, V.L., Rudd, J.W.M., Kelly, C.A., Bodaly, R.A.; Paterson, M.J., Beaty, K.G., Hesslein, R.H., Heyes, A., Majewski, A.R. 2004. The rise and fall of mercury methylation in an experimental reservoir. *Environmental Science and Technology* 38: 1348–1358. doi: 10.1021/es034424f
- Stuart-Fox, M. 2006. The political culture of corruption in the Lao PDR. *Asian Studies Review* 30: 59–75. doi: 10.1080=10357820500537054
- Switkes, G. 2005. *Foiling the Aluminum Industry: A Toolkit for Communities, Activists, Consumers, and Workers*. International Rivers Network, Berkeley, Califórnia, E.U.A. 53 p. Disponível em: <http://www.internationalrivers.org/files/Foiling2005.pdf>
- Switkes, G., Bonilha, P. 2008. *Águas Turvas: Alertas sobre as Conseqüências de Barrar o Maior Afluente do Amazonas*. International Rivers, São Paulo, SP. 234 p. Disponível em: <http://www.internationalrivers.org/pt-br/resources/%C3%A1guas-turvas-alertas-sobre-as-conseq%C3%BC%C3%AAncias-de-barrar-o-maior-afluente-do-amazonas-3967>
- The Economist. 2012. The Mekong River: Lies, dams and statistics. *The Economist*, 26 de julho de 2012. <http://www.economist.com/blogs/banyan/2012/07/mekong-river>
- The Economist. 2013. Dams in the Amazon: The rights and wrongs of Belo Monte. *The Economist*, 04 de maio de 2013. <http://www.economist.com/news/americas/21577073-having-spent-heavily-make-worlds-third-biggest-hydroelectric-project-greener-brazil>
- Tollefson, J. 2011. A struggle for power: Brazil is developing the last great untapped reserve of hydroelectricity, the Amazon basin. *Nature* 479: 160-161. doi: 10.1038/479160a
- Torrente-Vilara, G., de Queiroz, L.J., Ohara, W.M. 2013. Um breve histórico sobre o conhecimento da fauna de peixes do Rio Madeira. In: De Queiroz, L.J., Ohara, W., Zuanon, J., Pires, T.H.S., Torrente-Vilara, G., Doria, C.R.C. (eds.) *Peixes do Rio Madeira. Dialeto*, São Paulo, SP. p. 19-25.
- Trefis. 2013. Rio Tinto shelves \$4 billion aluminum smelter plan in Paraguay. *Trefis*, 16 de dezembro de 2013. <http://www.trefis.com/stock/rio/articles/219055/rio-tinto-shelves-4-billion-aluminum-smelter-plan-in-paraguay/2013-12-16>

- Tsubaki, T., Takahashi, H. (eds.). 1986. Recent Advances in Minamata Disease Studies: Methylmercury Poisoning in Minamata and Niigata, Japan. Kodansha, Ltda., Tokyo, Japão. 214 p.
- Vainer, C.B., Vieira, F.B., de Sousa Monte, F.S., Nuti, M.R., de Mattos Viana, R. 2009. Extraído o conceito de atingido: Uma revisão do debate e diretrizes. In: Santos, S.M., Hernandez, F.M. (eds.). Painel de Especialistas: Análise Crítica do Estudo de Impacto Ambiental do Aproveitamento Hidrelétrico de Belo Monte. Painel de Especialistas sobre a Hidrelétrica de Belo Monte, Belém, PA. p. 213-230. Disponível em:
[http://www.internationalrivers.org/files/Belo%20Monte%20pareceres%20IBAMA_online%20\(3\).pdf](http://www.internationalrivers.org/files/Belo%20Monte%20pareceres%20IBAMA_online%20(3).pdf)
- Vale. 2004. Albras Compra Energia por 20 Anos. Vale, 04 de maio de 2004. <http://www.vale.com/PT/investors/home-press-releases/Press-Releases/Paginas/albras-compra-energia-por-20-anos.aspx>
- Vauchel, P. 2014. *Estudio de la crecida 2014 en la cuenca del rio Madera*. Observatoire de Recherche en Environnement – Control Geodinámico, Hidrológico y Bioquímico de la Erosión/Alteración y las Transferencias de Materia en la Cuenca del Amazonas (ORE-HyBAm), Institut de Recherche pour le Développement (IRD), La Paz, Bolivia. 25 p. <http://www.ore-hybam.org/index.php/eng/content/download/17209/89238/file/Estudio%20de%20la%20crecida%202014%20en%20la%20cuenca%20del%20rio%20Madera.pdf>
- Veiga, M.M., Meech, J.A., Onate, N. 1994. Mercury pollution from deforestation. *Nature* 368: 816-817.
- Veja. 2013. Custo da usina de Belo Monte já supera os R\$ 30 bilhões. Veja, 12 de maio de 2013. <http://veja.abril.com.br/noticia/economia/custo-da-usina-de-belo-monte-ja-supera-os-r-30-bilhoes/>
- WCD (World Commission on Dams). 2000. Dams and Development: A New Framework for Decision Making. Earthscan, London, Reino Unido. 404 p. Disponível em:
http://www.dams.org/index.php?option=com_content&view=article&id=49&Itemid=29
- Weber-Fahr, M. 2002. Treasure or Trouble? Mining in Developing Countries. World Bank & International Finance Corporation, Washington, DC, E.U.A. 22 p. <http://siteresources.worldbank.org/INTOGMC/Resources/treasureortrouble.pdf>
- Weisser, S.C. 2001. Investigation of the History of Mercury Contamination in the Balbina Reservoir, Amazon. Dissertação de mestrado em toxicologia ambiental. Universität Konstanz, Konstanz, Alemanha. 66 p.
- Wiziack, J. 2012. Governo vai acelerar usinas nos vizinhos para garantir energia. Folha de São Paulo 14 de fevereiro de 2012, p. B-1.

- World Bank. 2003. Accountability at the World Bank: Inspection Panel 10 Years On. The World Bank, Washington, DC, E.U.A. 181 p.
http://siteresources.worldbank.org/EXTINSPECTIONPANEL/Resources/TenYear8_07.pdf
- Xingu Vivo. 2011. Belo Monte não cumpre regras, diz Ibama. Xingu Vivo 11 de maio de 2011. Disponível em: <http://www.xinguvivo.org.br/2011/05/11/belo-monte-nao-cumpre-regras-diz-ibama/>
- Zampier, D. 2010. Mais da metade das doações da campanha de Dilma vieram de 41 empresas. Agência Brasil 30 November 2010.
<http://agenciabrasil.abc.com.br/noticia/2010-12-01/mais-da-metade-das-doacoes-da-campanha-de-dilma-vieram-de-41-empresas>
- Zhang, M.Q., Zhu, Y.C., Deng, R.W. 2002. Evaluation of mercury emissions to the atmosphere from coal combustion, China. *Ambio* 31: 482-484. doi:
<http://dx.doi.org/10.1579/0044-7447-31.6.482>
- Zhour, A. (ed.). 2011. As Tensões do Lugar: Hidrelétricas, Sujeitos e Licenciamento ambiental. Editora da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG. 327 p.

Legenda da Figura

Fig. 1. Locais de barragens mencionados no texto. 1. Itaipu, 2. Manso, 3. Jirau, 4. Santo Antônio, 5. Samuel, 6. Balbina, 7. Petit-Saut, 8. Curuá-Una, 9. Belo Monte, 10. Babaquara, 11. Tucuruí, 12. Marabá, 13. Serra Quebrada, 14. Santa Isabel, 15. Estreito, 16. Serra da Mesa. Círculos representam barragens. Triângulos representam cidades.

Tabela 1. Barragens para autoprodução de alumínio na Amazônia Brasileira

Barragem	Rio	Situação	Pessoas atingidas*	Observação
Estreito	Tocantins	Existente	5.937	Parcialmente para autoprodução
Serra Quebrada	Tocantins	Planejada	14.000	
Santa Isabel	Araguaia	Planejada	2.378	

*Fonte: International Rivers (2012).

Tabela 2. Alumínio no Brasil em 2013^(a)

	Produção (peso em 1.000 t)	Importações (peso em 1.000 t)	Consumo (peso em 1.000 t)	Exportações				
				Peso (1.000 t)	Valor (US\$ milhões)	Preço (US\$/t)	Por cento do peso exportado	Por cento do valor exportado
Sem transformação de metal								
Lingotes	1.304,3	50,3		404,8	789,9	1.951,00	76,4	55,4
Ligas		79,5		15,1	34,7	2.292,71	2,9	2,4
Sucata	470,7	39,3		8,1	15,2	1.879,66	1,5	1,1
Subtotal	1.775,0	169,1	12,6	428,0	839,7	1.961,73	80,8	58,9
Produtos semi-manufacturados								
Chapas	542,9	78,5	579,7	42,3	125,9	2.977,75	8,0	8,8
Cabos e hastes	140	2,8	134,8	6,7	16,3	2.433,01	1,3	1,1
Folhas	87,2	22,2	93,8	16,3	64,4	3.940,05	3,1	4,5
Subtotal	770,1	103,6	808,3	65,3	206,6	3.162,60	12,3	14,5
Produtos manufacturados (b)								

	Produtos extrudados	357,8	17,3	367,5	7,2	51,6	7.209,96	1,4	3,6
	Em pó	33,8	0,4	34,0	0,2	0,7	4.416,56	0,03	0,05
	Produtos de uso doméstico	42,0	5,4	40,8	6,5	52,3	7.986,96	1,2	3,7
	Peças fundidas	223,9		230,9	9,6	173,8	18.032,71	1,8	12,2
	Outros	25,3	31,4	31,0	13,0	100,5	7.755,43	2,4	7,1
	Subtotal	682,8	54,5	704,2	36,5	378,9	10.391,42	6,9	26,6
Usos destrutivos		40,8		40,8					
Totais		(c)	332,9	1.512,5 (d)	529,9	1.425,2	2.689,37	100,0	100,0

(a) Fonte: ABAL, 2014: produção (p. 13 & 30), importações (p. 21), exportações (p. 27), consumo (p. 30).

(b) Produção deduzida a partir de consumo, exportações e importações.

(c) Observe-se que essa produção não pode ser totalizada, sendo que produtos na categoria de semi-manufacturados são feitos de metal sem transformação, e aqueles na categoria de fabricados são feitos a partir das duas categorias anteriores.

(d) Isto é o consumo total dado pela ABAL, que representa a soma dos subtotais para produtos semi-manufacturados e manufaturados. No entanto, isso provavelmente inclui alguma dupla contagem, porque alguns produtos manufaturados são feitos de produtos semi- manufaturados.

Tabela 3. Hidrelétricas como energia "limpa" na visão da Associação Brasileira do Alumínio (ABAL) sobre a barragem de Belo Monte.

Alegação de ABAL	Problema
Barragens no estudo de FURNAS têm baixas emissões de carbono.	O estudo de FURNAS refere-se às barragens fora da Amazônia: o estudo foi feito nas barragens de Manso e de Serra da Mesa, ambas no bioma Cerrado, onde barragens têm emissões mais baixas do que em áreas de floresta tropical. Belo Monte e a grande maioria das barragens planejadas estão localizadas na Amazônia (Brasil, MME, 2012, p. 77-78).
Barragens de 6-10 anos de idade têm baixa emissão	A idade de seis a dez anos mencionada pelo Presidente da ABAL se referindo as barragens do estudo de FURNAS é significativa porque uma hidrelétrica produz um enorme pico de emissão nos primeiros anos – uma dívida que pode levar décadas para ser paga na medida em que a eletricidade gerada gradualmente desloca emissões de usinas termelétricas. A implicação da afirmação da ABAL é que essa dívida é simplesmente perdoadada, apenas comparando o equilíbrio instantâneo no sexto ou décimo ano.
"Emissões de reservatório" são baixas	"Emissões de reservatório" referem-se ao fluxo através da superfície da água represada atrás da barragem. O estudo de FURNAS a qual a ABAL se aludiu usou uma metodologia que não mede a maior parte do metano lançado pela água que passa através das turbinas. Essa água é a principal fonte de emissões de metano (e.g., Abril et al., 2005). O estudo de FURNAS (Ometto et al., 2011, 2013) mediu fluxos de metano a jusante usando câmaras flutuando na superfície da água a uma distância abaixo da saída das turbinas (pelo menos 50 m a jusante). Infelizmente, muito do metano sai da água imediatamente à saída ou mesmo no interior das próprias turbinas. A única maneira prática para quantificar as emissões nas turbinas é pela diferença entre a concentração do metano na água acima da barragem (na profundidade das turbinas) e abaixo da barragem.
Barragens têm emissões baixas de "carbono" em comparação com a energia térmica	"Carbono" não é a questão, mas sim o impacto sobre o aquecimento global. Uma tonelada de carbono na forma de metano (CH ₄) emitida por uma barragem tem muito mais impacto do que uma tonelada de carbono na forma de dióxido de carbono (CO ₂) emitida por combustíveis fósseis. Considerando o potencial de aquecimento global (GWP) de 25 para o gás metano (Forster et al., 2007) adotado pelo Mecanismo de Desenvolvimento Limpo para o período 2013-2017, significando que cada tonelada de gás metano tem o impacto de 25 toneladas de gás de CO ₂ ao longo de um período de 100 anos, cada tonelada de carbono emitido para a atmosfera na forma de metano tem o impacto de 9,1 toneladas de carbono como CO ₂ . Se considerarmos as retroalimentações, o relatório mais recente do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC) calcula o GWP de CH ₄ para 100 anos como sendo 34 (Myhre et al., 2013), ou seja, cada tonelada de carbono em forma de metano tem 12,4 vezes o impacto de uma tonelada de carbono de CO ₂ . O mesmo relatório do IPCC também calcula um GWP de 86 para um horizonte de tempo de 20 anos, que é mais relevante para impedir o aumento da temperatura média global passar do limite de 2°C acordado

desde 2009 como o nível "perigoso", fazendo com que cada tonelada de carbono seja 31,3 vezes mais potente se for emitida na forma de CH₄.

