

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

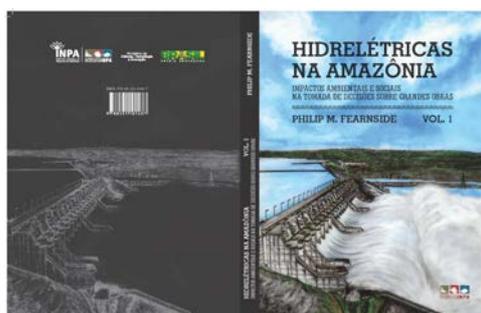
**Fearnside, P.M. 2015. Desenvolvimento hidrelétrico na Amazônia. pp. 9-33
In: *Hidrelétricas na Amazônia: Impactos Ambientais e Sociais na Tomada de Decisões sobre Grandes Obras*. Vol. 1. Editora do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Manaus, Amazonas. 296 pp.**

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

Copyright: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia-INPA

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

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



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

Tradução parcial de:

Fearnside, P.M. 2014. Análisis de los principales proyectos hidro-energéticos en la región amazónica. Derecho, Ambiente y Recursos Naturales (DAR) & Centro Latinoamericano de Ecología Social (CLAES), Lima, Peru. 55 p.

Capítulo 1



Desenvolvimento Hidrelétrico na Amazônia

Philip M. Fearnside

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

Tradução parcial de:

Fearnside, P.M. 2014. Análisis de los principales proyectos hidro-energéticos en la región amazónica. Derecho, Ambiente y Recursos Naturales (DAR) & Centro Latinoamericano de Ecología Social (CLAES), Lima, Peru. 55 p.

RESUMO

Planos para construir hidrelétricas na Amazônia prevêem dezenas de grandes barragens e mais de uma centena de pequenas barragens. Brasil, Peru e Bolívia são os países mais afetados, mas também existem planos para o Equador, Colômbia, Venezuela, Guiana e Suriname. A tomada de decisões no Brasil é fundamental para estas tendências, não só devido ao grande número de barragens planejadas na Amazônia brasileira, mas também porque o Brasil é o financiador e construtor de muitas das barragens em países vizinhos. Impactos das barragens incluem efeitos sobre os povos indígenas, como a perda de peixes e de outros recursos dos rios. Impactos do reassentamento de pessoas urbanas e rurais representam uma concentração do custo humano desta forma de desenvolvimento. Isto também é verdade em relação aos impactos sobre os moradores a jusante, que perdem a subsistência baseada na pesca e agricultura na várzea. Impactos dos reservatórios sobre a saúde incluem a proliferação de insetos e a metilação de mercúrio (transformação deste metal na sua forma tóxica). A perda de vegetação pode ocorrer não só por causa da inundação direta, mas também pelo desmatamento por residentes deslocados pelo reservatório e por imigrantes e investidores atraídos para a área (inclusive pela construção de estradas até os locais das barragens), e o agronegócio viabilizado pelas hidrovias associadas às barragens. As barragens emitem gases de efeito estufa; o dióxido de carbono é emitido pela decomposição de árvores mortas por inundação e o óxido nitroso, e, especialmente, o metano são emitidos pela água nos reservatórios e da água que passa através das turbinas e vertedouros. O crédito de carbono para barragens sob o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), do Protocolo de Quioto, já representa uma importante fonte adicional de impacto sobre o aquecimento global porque quase todas as barragens que ganham crédito seriam construídas do mesmo modo sem este subsídio, o que significa que os países que compram o crédito podem emitir gases sem existir uma mudança real para neutralizar o impacto das emissões. A maneira em que as emissões de barragens são comparadas com as de combustíveis fósseis muitas vezes distorce os resultados, particularmente para o valor do tempo. O impacto das barragens é muito pior, em relação aos combustíveis fósseis, se os cálculos são feitos de uma forma que representa melhor os interesses

da sociedade. Além dos impactos sociais e ambientais nos locais afetados pelos projetos, a construção de barragens também tem efeitos perniciosos em processos democráticos, com implicações de longo alcance em todos os países da Amazônia. A tomada de decisões sobre barragens precisa ser reformada para evitar desenvolver opções que resulta em injustiça social, destruição do meio ambiente e benefícios locais mínimos. Mais importante é um debate democrático sobre o uso de energia, seguido de uma avaliação equilibrada dos impactos e benefícios de várias energias alternativas. O licenciamento de barragens atualmente tem vários problemas que impedem que esta ferramenta evite problemas graves na execução de projetos, bem como deixa esse processo sem o importante papel de fornecer uma fonte de informação para as decisões sobre a construção ou não de barragens específicas. Normas para barragens e outros projetos foram feitas pela Comissão Mundial de Barragens (WCD) e outros organismos. Em vez de uma falta de regras, a violação das regras existentes é a causa de muitos dos problemas associados com barragens. Recomendações incluem abordar a questão subjacente de como a eletricidade é usada, uma mudança na ênfase do desenvolvimento de energias alternativas, a conservação de eletricidade, a avaliação e a discussão democrática dos custos e benefícios ambientais e sociais antes das decisões reais, os esforços para minimizar a pressão política sobre os órgãos ambientais, mecanismos para realizar estudos de impacto ambiental sem que sejam financiados pelos proponentes dos projetos, o fim do crédito de carbono para barragens, o respeito pela legislação ambiental, garantias constitucionais e, finalmente, a tomada de decisões que dá valor a impactos humanos, em vez de ganhos financeiros.

BARRAGENS EXISTENTES E PLANEJADAS

Amazônia Andina (Peru, Bolívia, Equador e Colômbia)

O acordo Brasil-Peru de 2010 inclui cinco barragens na Amazônia peruana que serão financiadas pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), do Brasil, em grande parte para a exportação de energia elétrica para o Brasil: Inambari, Mainique, Paquitzapango, Tambo 40 e Tambo 60 (ver: Finer & Jenkins, 2012a,b). Mais de uma dúzia de barragens brasileiras adicionais estão planejadas para a Amazônia peruana

(Dourojeanni, 2009; FSP, 2011a; International Rivers, 2011a) (Figura 1). As autoridades do setor elétrico culpam as normas ambientais pelos frequentes atrasos na construção de barragens no Brasil, embora o Ministério de Minas e Energia (MME) Brasil negue veementemente que o Peru seja um “alvo” da ELETROBRÁS e BNDES devido à suaves restrições sociais e ambientais no licenciamento de projetos; no entanto, a aprovação mais rápida dos projetos no Peru é admitida como um fator-chave (Wiziack,

2012). Financiamento do BNDES para barragens também está previsto no Equador.

Finer e Jenkins (2012a,b) publicaram uma extensa revisão das barragens planejadas na bacia amazônica dos países andinos. Uma tabela complementar “online” oferece informações sobre 48 barragens planejadas e a existência de 151 barragens com ≥ 2 MW de capacidade instalada (disponível em: <http://www.editorialmanager.com/pone/download.aspx?id=2756637&&guid=7304e246-f213-4aae-8bf4-0df889734272>

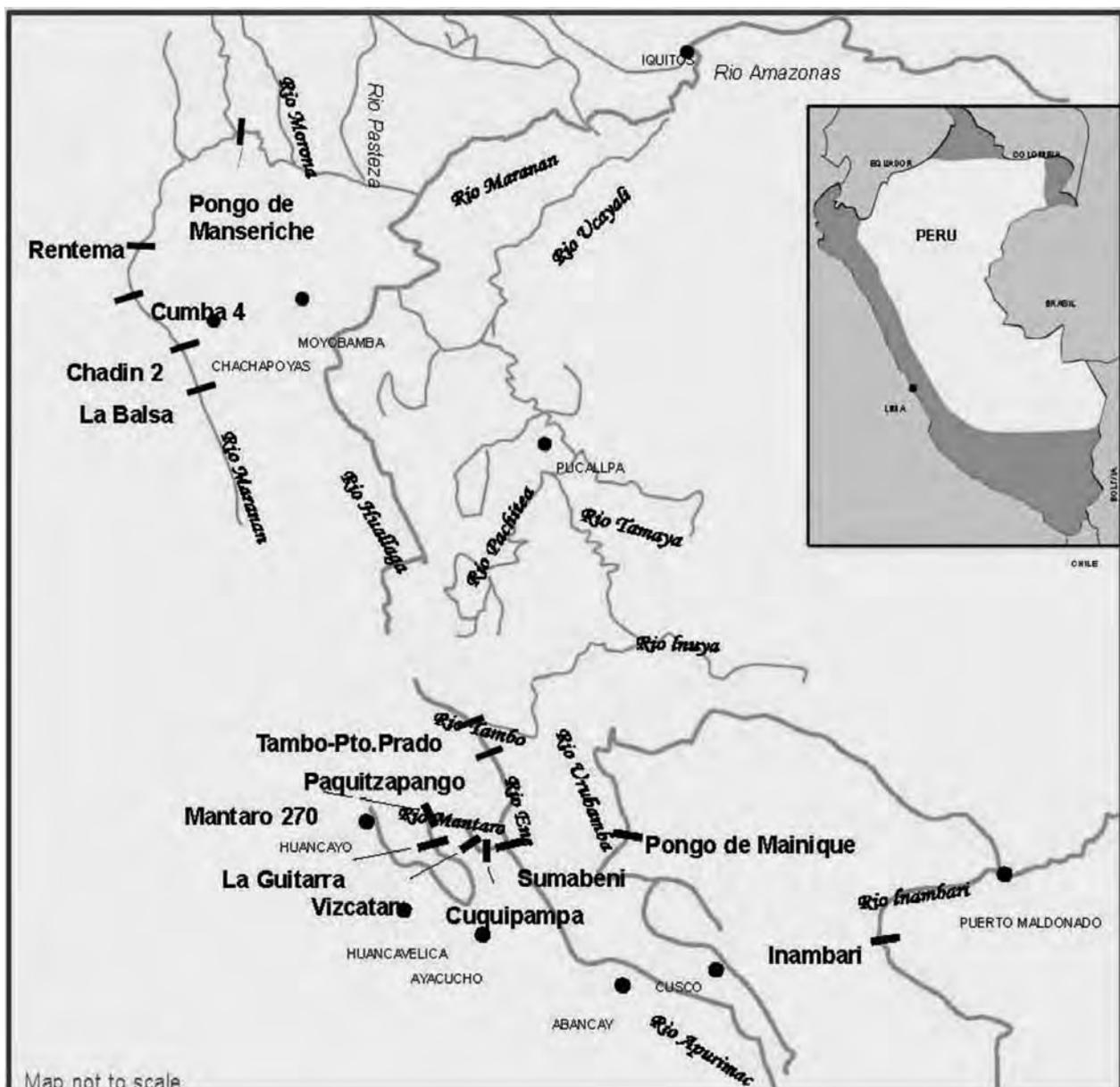


Figura 1. Barragens planejadas na região amazônica do Peru (fonte: International Rivers, 2011).

& esquema = 1). Das barragens planejadas (Figura 2), 79 estão no Peru, 60 no Equador, 10 na Bolívia e 2 na Colômbia. Das 17 barragens classificadas como “muito grandes” (≥ 1000 MW), 10 estão no Peru, 5 no Equador e 2 na Bolívia. A maior parte das barragens planejadas está localizada em montanhas no sopé dos Andes, entretanto, 21 das barragens estão abaixo de 400 metros acima do nível do mar, onde o clima e a vegetação são tropicais e onde um menor relevo topográfico dá origem a grandes reservatórios. Um sistema de classificação foi aplicado para categorizar as barragens planejadas como de impacto “alto”, “médio” ou “baixo”, baseado no potencial para desmatamento (por exemplo, devido à necessidade de novas estradas), inundação de floresta (implicando na emissão de gases de efeito estufa) e fragmentação do rio (bloqueando as migrações dos peixes). O impacto ecológico de 71 (47%) das barragens planejadas foi classificado como alto, 51 (34%) como médio e 29 (19%) como baixo. Mais informações estão disponíveis em um mapa interativo online mantido pela International Rivers, a Fundação proteger e ECOA, que fornecem informações sobre 146 barragens ao longo dos países amazônicos (<http://dams-info.org/en>).

Uma das mais controversas é a barragem de Inambari, no Peru. Por um lado, em 14 de junho de 2011 foi anunciado o cancelamento pelo governo peruano devido à forte oposição popular (International Rivers, 2011b), mas ainda continua nos planos brasileiros. O Plano de Expansão Energética 2012–2021 informa que o projeto Inambari “está na fase mais avançada [dos planos no Peru], embora o início da construção esteja sem previsão” (Brasil, MME, 2012, p. 66).

O Ministério de Minas e Energia brasileiro estimou o potencial hidrelétrico dos países vizinhos, visando à exportação de excedentes para o Brasil. Calculou-se o potencial de capacidade instalada de 180.000 MW no Peru, 20,3 mil MW na Bolívia e 8.000 MW na Guiana Francesa (Brasil, MME, 2012, p. 66–67).

Amazônia brasileira

A Amazônia brasileira tem um grande potencial para geração hidrelétrica, graças às quantidades enormes de água que passam pela região e às quedas topográficas significativas nos afluentes do Rio Amazonas, quando esses descem a partir do Escudo Brasileiro (na parte sul da região) ou do Escudo Guianenses (no lado norte). Apenas uma única vez

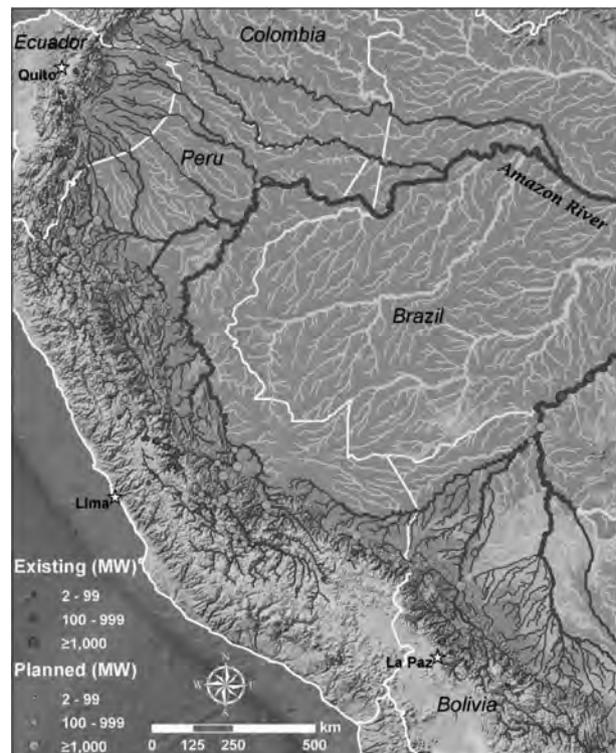


Figura 2. Barragens de vários tamanhos de existentes e planejadas na Amazônia Andina (fonte: Finer & Jenkins, 2012a).

foi revelada pelas autoridades elétricas brasileiras a extensão plena dos planos para desenvolvimento hidrelétrico na Amazônia, quando o Plano 2010 foi liberado em 1987 (depois que já havia vazado para o domínio público) (Brasil, ELETROBRÁS, 1987). O plano provocou muitas críticas, e desde então as autoridades elétricas apenas liberam planos para curtos intervalos de anos, não sobre o total dos aproveitamentos planejados.

A escala de desenvolvimento hidrelétrico planejada para a Amazônia é tremenda. O “Plano 2010” listou 79 barragens na Amazônia, independente das datas projetadas para construção das obras (Figura 3). Embora as dificuldades financeiras do Brasil tenham forçado, repetidamente, o adiamento dos planos para construção das barragens, a escala planejada, independente da data de conclusão de cada represa, permanece essencialmente inalterada, representando uma consideração importante para o futuro. As represas inundariam 10 milhões de hectares, ou aproximadamente 2% da região da Amazônia Legal e aproximadamente 3% da porção brasileira da floresta amazônica. Inundar esta área provocaria perturbação de florestas em áreas maiores que

os reservatórios em si. Os habitats aquáticos seriam alterados drasticamente. O impacto sobre povos indígenas também seria grande, sendo que uma das partes da Amazônia com maior concentração desses povos se encontra na faixa da maioria dos locais que

são favoráveis para desenvolvimento hidrelétrico: ao longo dos trechos medianos e superiores dos afluentes que começam no planalto central brasileiro e seguem ao norte para encontrar com o rio Amazonas: o Xingu, Tocantins, Araguaia, Tapajós e outros.



Figura 3. Barragens listadas no "Plano 2010" (Brasil, ELETROBRÁS, 1987). Contornos dos reservatórios redesenhados do CIMI *et al.* (1986) e Sevá (1990), que usou os mapas de Brasil, ELETROBRÁS(1986) e Brasil, ELETRONORTE (1985); ver: Fearnside (1995). Barragens: 1. São Gabriel (2.000 MW); 2. Santa Isabel-Uaupés/Negro: (2.000 MW); 3. Caracarái-Mucajái (1.000 MW); 4. Maracá (500 MW); 5. Surumu (100 MW); 6. Bacaráo (200 MW); 7. Santo Antônio [Cotingo] (200 MW); 8. Endimari (200 MW); 9. Madeira/Caripiana (3800 MW); 10. Samuel (200 MW); 11. Tabajara-JP-3 (400 MW); 12. Jaru-JP-16 (300 MW); 13. Ji-Paraná-JP-28 (100 MW); 14. Preto RV-6 (300 MW); 15. Muiraquitã RV-27 (200 MW); 16. Roosevelt RV-38 (100 MW); 17. Vila do Carmo AN-26 (700 MW); 18. Jacaretinga AN-18 (200 MW); 19. Aripuanã AN-26 (300 MW); 20. Umiris SR-6 (100 MW); 21. Itaituba (13.000 MW) 22. Barra São Manuel (6.000 MW); 23. Santo Augusto (2.000 MW); 24. Barra do Madeira [Jurueña] (1000 MW); 25. Barra do Apiacás (2000 MW); 26. Talama [Novo Horizonte] (1.000 MW); 27. Curuá-Una (100 MW); 28. Belo Monte [Cararáo] (8.400 MW) 29. Babaquara (6.300 MW); 30. Ipixuna (2.300 MW); 31. Kokraimoro (1.900 MW); 32. Jarina (600 MW); 33. Iriri (900 MW); 34. Balbina (250 MW); 35. Fumaça (100 MW); 36. Onça (300 MW); 37. Katuema (300 MW); 38. Nhamundá/Mapuera (200 MW); 39. Cachoeira Porteira (1.400 MW); 40. Tajá (300 MW); 41. Maria José (200 MW); 42. Treze Quedas (200 MW); 43. Carona (300 MW); 44. Carapanã (600 MW); 150 Mel (500 MW); 46. Armazém (400 MW); 47. Paciência (300 MW); 48. Curuá (100 MW); 49. Maecuru (100 MW); 50. Paru III (200 MW); 51. Paru II (200 MW); 52. Paru I (100 MW); 53. Jari IV (300 MW); 54. Jari III (500 MW); 55. Jari II (200 MW); 56. Jari I (100 MW); 57. F. Gomes (100 MW); 58. Paredão (200 MW); 59. Caldeirão (200 MW); 60. Arrendido (200 MW); 61. Santo Antônio [Araguari] (100 MW); 62. Tucuruí (6.600 MW); 63. Marabá (3.900 MW); 64. Santo Antônio [Tocantins] (1.400 MW); 65. Carolina (1.200 MW); 66. Lajeado (800 MW); 67. Ipueiras (500 MW); 68. São Félix (1.200 MW); 69. Sono II (200 MW); 70. Sono I (100 MW); 71. Balsas I (100 MW); 72. Itacaiúnas II (200 MW); 73. Itacaiúnas I (100 MW); 74. Santa Isabel (Araguaia) (2200 MW); 75. Barra do Caiapó (200 MW); 76. Torixoréu (200 MW); 77. Barra do Peixe (300 MW); 78. Couto de Magalhães (200 MW); 79. Noidori (100 W).

A construção de represas hidrelétricas na Amazônia brasileira causa impactos sociais e ambientais significativos, como também é o caso em outras partes do mundo (WCD, 2000). O processo de tomada de decisão para iniciar projetos novos tende a subestimar em muito estes impactos, e também superestima sistematicamente os benefícios das represas (Fearnside, 1989, 2005a). Também são subestimados sistematicamente os custos financeiros de construção das barragens. Além da disparidade na magnitude dos custos e benefícios, há também grandes desigualdades em termos de quem paga os custos e quem desfruta dos benefícios. Populações locais frequentemente recebem os principais impactos, enquanto as recompensas beneficiam, em grande parte, centros urbanos e, no caso da maior represa (Tucuruí), outros países (Fearnside, 1999, 2001). Das represas planejadas, as mais controversas são as projetadas no Rio Xingu, começando com a barragem de Belo Monte.

O Plano Decenal de Expansão Energética 2011-2020 previa 30 novas “grandes barragens”

(definidas como > 30 MW no Brasil) na região da Amazônia Legal brasileira até 2020 (Brasil, MME, 2011, p. 285). Várias pequenas barragens incluídas no plano 2011-2020 foram adiadas até depois de 2021 no plano 2012-2021, mas duas grandes barragens, Simão Alba (3.509 MW) e Salto Augusto Baixo (1.464 MW), ambas no do rio Juruena, foram aceleradas para ser concluídas até 2021 (Brasil, MME, 2012). As barragens a serem concluídas no período 2012-2021 na Amazônia Legal brasileira somam 17: Santo Antônio em 2012, Jirau em 2013, Santo Antônio do Jari em 2014, Belo Monte, Colíder, Ferreira Gomes e Teles Pires, em 2015, Sinop, Cachoeira Caldeirão, São Manoel em 2017, Ribero Gonçalves e São Luiz do Tapajós em 2018, Jatobá em 2019, Água Lima e Bem Querer até 2020 e Simao Alba, Marabá e Salto Baixo de Augusto em 2021 (Brasil, MME, 2012, p. 77-78). As 13 barragens existentes (aqueles com seus reservatórios cheios até 01 de março de 2013) são mostradas na Tabela 1. Na Tabela 2 estão listadas 38 barragens na fase de planejamento ou construção mencionada nos planos recentes. As barragens

Tabela 1. Barragens existentes* na Amazônia Legal brasileira.

No. na Fig. 4	Ano enchido	Nome	Estado	Rio	Capacidade Instalada (MW)	Área do reservatório (km ²)	coordenadas	Referências
1	1975	Coaracy-Nunes	Amapá	Araguari	78 [298 MW até 2016]	23 (para os 78 MW iniciais)	00°54'24" N; 51°15'31" O	
2	1977	Curuá-Una	Pará	Curuá-Una	100	78 (para os 40 MW iniciais)	02°49'11.49" S; 54°17'59.64" O	Fearnside, 2005a
3	1984	Tucuruí	Pará	Tocantins	8.370	2.850	03°49'54" S; 49°38'48" O	Fearnside, 1999, 2001
4	1987	Balbina	Amazonas	Uatumã	250	2.996	01°55'02" S; 59°28'25" O	Fearnside, 1989; Feitosa <i>et al.</i> , 2007
5	1987	Manso	Mato Grosso	Manso	212	427	14°52'16" S; 55°47'08" O	
6	1988	Samuel	Rondônia	Jamari	210	560	08°45'1" S; 63°27'20" O	Fearnside, 2005b
7	1999	Lajeado (Luis Eduardo Magalhães)	Tocantins	Tocantins	800	630	09°45'26" S; 48°22'17" O	Agostinho <i>et al.</i> , 2007
8	2006	Peixe Angical	Tocantins	Tocantins	452	294	12°15'02" S; 48°22'54" O	
9	2011	Dardanelos	Mato Grosso	Aripuanã	261	0.24	10°09'37" S; 59°26'55" O	Brasil, MME, 2006a, p. 69
10	2011	Santo Antônio (Madeira)	Rondônia	Madeira	3.150 até 2015	350	08°48'04,0" S; 63°56'59,8" O	Brasil, MME, 2006a, p. 70
11	2011	Rondon II	Rondônia	Comemoração	73.5	23	11°58'51" S; 60°41'56" O	Brasil, MME, 2010b, p. 54
12	2012	Estreito (Tocantins)	Maranhão/ Tocantins	Tocantins	1.087	744,68	06° 35'11" S; 47°27'27" O	Brazil, MME, 2011
13	2013	Jirau	Rondônia	Madeira	3.750 até 2015	361.6	09°15'17.96" S; 64°38'40.13" O	

*Barragens com > 30 MW de capacidade instalada com os seus reservatórios enchidos até 01 de março de 2013.

existentes e planejadas listadas nas Tabelas 1 e 2 são apresentadas no mapa na Figura 4. Existem muitas outras barragens inventariadas (*e.g.*, Brasil, ANA, s/d [C. 2006], p. 51-56), tais como as 62 barragens adicionais que foram incluídas no Plano 2010, mas que ainda não aparecem nos planos decenais de expansão de energia (ver a legenda da Figura 3). Já há preparações em curso em alguns

desses locais adicionais que não foram mencionados, como o Paredão em Roraima e o Machadinho em Rondônia. No Estado do Amazonas existe um interesse recente nos rios Aripuanã e Roosevelt, nos locais Sumauma, Prainha, Inferninho, e Cachoeira Galinha (*e.g.*, Farias, 2012). Preparações já estão em andamento em Prainha.

Tabela 2. Barragens planejadas ou em construção na Amazônia Legal brasileira (> 30 MW).

No. na Fig. 4	Nome	Estado	Rio	Capacidade Instalada (MW)	Área do reservatório (km ²)	Situação	Ano previsto de conclusão	Coordenadas	Referências
14	Água Limpa	Mato Grosso	Das Mortes	320	17,9	Planejado	2020	15°20'53" S; 53°25'49" O	Brasil, MME, 2012, p. 82
15	Babaquara [Altamira]	Pará	Xingu	6.300	6.140	Oficialmente não mencionado		03°18'00" S; 52°12'30" O	Fearnside, 2006a
16	Belo Monte	Pará	Xingu	11.233	516	Em construção	2015	03°6'57" S; 51°47'45" O	
17	Bem Querer	Roraima	Rio Branco	709	559,1	Planejado	2020	01°52'40" N; 61°01'57" O	Brasil, MME, 2012, p. 83; Brasil, MME, 2010a
18	Cachoeira Caldeirão	Amapá	Araguari	219	48	Planejado	2017	00°51,2'00" N; 51°12'00" O	Brasil, MME, 2012, p. 77
19	Cachoeira do Caí	Pará	Jamanxim	802	420	Planejado	2020	05°05'05" S; 56°28'05" O	
20	Cachoeira dos Patos	Pará	Jamanxim	528	117	Planejado		05°54'59" S; 55°45'36" O	
21	Cachoeirão	Mato Grosso	Juruena	64	2,6	Planejado		12°59'22" S; 58°57'29" O	Brasil, MME, 2007, p. 149
22	Chacorão	Pará	Tapajós	3.336	616	Oficialmente não mencionado		06°30'08" S; 58°18'53" O	
23	Colíder	Mato Grosso	Teles Pires	342	171,7	Em construção	2015	10° 59' 5,9" S; 55° 45' 57,6" O	Brasil, MME, 2007, p. 148
24	Couto Magalhães	Mato Grosso/ Goiás	Araguaia	150	900	Planejado		18° 12'35" S; 53° 31'06" O	Brasil, ANA, s/d (C. 2006), p. 54
25	Ferreira Gomes	Amapá	Araguari	100	17,72	Licença preliminar	2015	00°51' 20.126" N; 51°11' 41.071" O	
26	Foz do Apiacás	Mato Grosso	Apiacás	230	89,6	Planejado	2016	09°12'23" S; 57°05'11" O	Brasil, MME, 2012, p. 82
27	Ipueiras	Tocantins	Tocantins	480	933,5	Planejado		11°15'11" S; 48°28'53" O	Brasil, MME, 2012, p. 82
28	Jamanxim	Pará	Jamanxim	881	75	Planejado	2020	05°38'48" S; 55°52'38" O	
29	Jardim de Ouro	Pará	Jamanxim	227	426	Planejado		06°15'49" S; 55°45'53" O	
30	Jatobá	Pará	Tapajós	2.336	646	Planejado	2019	05°11'48" S; 56°55'11" O	
31	Juruena	Mato Grosso	Juruena	46	1,9	Planejado		13°24'05" S; 59°00'27" O	Brasil, MME, 2009, p. 109
32	Marabá	Pará	Tocantins	2.160	1.115,4	Planejado	2021	05°19' S; 49°04' O	Brasil, ANA, s/d (C. 2006), p. 52
33	Magessi	Mato Grosso	Teles Pires	53		Planejado		13°34'35" S; 55°15'54" O,	Brasil, MME, 2007, p. 149
34	Novo Acordo	Tocantins	Sono/ Tocantins	160		Planejado		09°58'25" S; 47°38'23" O	Brasil, MME, 2009, p. 104
35	Ribeiro Gonçalves	Maranhão / Piauí	Paranaíba	113	238	Planejado	2018	07 °34'31"S; 45°19'02" O	Brasil, MME, 2012, p. 83
36	Salto Augusto Baixo [JRN-234b]	Mato Grosso	Juruena	1.464	107	Planejado	2021	08°53'6.3" S; 58°33'30.1" O	Brasil, MME, 2012, p. 77

Tabela 2. Continuação

No. na Fig. 4	Nome	Estado	Rio	Capacidade Instalada (MW)	Área do reservatório (km ²)	Situação	Ano previsto de conclusão	Coordenadas	Referências
37	Santa Isabel (Araguaia)	Pará	Araguaia	1.080	236	Planejado		06° 08' 00" S; 48° 20' 00" O	Brasil, ANA, s/d (C. 2006), p. 56
38	Santo Antonio do Jari	Pará/Amapá	Jari	167	31,7	Licença preliminar	2014	00°39' S; 52°31' O	Brasil, MME, 2007, p. 148
39	São Luiz do Tapajós	Pará	Tapajós	6.133	722	Planejado	2018	04°34'10" S; 56°47'06" O	
40	São Manoel	Mato Grosso	Teles Pires	746	53	Planejado	2017	09°11'29"S; 057°02'60" O	Brasil, MME, 2012, p. 83
41	São Salvador	Tocantins/ Goiás	Tocantins	243,2	99,65	Em construção		12°48'45" S; 48°15'29" O	Brasil, ANA, s/d (C. 2006), p. 55
42	Serra Quebrada	Maranhão	Tocantins	1.328	420	Licença preliminar	2020	05°41'52" S; 47°29'11" O	Brasil, MME, 2012, p. 83
43	Simão Alba [JRN-117a]	Mato Grosso	Juruena	3.509	> 1.000	Planejado	2021	08°13'33.5" S; 58°19'23.9" O	Brasil, MME, 2012, p. 77
44	Sinop	Mato Grosso	Teles Pires	461	329.6	Licença preliminar	2016	11°16'10" S; 55°27'07" O	Brasil, MME, 2012, p. 83; Brasil, MME, 2010b, pp. 44-45
45	Tabajara	Rondônia	Ji-Paraná	350		Planejado		08°54'15" S; 62°10'21" O	Brasil, MME, 2009, p. 104
46	Teles Pires	Mato Grosso	Teles Pires	1.820	151,8	Em construção	2015	09° 20' 35" S; 56° 46' 35" O,	Brasil, MME, 2007, p. 148; Brasil, MME, 2010b, pp. 46-47
47	Tocantins [Renascença]	Tocantins	Tocantins	480	700	Planejado		16°47'10" S; 47°56'31" O	Brasil, MME, 2007, p. 149
48	Toricoejo	Mato Grosso	Das Mortes	76	48	Licença preliminar		15°14'05" S; 53°06'57" O	Brasil, ANA, s/d (C. 2006), p. 56
49	Torixoréu	Mato Grosso/ Goiás	Araguaia	408	900	Licença preliminar		16°16'59" S; 52°37'00" O	Brasil, MME, 2007, p. 148
50	Tupirantins	Tocantins	Tocantins	620	370	Planejado		08°10'59" S; 48°10'00" O	Brasil, MME, 2012, p. 83
51	Uruçuí	Maranhão / Piauí	Paranaíba	164	279	Licença preliminar		07°14'08" S; 44°34'01" O	Brasil, MME, 2012, p. 83

Obs.: Mais 62 outras represas estão listadas no Plano 2010 que ainda não aparecem nos Planos Decenais de Expansão Energética (PDEs) (ver: Legenda da Figura 3)

IMPACTOS DE BARRAGENS

Impactos sobre os povos indígenas

As hidrelétricas existentes e planejadas afetam algumas das partes da Amazônia que concentram as maiores populações de povos indígenas. A barragem de Tucuruí no Rio de Tocantins inundou parte de três reservas indígenas (Parakanã, Pucuruí e Montanha) e sua linha de transmissão cortou outras quatro (Mãe Maria, Trocará, Krikati e Cana Brava). A Área Indígena Trocará, habitada pelos Asuriní do Tocantins, está situada a 24 km a jusante da represa, portanto sofrendo os efeitos da poluição da água e perda de recursos pesqueiros que afetam todos os residentes a jusante da barragem. No caso da hidrelétrica de Balbina, foi inundada parte da reserva Waimiri-Atroari. Mais dramática é a previsão de impactos sobre povos indígenas caso que sejam construídas represas no rio Xingu.

A primeira represa planejada (Belo Monte), provavelmente iniciará um movimento em cadeia de eventos que conduziria à construção de pelo menos algumas das outras represas descritas em documentos sobre os planos, inclusive no Plano 2010. O local físico da hidrelétrica proposta de Belo Monte é um sonho para construtores de barragens, com uma queda de 94 m e uma vazão média de 8.600 m³/s. O problema em aproveitar isto é institucional: as autoridades elétricas do Brasil podem declarar que apenas a primeira represa seria construída, mas essas declarações não terão qualquer efeito para evitar a construção das outras represas quando o tempo delas chegar ao cronograma de construção. A história de promessas quebradas (para usar um eufemismo) nos casos Balbina e Tucuruí-II representam exemplos diretamente paralelos (documentado em Fearnside, 2006a). Em 2006, o plano de expansão energética 2006-2015 incluiu Belo Monte com a sua

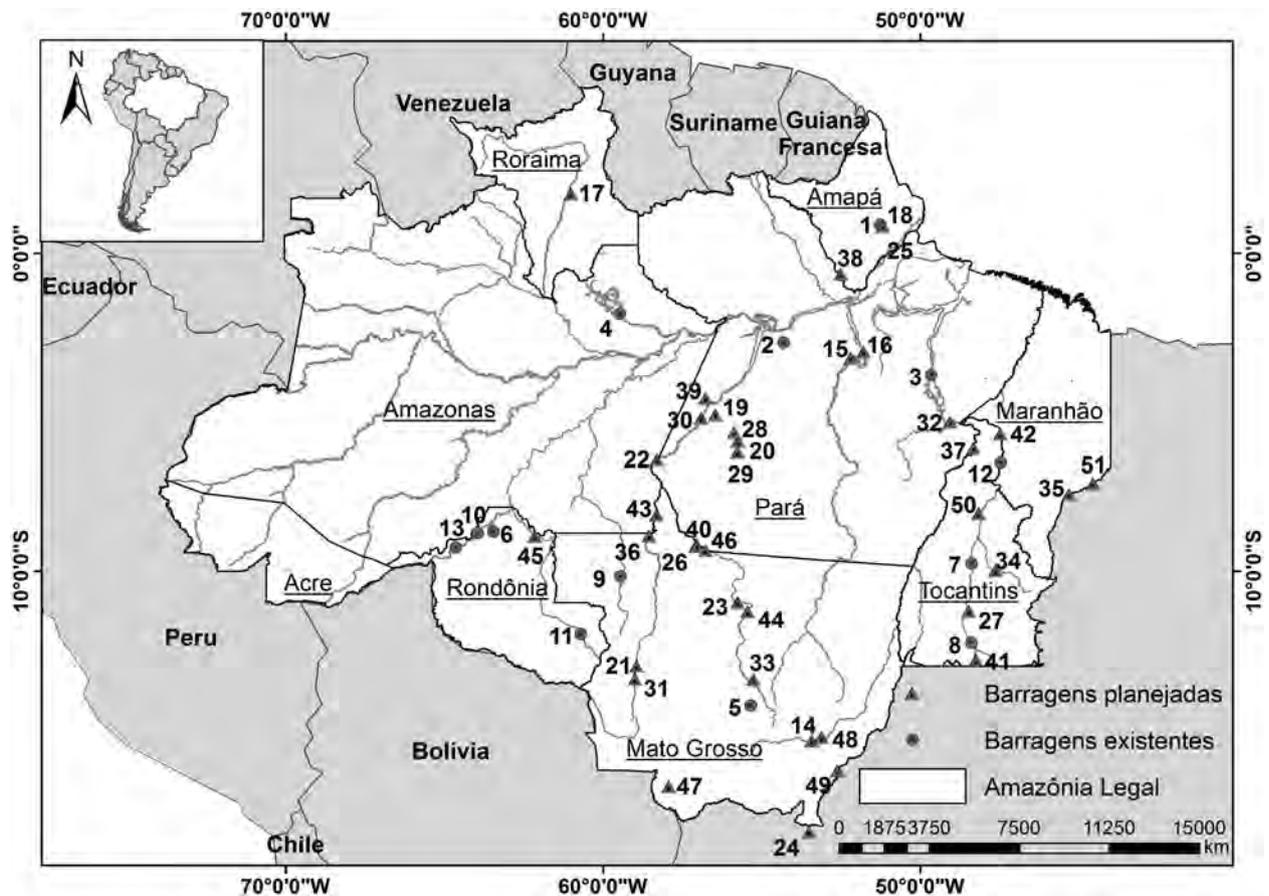


Figura 4. Barragens existentes (reservatório cheio até 01 de março de 2013) e barragens planejadas ou em construção na região da Amazônia Legal brasileira. Os números das barragens existentes (indicadas com círculos) correspondem aos números listados na Tabela 1 e os números das barragens planejadas e em construção (indicadas por triângulos) correspondem aos números na Tabela 2.

capacidade instalada reduzida de 11.183 MW para 5.500 MW (Brasil, MME, 2006b). Embora não incluído no texto do plano de 2006, o anúncio da capacidade reduzida (de 5.500 MW) de Belo Monte em outubro de 2003 indicou que isto presume que apenas a Belo Monte seria construída, sem regulação da vazão do rio Xingu a montante. Mas o plano de expansão 2008-2017 (Brasil, MME, 2009) colocou uma capacidade planejada para Belo Monte no nível original de 11 mil MW, levantando dúvidas sobre declarações de que barragens a montante não seriam planejadas. A configuração final de Belo Monte foi aumentada para 11.233 MW, o que seria ainda mais inexplicável sem as barragens a montante.

Impactos de reassentamento

O deslocamento de população da área de reservatório pode ser um impacto severo em alguns

locais. No caso de Tucuruí foram deslocadas 23.871 pessoas. Trinta anos depois, muitos ainda não receberam qualquer compensação (Xingu Vivo, 2012). Problemas de restabelecimento levaram o Tribunal Internacional das Águas a condenar o governo brasileiro pelos impactos de Tucuruí na sua sessão de 1991 em Amsterdã. Embora o Tribunal tenha apenas autoridade moral, a condenação trouxe atenção mundial à existência de um padrão subjacente de problemas sociais e ambientais causados por este empreendimento que pretende ser um modelo. A barragem de Marabá, no rio Tocantins a montante de Tucuruí, foi planejada para ser concluída em 2016 (Brasil, MME, 2009, p. 38); aproximadamente 40.000 pessoas seriam deslocadas, segundo fontes não-governamentais.

Planos para a maioria dos rios da Amazônia brasileira abrangem, essencialmente, todos os rios leste do rio Madeira, consistem na construção de cadeias

de barragens que se desenvolvem ao longo de cada rio em uma série contínua de barragens (Figura 3). Desde praticamente toda a população tradicional da Amazônia, ou seja, os povos indígenas e os habitantes ribeirinhos vivendo ao longo dos rios e são totalmente dependentes de peixes e outros recursos dos rios para sua subsistência, estes planos essencialmente envolvem a expulsão de toda esta população. Este impacto cumulativo dos planos ultrapassa em muito o impacto de qualquer barragem individual. O impacto social da expulsão de pessoas que viveram por gerações em um determinado lugar e cujas habilidades, tais como a pesca, não os torna adequados para outros contextos. O dano é muito maior do que no caso de deslocamento de populações urbanas ou as populações de colonos recém-chegados.

Residentes a jusante

Quando uma represa é construída, os residentes a jusante, ao longo do rio, sofrem impactos severos. Enquanto o reservatório está enchendo, o trecho abaixo da represa frequentemente seca completamente, assim negando aos residentes ribeirinhos o acesso à água e à pesca. No caso da hidrelétrica de Balbina, os primeiros 45 km a jusante ficaram secos durante a fase de enchimento. Depois que a represa encheu, a água liberada pelos vertedouros e turbinas era praticamente destituída de oxigênio, provocando mortandade de peixes no rio a jusante, ao longo de uma distância significativa abaixo da represa. A falta de oxigênio, também, inibe o reestabelecimento das populações de peixe. A perda praticamente total de peixes por falta de oxigênio se estendeu para 145 km em Balbina, enquanto em Tucuruí por 60 km, na estação seca no lado ocidental do rio. A migração bloqueada reduz os estoques de peixes ao longo de todo o trecho entre estas represas e as confluências dos afluentes com o rio Amazonas: 200 km no caso de Balbina e 500 km no caso de Tucuruí.

No segundo ano após o fechamento da barragem de Tucuruí as capturas de peixe foram três vezes menores do que nos níveis pré-represa (Odinetz-Collart, 1987). Os peixes capturados por unidade de esforço de pesca, por exemplo, medido em kg por viagem ou pescador, caiu em aproximadamente 60%, enquanto o número de pescadores também caiu dramaticamente. Além de declínios em capturas de peixe, diminuíram também colheitas de camarão de água doce: a produção local no baixo Tocantins caiu em 66%, começando no segundo

ano depois do fechamento. Dados sobre os peixes até 2006 para o reservatório de Tucuruí e cidades ao longo de partes do Rio sem barragens mostram que a quantidade de peixes no reservatório nunca substituiu as perdas na pesca do rio Tocantins como um todo (Cintra, 2009).

Impactos na saúde

Insetos

Impactos sobre a saúde causados por represas hidrelétricas são significativos.

A malária é endêmica às áreas onde estão sendo construídas as represas, assim conduzindo ao aumento da incidência quando populações humanas migram para essas áreas. Reservatórios provêm criadouros para mosquitos *Anopheles*, assim mantendo ou aumentando a população dos vetores para essa doença nas áreas circunvizinhas (Tadei *et al.*, 1983).

No caso de Tucuruí, um impacto dramático foi uma “praga” de mosquitos do gênero *Mansonia*. Esses mosquitos não transmitem malária, mas podem transmitir várias arboviroses. Também podem ser vetores de filaria, o verme parasitário que causa elefantíase. Embora esta doença ocorra em países vizinhos, tais como o Suriname, ainda não se espalhou para a Amazônia brasileira. Depois de encher o reservatório de Tucuruí, populações de *Mansonia* explodiram ao longo da costa ocidental do lago. Esses mosquitos picam de noite e de dia, a intensidade das picadas sendo medida em até 600 picadas/hora em iscas humanas expostas (Tadei *et al.*, 1991).

Mercúrio

A metilação de mercúrio representa uma grande preocupação para o desenvolvimento de centrais hidrelétricas na Amazônia. Mercúrio destina-se biologicamente, e aumenta a concentração de uma ordem de magnitude, com cada etapa da cadeia alimentar. Os seres humanos tendem a ocupar a última posição, e pode-se esperar que eles tenham os níveis mais altos de mercúrio. É provável que as altas concentrações que foram encontradas no solo e na vegetação na Amazônia foram deposição de fundo acumulado durante milhões de anos, e não das contribuições antropogênicas recentes da mineração de ouro (Roulet *et al.*, 1996; Silva-Forsberg *et al.*, 1999).

A metilação está ocorrendo em reservatórios, como indicado por altos níveis de mercúrio em peixes

e em cabelos humanos em Tucuruí. Em uma amostra de 230 peixes retirados do reservatório (Leino & Lodeius, 1995), 92% dos 101 peixes predadores obtiveram níveis de Hg mais altos do que o limite de segurança de 0,5 mg Hg por kg de peso fresco usado no Brasil. O tucunaré (*Cichla ocellaris* e *C. temensis*), um peixe predatório que compõe mais da metade da captura comercial em Tucuruí, está contaminado com níveis altos, calculados, em média, em 1,1 mg Hg por kg, ou seja, mais do dobro do limite de segurança de 0,5 mg Hg por kg de peso fresco.

O teor médio de Hg encontrado no cabelo das pessoas que pescam no reservatório de Tucuruí era 65 mg por kg de cabelo estudado por Leino e Lodenius (1995), um valor muitas vezes mais alto do que os níveis encontrados em áreas de mineração de ouro. Por exemplo, em minas de ouro próximas de Carajás, as concentrações de Hg em cabelo variaram de 0,25 a 15,7 mg por kg de cabelo estudado por Fernandes *et al.* (1990). Dados do rio Tapajós indicaram sintomas mensuráveis, tais como a redução do campo visual, entre residentes ribeirinhos cujos níveis de Hg no cabelo eram substancialmente mais baixos do que, ambos, os níveis encontrados em Tucuruí e o limiar de 50 mg por kg que é reconhecido atualmente como o padrão. As concentrações de Hg em cabelo humano em Tucuruí já são mais que o dobro daquelas encontradas para causar dano fetal, resultando em retardamento psicomotor.

Perda de vegetação

Entre os muitos impactos causados pela construção de hidrelétricas em regiões tropicais, um deles é o estímulo ao desmatamento. Isto é devido parcialmente às estradas que são construídas para dar acesso a cada barragem. As estradas são bem conhecidas como um dos motores mais poderosos do desmatamento (por exemplo, Fearnside, 2002a; Laurance *et al.*, 2002; Soares-Filho *et al.*, 2004). Um exemplo é a usina de Balbina, onde a terra ao longo da estrada construída para ligar a barragem à rodovia BR-174 (Manaus-Boa Vista) veio a ser rapidamente invadida por posseiros (Fearnside, 1989), e, mais tarde, parte da área foi convertido em um projeto de assentamento do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) (Massoca, 2010).

Barragens construídas em áreas com um número considerável de pessoas resultam em uma população deslocada que desmata nas áreas oficiais de assentamento ou em outros lugares. Adicionado a isto

é o desmatamento pela população que migra para a área por sua própria iniciativa. No caso da barragem de Tucuruí, além do desmatamento em áreas de reassentamento, parte da população mudou-se uma segunda vez devido a uma praga de mosquitos, dando origem à formação de um dos maiores focos de desmatamento na Amazônia no local onde eles finalmente se estabeleceram (Fearnside, 1999, 2001).

A barragem de Belo Monte, hoje em construção no rio Xingu, atraiu uma grande população na área de Altamira, Pará (Barreto *et al.*, 2011). Esta área tornou-se um dos dois pontos de maior desmatamento em 2010 e 2011; o outro é a área em torno das barragens de Santo Antônio e Jirau, que estão em construção no rio Madeira, em Rondônia (Angelo & Magalhães, 2011; Hayashi *et al.*, 2011; Escada *et al.*, 2013).

Talvez o mais controverso dos projetos de navegação é aquele associado às barragens de Santo Antônio e Jirau, no rio Madeira (por exemplo, IIRSA, 2007; Killeen, 2007). Essas barragens seriam parte da Hidrovia Rio Madeira e permitiriam a implementação de mais de 4.000 km de hidrovias na Bolívia. As estimativas preliminares para a quantidade de grãos (principalmente soja) a serem transportados indicam um total de 28 milhões de toneladas por ano de Mato Grosso e 24 milhões de toneladas por ano de Bolívia (PCE *et al.*, 2002, p. 6.4). Poderia ser exagerada a quantidade de soja que é prevista para a Bolívia, sendo que o zoneamento boliviano (Zonisig *et al.*, 1997, citado por Vera-Diaz *et al.*, 2007) indica baixo potencial agrícola em grande parte da área onde os estudos brasileiros dizem que há 8 milhões de hectares de solos adequados (PCE *et al.*, 2002, p. 6.4). Se há 8 milhões de hectares de terra adequada na Bolívia, e esta área for transformada em soja, os impactos de hidrelétricos e navegação devem incluir a perda de áreas de ecossistemas naturais, que representa um total mais de 150 vezes maior que a superfície dos reservatórios. Embora não mencionado no relatório, deve-se notar que muitos produtores de soja na Amazônia boliviana hoje são brasileiros, e é provável que grande parte da expansão da soja na área adicional que seria aberta à navegação seria também feita por brasileiros. A discussão sobre os benefícios das barragens está em escopo internacional (integração da América do Sul e transporte da soja de Bolívia), mas a discussão dos impactos é limitada ao Brasil nos relatórios subsequentes, incluindo o estudo de viabilidade

(PCE *et al.*, 2005, Vol. 2, p. II-83) e o EIA-RIMA (FURNAS *et al.*, 2005a,b).

A Avaliação Estratégica Ambiental (AAE) para barragens no rio Madeira refere-se ao crescimento “inexorável” como uma característica da área da Bolívia a qual a hidrovía proporcionaria acesso (ARCADIS Tetraplan *et al.*, 2005). O estudo de viabilidade destacou a “inexorabilidade da integração física da América do Sul” e a “inexorabilidade do avanço da ocupação” (PCE *et al.*, 2005, Vol. 2, p. II-85). Os relatórios implicam que os impactos ambientais são inevitáveis em todo caso, mesmo sem novas plantações de soja que seriam estimuladas no interior. No entanto, a AAE do projeto Rio Madeira mencionou que a expansão agrícola (*i.e.*, soja) estimulada pela hidrovía resultará em perda de vegetação natural na Bolívia (ARCADIS Tetraplan *et al.*, 2005, p. 169-170). Além de impactos na biodiversidade, a possibilidade de afetar o regime hidrológico do rio Madeira é mencionada como um problema a qual o desmatamento iria contribuir. A contramedida proposta era “ação integrada entre Brasil e Bolívia, que é necessária para permitir a regulamentação ambiental e territorial, que visa controlar a ocupação da terra e manter a integridade das áreas protegidas”. Embora estas medidas sejam desejáveis para ajudar a reduzir mesmo a perda ainda mais áreas, mas não compensariam o impacto da hidrovía em estimular a conversão de uma grande área de ecossistemas naturais em soja (por exemplo, Vera Dias *et al.*, 2007).

Embora as áreas ao lado das barragens de Santo Antônio e Jirau foram reservadas para a possível futura construção de eclusas, o Ministério de Minas e Energia (MME) deixou claro que nenhuma decisão foi tomada sobre a construção de eclusas (Brasil, MME, 2006b). A pergunta chave é se atrasar a decisão sobre as eclusas absolve os proponentes da barragem de qualquer responsabilidade de considerar os impactos da hidrovía nos estudos de impacto ambiental. O contraste é evidente entre o entusiasmo para as vantagens da hidrovía na hora de descrever os benefícios das barragens e a falta de inclusão dos impactos da expansão da soja quando se fala sobre os custos ambientais das barragens.

Em suma, hidrelétricas amazônicas causam perda de vegetação não só pela inundação direta, mas também por causa do desmatamento estimulado pela atração e o deslocamento da população e a abertura de estradas até os canteiros de obras das barragens. As barragens também permitem a abertura

de hidrovias que permitem tráfego de barças em rios que eram anteriormente não navegáveis. A expansão da soja está intimamente relacionada com o custo de transporte, levando ao desmatamento pela conversão direta de floresta em soja e pela conversão de pastagens em soja, deslocando assim, as áreas de produção animal para a floresta em outras partes da Amazônia. Esses impactos são ignorados quase na sua totalidade em licenças ambientais de barragens, bem como em projetos para obtenção de créditos de carbono da energia hidrelétrica.

Gases de efeito estufa

Embora hidrelétricas sejam, muitas vezes, apresentadas como “energia verde”, que significa uma fonte de energia sem emissões de gases de efeito estufa, barragens, na verdade, emitem quantidades consideráveis de gases (por exemplo, Fearnside, 2012a; Gunkel, 2009). A quantidade de emissão varia consideravelmente dependendo da localização geográfica, idade da barragem, entradas externas de nutrientes e de carbono e as características do reservatório, tais como a vazão, o tempo de reposição da água, a área, a profundidade, as flutuações do nível da água e a localização das turbinas e vertedouros. Barragens em áreas tropicais emitem mais metano que barragens em áreas temperadas e boreais (ver revisão de Barros *et al.*, 2011; Matthews *et al.*, 2005). Bastviken *et al.* (2011) estimativaram que os reservatórios cobrem 500.000 km² em todo o mundo e emitem anualmente 20 milhões de toneladas de metano (CH₄). Isso equivale a 136 milhões de toneladas de carbono equivalente a CO₂ se calculado usando o potencial de aquecimento global potencial (GWP) de metano de 25 a partir do quarto relatório do IPCC (Forster *et al.*, 2007), ou 185 milhões de toneladas de carbono equivalente a CO₂ se calculado usando o valor mais recente de 34 (Shindell *et al.*, 2009). No entanto, estes números incluem apenas as emissões das superfícies dos reservatórios de ebulição (bolhas) e difusão, não as emissões produzidas quando água rica em metano (sob pressão) da camada mais profunda na coluna de água passa através das turbinas e dos vertedouros, o que pode mais do que dobrar o total (p. ex., Abril *et al.*, 2005; Fearnside, 2008, 2009a; Kemenes *et al.*, 2008). No entanto, a quantidade de informação necessária para estimativas confiáveis destas emissões para cada barragem dificulta, atualmente, uma estimativa global. Algum detalhe justifica-se para explicar a natureza do problema, tendo em conta os esforços

significativos da indústria de energia hidrelétrica para retratar as barragens como tendo emissões mínimas (ver: Fearnside, 2007, 2012a).

Dióxido de carbono (CO₂)

As barragens emitem gases de efeito estufa em várias formas ao longo da vida destes projetos. Em primeiro lugar, há as emissões da construção da barragem devido ao cimento, aço e combustível utilizado. Estas emissões são superiores as de uma instalação equivalente para gerar a mesma quantidade de eletricidade a partir de combustíveis fósseis ou de fontes alternativas como eólica e solar. As emissões da construção da barragem também ocorrerem vários anos antes do início da produção de eletricidade, que não é o caso para outras fontes. Sendo que o tempo tem um grande valor para efeitos do aquecimento global, esta diferença de tempo é adicionada ao impacto das barragens em relação à maioria das outras fontes (Fearnside, 1997). Emissões de construção foram estimadas para o Brasil em 0,98 milhões de toneladas de carbono equivalente de CO₂ para a represa de Belo Monte e 0,78 milhões de toneladas para a represa de Babaquara/Altamira, se calculado sem ponderação por tempo (Fearnside, 2009a).

Quando uma paisagem terrestre é inundada por um reservatório, emissões e remoções pela paisagem pré-barragem devem ser deduzidas dos fluxos correspondente de gases do reservatório a fim de avaliar o impacto líquido da barragem. Em áreas de floresta tropical, o balanço de carbono da vegetação é um fator crítico. Na década de 1990, muitos acreditavam que a Amazônia era um ótimo receptor de carbono atmosférico, o que aumentaria o impacto líquido sobre o aquecimento global da conversão de florestas para outros usos, incluindo reservatórios. No entanto, posteriormente, a correção de alguns problemas em técnicas de medição reduziram as estimativas de absorção da floresta em mais do que cinco vezes, e já não mais se acredita que a vegetação seja, em média, um sumidor importante de carbono (*e.g.*, Araujo *et al.*, 2002; Fearnside, 2000; Kruijt *et al.*, 2004).

A quantidade de absorção de carbono varia substancialmente entre diferentes locais na Amazônia (Ometto *et al.*, 2005). As maiores taxas de absorção foram estimadas por medições do crescimento das árvores no Peru e Equador (Phillips *et al.*, 1998, 2004); Infelizmente, não há nenhuma torre nestes locais para fornecer medições de correlação de vórtices comparáveis às medidas no Brasil. As taxas de

absorção desde os Andes até o Oceano Atlântico, um padrão que tem sido atribuído a um gradiente correspondente na fertilidade do solo (Malhi *et al.*, 2006). Em 2010, o Brasil assinou um acordo com Peru para permitir que a empresa de energia do governo brasileiro (ELETROBRÁS) construísse os primeiros cinco entre mais de uma dúzia de barragens planejadas na parte amazônica do Peru, e o atual presidente do Peru reafirmou o compromisso com o Pacto (FSP, 2011b).

As emissões do desmatamento podem ser substanciais, como resultado de deslocamentos de populações e a estimulação do desmatamento nos arredores de novas barragens e suas estradas de acesso, como já mencionado. Emissões deslocadas podem ocorrer não só devido à perda do uso da terra, mas também pela perda do uso da água, por exemplo, para substituir o peixe que foi produzido anteriormente pelo rio. Esta é uma preocupação para as barragens em construção no rio Madeira no Brasil (Fearnside, 2009b).

Outra importante fonte de emissões é o carbono liberado a partir da decomposição das árvores mortas pela inundação. Árvores geralmente permanecem no reservatório, onde parte delas se projetam acima da água e se decompõem na presença de oxigênio, liberando o carbono como CO₂. Árvores adicionais são afetadas na floresta próxima da margem, incluindo a floresta, nas ilhas formadas no reservatório, devido à ascensão do lençol freático. Esta adição é maior em reservatórios com um extenso litoral e muitas ilhas, como é o caso da barragem de Balbina (Feitosa *et al.*, 2007). A liberação de carbono pela morte das árvores começa quando o reservatório estiver cheio inicialmente (antes de qualquer geração de eletricidade), fazendo com que a maior parte das emissões seja produzida nos primeiros anos de vida do reservatório. Devido ao valor do tempo, isso causa um substancial impacto inicial na geração hidrelétrica, em comparação com a geração a partir de combustíveis fósseis, sendo que combustíveis fósseis lançam a grande maioria do seu CO₂ na mesma hora que a eletricidade é produzida (Fearnside, 1997). De 1990 (o ano padrão dos inventários iniciais das emissões de gases de efeito estufa, nos termos da Convenção do Clima), a edição anual da repartição das partes das árvores que se projetam para fora da água (sem contar a mortalidade na margem) foi estimada em 6,4 milhões de toneladas de carbono em Balbina (Fearnside, 1995), 1,1 milhões de toneladas em Samuel (Fearnside, 2005a) e 2,5 milhões de

toneladas em Tucuruí (Fearnside, 2002b). A represa de Babaquara/Altamira, “não oficialmente” prevista para a construção, a montante de Belo Monte, junto com Belo Monte, é susceptível de se tornar a “campeã” destas emissões de decomposição sobre a água, com uma média estimada em 9,6 milhões de toneladas de carbono anualmente derivada de árvores inundadas, mais 0,07 milhões toneladas de emissões da margem durante os primeiros dez anos (Fearnside, 2009a, 2011a).

A água do reservatório também emite dióxido de carbono, através de bolhas (ebulição) ou difusão (emanação) em toda a superfície do reservatório pela água liberada através das turbinas e vertedouros. Este CO₂ se origina de fontes diferentes, e é importante evitar a dupla contagem do carbono. Uma parte é a decomposição de árvores submersas inicialmente presentes no reservatório, seja como CO₂ produzido diretamente quando a biomassa das árvores se decompõe na camada superficial da água, que contém oxigênio, ou indiretamente se a biomassa decompõe em camadas profundas onde há pouca ou nenhuma concentração de oxigênio. O carbono é liberado como metano e, mais tarde, uma parte disso é transformada em CO₂ por bactérias nas camadas superficiais. Acredita-se que esta via de emissão, com o carbono na biomassa das árvores sendo transformado em metano dissolvido, e mais tarde em CO₂ dissolvido, seja a principal fonte de CO₂ na água em Balbina (Kemenes *et al.*, 2011).

Dióxido de carbono também é liberado a partir do carbono do solo alagado. Assim como no caso das árvores, é uma fonte fixa que eventualmente se esgotará. A questão também é maior nos primeiros anos. Na barragem de Petit Saut, na Guiana Francesa, pesquisadores acreditam que o carbono do solo é a principal fonte de CO₂ e de metano produzido no pulso emissão inicial depois da inundação (Tremblay *et al.*, s/d [C. 2005]).

Emissões de CO₂ na água incluem o carbono lançado a partir de fontes renováveis, além do carbono de fontes fixas, tais como árvores e carbono do solo. O carbono também entra no reservatório na forma de carbono orgânico dissolvido (a partir de lixiviação) e de sedimentos da erosão do solo em toda a bacia hidrográfica a montante do reservatório. Este carbono está constantemente sendo removido da atmosfera pela fotossíntese realizada pela vegetação. O carbono incorporado à vegetação é depois depositado no chão da floresta na forma

de folhas e madeira morta. Uma parte disto é convertida em carbono do solo orgânico, e outra parte é exportada diretamente ainda em forma de necromassa. Quantidades substanciais de serapilheira não decompostas são transportadas pela água pluvial para córregos durante chuvas pesadas (Monteiro, 2005). Uma parte deste carbono termina armazenada em sedimentos no fundo do reservatório. Este armazenamento de sedimentos acaba sendo um benefício de carbono de barragens (por exemplo, Gagnon, 2002). No entanto, uma contabilidade completa exigiria a dedução da parcela de carbono que, sem a barragem, teria sido transportado pelo rio e depositado em sedimentos marinhos. Uma parte teria deixado a água do rio a jusante: a água no rio Amazonas é conhecida como um importante emissor de CO₂ (Richey *et al.*, 2002).

Outras fontes de carbono renováveis incluem a fotossíntese do fitoplâncton, assim como as algas e macrófitas (plantas aquáticas) no próprio reservatório. Também é uma fonte renovável de plantas herbáceas que crescem na zona de deplecionamento (*drawdown zone*). Esta é uma área pantanosa que é exposta ao redor da borda do reservatório sempre que a água é retirada para geração de energia durante a estação seca. Pequenas plantas herbáceas, como ervas, crescem rapidamente nesta área quando o nível da água desce. A área de deplecionamento pode ser enorme: 659,6 km² em Balbina (Feitosa *et al.*, 2007) e 3.580 km² no reservatório “não-oficialmente” planejado de Babaquara/Altamira (Fearnside, 2009a, 2011a). Quando a água sobe de novo, as plantas morrem e, em seguida, se decompõem rapidamente, porque possuem um tecido vegetal macio (em contraste com a madeira, que contém lignina e se decompõe muito lentamente sob a água). Quando o oxigênio está presente na água, este carbono é lançado na forma de CO₂, mas no caso de plantas que estão enraizadas no fundo, grande parte da decomposição ocorrerá na parte inferior do reservatório em água sem oxigênio, produzindo metano. Assim como funciona também com o metano proveniente de outras fontes, parte do metano pode ser oxidada em CO₂ por bactérias antes de atingir a superfície. O resto será lançado como metano a partir de uma zona de deplecionamento que representa uma verdadeira “fábrica de metano” que continuamente converte o CO₂ atmosférico em metano (CH₄), que é um componente muito mais poderoso em causar o aquecimento global por cada tonelada de gás (Fearnside, 2008).

O CO_2 na água que provém de fontes renováveis, como a serapilheira da floresta, fitoplâncton, algas, macrófitas (vegetação aquática) e a vegetação na zona de deplecionamento, deve ser distinguido do CO_2 proveniente de fontes fixas, como árvores inundadas e carbono do solo. A parte de fontes fixas representa uma contribuição líquida para o aquecimento global. No entanto, o CO_2 das fontes renováveis não representa uma contribuição para o aquecimento global porque a mesma quantidade de CO_2 que foi removido da atmosfera pela fotossíntese simplesmente retorna para a atmosfera da mesma forma (CO_2) após um período de meses ou anos. Parte do mesmo carbono é contabilizada duas vezes quando a biomassa das árvores mortas é quantificada como uma emissão de “desmatamento”, calculada baseada na diferença entre a biomassa da floresta e a biomassa da área alagada, como no caso da metodologia do IPCC (Duchemin *et al.*, 2006; IPCC, 1997) utilizada pelo Brasil nos inventários sob o Convenção do Clima (Brasil, MCT, 2004, 2010). Cálculos do impacto de reservatórios que quantificam todo este CO_2 como sendo um impacto no aquecimento global (por exemplo, Saint Louis *et al.*, 2002; dos Santos *et al.*, 2008; Kemenes *et al.*, 2011) sobrestimam esta parte da emissão. Deve ser uma prioridade as pesquisas necessárias para melhor quantificar as fontes de carbono das quais são derivadas as emissões de CO_2 em reservatórios. Até que essas informações estejam disponíveis, este autor escolheu contabilizar apenas o metano, e não o CO_2 , no caso das emissões da superfície do reservatório e da água que passa através das turbinas e vertedouros (por exemplo, Fearnside, 2002b, 2005b, 2009a, 2011a). Dióxido de carbono só é contado a partir da decomposição das árvores mortas que se decompõem acima da água.

Óxido nitroso (N_2O)

Óxido nitroso (N_2O) é outro gás de efeito estufa com uma contribuição dos reservatórios. Superfícies de represas amazônicas emitem uma média de $7,6 \text{ kg N}_2\text{O km}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ (Lima *et al.*, 2002), ou $27,6 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. O solo da floresta tropical emite $8,7 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (Verchot *et al.*, 1999, p. 37). Portanto, os reservatórios emitem três vezes mais do que as florestas que substituem. Tendo em conta o valor para o potencial de aquecimento global de óxido nitroso adotado pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) no seu quarto relatório, cada tonelada de N_2O tem um impacto durante um período

de 100 anos equivalente a 298 toneladas de gás de CO_2 (Forster *et al.*, 2007). Reservas amazônicas, portanto, emitem $2,26 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de carbono equivalente a CO_2 , contra $0,74 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ emitido pela floresta, deixando uma emissão líquida de $1,52 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de carbono equivalente a CO_2 . Para um reservatório de 3.000 km^2 , como Balbina, isso representa quase 500 mil toneladas de carbono equivalente a CO_2 por ano. As medições das emissões de N_2O no reservatório de Petit Saut, na Guiana Francesa, e no reservatório de Fortuna, no Panamá, indicam emissões de aproximadamente duas vezes as dos solos sob florestas tropicais (Guerin *et al.*, 2008). As emissões dos solos da floresta variam consideravelmente entre localidades, o que indica a importância de medidas específicas para estimar as emissões pré-represa. Diferente de CO_2 e CH_4 , quase a totalidade das emissões de N_2O de barragens ocorre através da superfície do reservatório, e não pela desgaseificação de jusante da barragem (Guerin *et al.*, 2008). O intervalo de transmissão é grande: considerando apenas as emissões da superfície do reservatório, a proporção dos efeitos do aquecimento global de N_2O representa entre 29 e 31% da emissão total do CO_2 , CH_4 e N_2O das superfícies de quatro reservatórios em áreas de floresta tropical: Tucuruí, Samuel, Petit Saut e Fortuna (Guerin *et al.*, 2008). Emissões de N_2O são muito mais baixas em reservatórios que não estão localizados em áreas de floresta tropical.

Metano (CH_4)

A emissão de metano é uma importante contribuição das barragens hidrelétricas ao aquecimento global. Metano (CH_4) é formado quando a matéria orgânica se decompõe sem o oxigênio estar presente, por exemplo, no fundo de um reservatório. A água em um reservatório é estratificada em duas camadas: uma camada de superfície (epilímnio) onde a água está mais quente e está em contato com o ar, e uma camada inferior (hipolímnio) que fica abaixo de um limite divisório (a termoclina). A água abaixo deste divisório é muito mais fria. Se expressa em termos do conteúdo de oxigênio dissolvido, a delimitação, que ocorre em aproximadamente na mesma profundidade de 2 a 10 m, e é conhecido como a “oxiclina”. Água abaixo da termoclina (ou a oxiclina) não se mistura com a água de superfície, exceto durante eventos ocasionais cuja estratificação é quebrada e a água do fundo sobe para a superfície, matando muitos peixes. Na Amazônia, isso acontece durante o fenômeno das “friagens”, que são uma característica

climática na parte ocidental, mas não na parte oriental da Amazônia. Balbina situa-se aproximadamente na extremidade leste deste fenômeno e foi afetada por mortes de peixes durante as friagens. Em condições normais, a água fria na parte inferior é separada abaixo da termoclina e o oxigênio dissolvido na água desaparece rapidamente através da oxidação de uma parte de folhas e outra matéria orgânica no fundo do reservatório. Após isso, essencialmente toda a decomposição deve terminar no CH_4 em vez de CO_2 . Altas concentrações do gás podem ser dissolvidas na água do fundo do reservatório, porque a água é fria.

Lagos naturais e áreas úmidas, incluindo a várzea (área de inundação anual em rios amazônicos de água branca) e o pantanal (zonas húmidas na bacia do rio Paraná), são importantes fontes globais de metano (Devol *et al.*, 1990; Hamilton *et al.*, 1995; Melack *et al.*, 2004; Wassmann & Martius, 1997). Uma usina hidrelétrica, no entanto, é uma fonte substancialmente maior de CH_4 por hectare de água devido a uma diferença crucial: a água que sai do reservatório é extraída do fundo, em vez da superfície. Lagos naturais e reservatórios emitem CH_4 através de bolhas e difusão da superfície, mas no caso de uma represa existe uma fonte adicional de CH_4 da água passando através das turbinas e vertedouros. Eles tiram água de abaixo da termoclina, onde ela está saturada com metano. O reservatório é como uma banheira, onde a tampa é retirada do ralo e a água drena do fundo, em vez de transbordar da parte superior, como no caso de um lago. Como a água que sai das turbinas vem da camada aprisionada abaixo do termoclina e está com alta concentração de metano, a diferença com a pequena concentração no ar é muito grande e boa parte do metano é rapidamente liberada para a atmosfera logo abaixo das turbinas. Ao longo de um tempo maior, o aquecimento gradual da água que flui a jusante no rio abaixo da barragem produzirá uma redução adicional na solubilidade, e, portanto, um aumento na liberação de gás (Princípio de Le Chatelier).

Para o gás dissolvido na água que flui a jusante, abaixo de uma represa, a liberação para a atmosfera é rápida o suficiente para que a maior parte do CH_4 escape de ser convertida em CO_2 por bactérias na água. Na verdade, a emissão é de forma imediata na saída das turbinas ou mesmo dentro das próprias turbinas. Esta é a razão por que a medição da vazão de gás da superfície da água no rio abaixo da barragem não é suficiente para medir o impacto das emissões de água que passa pelas turbinas, pois escapa muito da emissão.

Esta é a principal explicação, por exemplo, porque o grupo de pesquisa montado por FURNAS foi capaz de afirmar que as hidrelétricas são “100 vezes” melhores do que os combustíveis fósseis em termos de aquecimento global (Garcia, 2007). Na verdade, as medições de fluxo começaram em distâncias abaixo da barragem que variaram de 50 m nas barragens de Estreito, Furnas e Peixoto (dos Santos *et al.*, 2009, p. 835; Ometto *et al.*, 2011) a 500 m nas represas de Serra da Mesa e Xingó (da Silva *et al.*, 2007). A única maneira de estimar a liberação sem esses desvios importantes é de baseá-la na diferença entre a concentração de CH_4 na água acima e abaixo da barragem (por exemplo, Fearnside, 2002b; Fearnside & Pueyo, 2012; Kemenes *et al.*, 2007).

As estimativas da magnitude do impacto de barragens amazônicas no aquecimento global têm variado enormemente. A maioria das pessoas que tomam ciência de diferentes estimativas através da imprensa não têm nenhuma informação sobre como as medições subjacentes foram feitas e o que está incluído ou omitido de estimativas. É essencial analisar os estudos originais por todos os lados do debate. Informações sobre o amplo debate, considerando ambos os lados, sobre as emissões de gases de efeito estufa estão disponíveis na seção “Controvérsias amazônicas” do site <http://philip.inpa.gov.br>.

Uma breve revisão das razões para os resultados muito díspares é necessária. Em primeiro lugar, a omissão das emissões oriundas da água que passa através das turbinas e vertedouros é uma razão que deveria ser óbvia. Essa omissão tem sido uma característica de longa data das estimativas oficiais brasileiras, como destacado no memorável debate sobre este assunto na revista *Climatic Change* (ver: Rosa *et al.*, 2004, 2006; Fearnside, 2004, 2006b). A omissão do mesmo se aplica para as emissões de gases de efeito estufa estimadas para barragens na primeira comunicação nacional do Brasil sob a Convenção de Clima (Brasil, MCT, 2004; Rosa *et al.*, 2002), com resultados mais de dez vezes inferiores às estimativas desse autor para barragens como Tucuruí e Samuel (Fearnside, 2002b, 2005a). A omissão das turbinas e vertedouros foi a principal explicação. O importante papel desempenhado pelas emissões de água lançadas por turbinas é aparente a partir de medições diretas feitas acima e abaixo de barragens em Petit Saut, na Guiana Francesa (Abril *et al.*, 2005; Delmas *et al.*, 2004; Galy-Lacaux *et al.*, 1997, 1999; Guérin *et al.*, 2006) e em Balbina, no Brasil (Kemenes *et al.*, 2007, 2008, 2011).

No primeiro inventário brasileiro de gases de efeito estufa, as emissões de energia hidrelétrica foram calculadas para nove de 223 barragens no País, mas os resultados foram confinados a uma caixa de texto e não foram incluídas na contagem das emissões nacionais (Brasil, MCT, 2004, p. 152-153). No segundo inventário nacional (Brasil, MCT, 2010), as emissões de hidrelétricas foram completamente omitidas. No entanto, embora o impacto da liberação de CO_2 das árvores mortas por reservatório seja uma importante omissão de muitas discussões sobre o papel das barragens no aquecimento global, no caso do segundo inventário nacional, a liberação de CO_2 da perda de biomassa na conversão de florestas em “zonas úmidas” foi incluída como forma de mudança de uso da terra.

Exagero da emissão de pré-represa é outra maneira que as emissões líquidas de barragens podem ser subestimadas. Como já mencionado, as zonas úmidas naturais são importantes fontes de metano, e isso tem sido usado para afirmar que a terra inundada por uma represa teria emitido grandes quantidades de metano de qualquer forma, mesmo se a barragem não fosse construída. Por exemplo, a Associação Internacional de Hidrelétricas (IHA, sigla em inglês) considera as emissões de usinas hidrelétricas como sendo uma questão de “soma zero”, porque não excederiam as emissões pré-represa (Gagnon, 2002). No Estudo de Impacto Ambiental (EIA) para a barragem de Belo Monte, foi presumida que a área a ser inundada poderia emitir $48 \text{ mg CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ antes da criação do reservatório, com base em dois conjuntos de medições da emissão da superfície do rio e do solo em locais próximo à margem do rio (Brasil, ELETROBRÁS, 2009, Apêndice 7.1.3-1; ver: Fearnside, 2011a). A maioria das medições das emissões do solo na época das chuvas foram em solos encharcados, recentemente expostos pela queda sazonal do nível de água (Brasil, ELETROBRÁS, 2009 Apêndice 7.1.3-1, p. 72), resultando em sua alta emissão de CH_4 e influenciando fortemente na média utilizada por toda a superfície da terra a ser inundada por Belo Monte. No entanto, hidrelétricas geralmente são construídas em locais com solos bem drenados, sendo que locais com corredeiras e cachoeiras são escolhidos em vez de zonas úmidas planas. Isso ocorre porque a topografia íngreme resulta em maior produção de eletricidade. O solo sazonalmente inundado pelo rio não pode ser generalizado para a área do reservatório, pois na Amazônia os reservatórios geralmente ficam em áreas de floresta de terra

firme. O solo sob floresta de terra firme é normalmente considerado como um sumidouro de metano, ao invés de uma fonte (Keller *et al.*, 1991; Potter *et al.*, 1996). Uma estimativa irrealisticamente alta para a emissão pré-barragem leva a uma subestimação do impacto líquido. No caso do EIA de Belo Monte, as $48 \text{ mg CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ são subtraídas das $70,7 \text{ mg CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ estimadas no EIA para a emissão do reservatório (o que é subestimado por várias razões, incluindo a utilização como metade da estimativa um conjunto de medidas no reservatório de Xingó, localizado na zona semiárida da região nordeste, onde as emissões seriam muito menores em uma barragem amazônica), deixando apenas $70,7-48,0 = 22,7 \text{ mg CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ como emissão líquida.

Outra fonte de baixas estimativas para as emissões das hidrelétricas no Brasil é uma correção da lei potência matematicamente errada que foi aplicada repetidamente nos cálculos oficiais das emissões de ebulição e difusão das superfícies de reservatórios brasileiros. Isso vem de uma tese de doutorado (dos Santos, 2000), que é a base de um relatório oficial da ELETROBRÁS (Brasil, ELETROBRÁS, 2000). O relatório calcula e tabula as emissões para todas as 223 grandes barragens no Brasil naquela época, com uma área total de superfície de água de 32.975 km^2 , que é uma área maior do que a Bélgica. A correção errada continua a ser aplicada (por exemplo, dos Santos *et al.*, 2008). Esses ajustes da ELETROBRÁS reduzem as estimativas de emissão para as superfícies dos reservatórios em 76% em comparação com a média simples dos valores de medição no mesmo estudo (ver: Pueyo & Fearnside, 2011). O problema é que as bolhas da superfície de reservatórios geralmente ocorrem em episódios esporádicos, com intenso borbulhamento durante um curto período, seguido por longos períodos com poucas bolhas. Assim, o número de amostras é inevitavelmente insuficiente para representar esses eventos relativamente pouco frequentes, e uma correção pela lei de potência pode ser aplicada aos dados de medição. No entanto, eventos que são raros, porém de alto impacto, aumentam levemente a média real das emissões, ao invés de reduzi-la. Na verdade, há pelo menos cinco graves erros matemáticos no cálculo da ELETROBRÁS, incluindo uma inversão do sinal de positivo para negativo. Observe, entretanto, que a subestimação dos erros na aplicação da correção da lei de potência não se aplica só ao metano, mas também às bolhas de CO_2 , que nem sempre é uma contribuição líquida para o aquecimento

global. A aplicação correta da lei de potência resulta em estimativas das emissões de metano superficial 345% maiores do que as estimativas relatadas pela ELETROBRÁS (ver: Pueyo & Fearnside, 2011).

Metodologia de amostragem inadequada é outra maneira que pode levar a valores para emissão que são várias vezes menores do que deveriam ser. Como já mencionado, estimar as emissões das turbinas e vertedouros baseando-se apenas em medições de fluxo na superfície da água a jusante de uma barragem está destinado a perder a maior parte das emissões, resultando em grandes subestimativas do impacto total. Este é um importante fator para as baixas estimativas feitas por FURNAS e ELETROBRÁS. Mesmo para estimativas baseadas em concentração (incluindo as minhas) têm subestimado as emissões devido à metodologia de amostragem utilizada para obter a água junto ao fundo do reservatório. O método quase universal é a garrafa Ruttner, que é um tubo com “portas” que se abrem em cada extremidade. Tubo é submergido através de um cabo com duas portas, em seguida, as portas são fechadas e a garrafa é puxada para a superfície. Então, a água para análise química é removida. O problema é que os gases dissolvidos na água formam bolhas quando a pressão diminui dentro da garrafa Ruttner enquanto é puxada para a superfície. O gás vaza em torno de portas (que não são hermeticamente seladas), mas em qualquer caso este sempre seria perdido quando a água fosse extraída na superfície (com uma seringa) para a determinação do “espaço de cabeça” (*head space*) do volume de gás e produtos químicos de análise. Esse problema já foi abordado recentemente por Kemenes *et al.* (2011). Alexandre Kemenes inventou uma “garrafa Kemenes”, que recolhe a água em uma seringa que é submergida até a profundidade necessária. A seringa tem um mecanismo de mola que puxa a água para a amostra, e as bolhas de gás que emergem são capturadas e medidas quando a amostra é recolhida na superfície. Uma comparação dos dois métodos de amostragem indica que a concentração média de metano para uma amostra colhida a 30 m de profundidade é 116% superior se for medida com a garrafa Kemenes, dobrando a quantidade de metano estimada na água que passa através das turbinas em Balbina. A diferença seria ainda maior para barragens com turbinas em profundidades maiores, como no caso de Tucuruí.

Outro fator importante que afeta o impacto calculado de hidrelétricas é o potencial de aquecimento global (GWP) do metano. Este é o fator

para converter toneladas de metano em toneladas de CO₂ equivalente. Os valores para essa conversão aumentaram em sucessivas estimativas do Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática (IPCC) e em publicações desde o último relatório do IPCC em 2007. Conversões baseiam-se no horizonte de tempo de 100 anos, adotado pelo protocolo de Quioto. O relatório intercalar do IPCC em 1994 estimou um valor de 11 para o GWP do metano, ou seja, o lançamento de uma tonelada de metano teria o mesmo impacto sobre o aquecimento global, como o lançamento de 11 toneladas de CO₂ (Albritton *et al.*, 1995). Isto aumentou para 21 no segundo relatório de avaliação em 1995, usada pelo Protocolo de Quioto (Schimel *et al.*, 1996). Em 2001 o valor foi aumentado para 23 no terceiro relatório de avaliação (Ramaswamy *et al.*, 2001) e depois para 25 no quarto relatório de avaliação em 2007 (Forster *et al.*, 2007). Desde então, um trabalho publicado na revista *Science* que inclui efeitos indiretos que não eram considerados no quarto relatório de avaliação tem o valor estimado em 34, com o intervalo de incerteza que se estende até um valor de mais de 40 (Shindell *et al.*, 2009). Em comparação com o valor de 21, adotado pelo Protocolo de Quioto para o período 2008-2012, o valor de 34 representa um aumento de 62%, ou um tremendo aumento no impacto da energia hidrelétrica. Para hidrelétricas, emissão de metano representa o maior impacto, enquanto que, no caso dos combustíveis fósseis, quase toda a emissão está na forma de CO₂. Cabe lembrar que estes valores para o impacto de metano são baseados em um horizonte de tempo de 100 anos, sem desconto pelo valor do tempo, como foi adotado na regulamentação do Protocolo de Quioto. No entanto, o impacto relativo de metano sobe em muito se a atenção for focada nas próximas décadas: o valor do quarto relatório do IPCC sobe de 25 para 72 se for considerado 20 anos no lugar de 100. Sendo que o aquecimento global precisa ser controlado nessa escala de tempo mais curta se for para evitar consequências desastrosas, esses valores mais altos devem ser considerados na tomada de decisões, o que pesaria fortemente contra as hidrelétricas.

Comparações entre barragens e combustíveis fósseis

O valor do tempo é crucial para comparar o impacto sobre o aquecimento global de hidroeletricidade e combustíveis fósseis ou outras fontes de energia. Energia hidrelétrica tem uma enorme emissão

nos primeiros anos devido à morte de árvores, à decomposição subaquática do carbono do solo e das folhas de vegetação original e a explosão de plantas aquáticas (macrófitas) devido à maior fertilidade de água. Nos anos seguintes, esta emissão será reduzida para um nível inferior e será mantida por tempo indeterminado a partir de fontes renováveis, tais como a inundação anual da vegetação macia na zona de deplecionamento. O enorme pico de emissões nos primeiros anos cria uma “dívida” que será paga lentamente na medida em que a geração de energia da usina substitui a geração de energia a partir de combustíveis fósseis nos anos subsequentes. O tempo decorrido pode ser substancial. Por exemplo, no caso de Belo Monte junto com a primeira barragem a montante (Babaquara/Altamira), o tempo necessário para saldar a dívida da questão inicial é estimado em 41 anos (Fearnside, 2009a, 2011a). Este número subestima o impacto real que cálculo usa o valor de 21 do Protocolo de Quioto como o GWP do metano e porque usa as concentrações de metano medidas com as tradicionais garrafas Ruttner. Um período de 41 anos tem uma importância enorme para a Amazônia, onde a floresta está ameaçada por alterações climáticas projetadas nesta escala de tempo (por exemplo, Fearnside, 2009c). Uma fonte de energia que demora 41 anos ou mais para zerar a dívida de carbono não pode ser considerada “energia verde” em termos de aquecimento global.

Gases de efeito estufa emitidos diretamente por hidrelétricas não são a única maneira em que as barragens aumentam o aquecimento global. Créditos de carbono são concedidos para hidrelétricas pelo Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), no âmbito do Protocolo de Quioto, que se baseiam em presunções de que (1) as barragens não seriam construídas sem o financiamento do MDL e (2) ao longo da duração de 7 a 10 anos dos projetos de carbono, as barragens hidrelétricas teriam emissões mínimas em comparação com a eletricidade gerada por combustíveis fósseis, que supostamente seria deslocada. Estes pressupostos são falsos, especialmente no caso de barragens tropicais, tais como as previstas na Amazônia. No caso das barragens de Teles Pires, Jirau e Santo Antônio, todas já estavam em construção quando foram solicitados créditos de carbono. Estes casos servem como exemplos concretos, indicando a necessidade de reforma das normas do MDL, eliminando o crédito para hidrelétricas (Fearnside, 2012b,c, 2013).

O comportamento normal em negócios não é consistente com investimentos nessa escala se as barragens, na verdade, estariam perdendo dinheiro na ausência de um financiamento adicional do MDL. A ideia de que essas barragens são abnegadas contribuições para os esforços internacionais para conter o aquecimento global ultrapassam os limites da credibilidade. Quando os créditos de carbono são concedidos para projetos, como represas, que iriam para frente de qualquer forma na ausência dos créditos de carbono, os países que compram os créditos estão autorizados a emitir essa quantidade de carbono para a atmosfera sem qualquer emissão equivalente realmente ter sido evitada. O resultado é uma emissão de mais gases de efeito estufa na atmosfera e um desperdício dos fundos escassos que o mundo está atualmente disposto a dedicar à luta contra o aquecimento global.

O controle do aquecimento global exigirá uma correta contabilização das emissões líquidas ao redor do mundo: qualquer emissão que é excluída ou subestimada implica que os acordos de mitigação, projetados para conter o aumento da temperatura dentro de um limite especificado (como o limite de 2 °C convencional, atualmente, na Convenção do Clima) simplesmente não impedirão que siga o aumento da temperatura. A Amazônia é um dos lugares que se espera sofrer as consequências mais graves, se nós falharmos nesta responsabilidade.

AGRADECIMENTOS

Este documento foi preparado para o “Painel Internacional de Meio Ambiente e Energia: Um Diagnóstico dos Principais Projetos Hidroenergéticos”, Bogotá, Colômbia, 15-16 de abril de 2013 (Fearnside, 2014). Porções desta discussão são adaptações de Fearnside, 2011b, 2012d, s/d. Agradeço ao International Rivers por permitir a publicação das Figuras 1 e ao Matt Finer e Clinton Jenkins pela Figura 2. O Marcelo Augusto dos Santos preparou a Figuras 4. As pesquisas do autor são financiadas pelo Conselho Nacional do Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (proc. 304020/2010-9; 573810/2008-7) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) (proc. 708565). Agradeço ao Paulo Mauricio Lima de Alencastro Graça pelos comentários. Esta é uma tradução de Fearnside (2014).

LITERATURA CITADA

- Abril, G., F. Guérin, S. Richard, R. Delmas, C. Galy-Lacaux, P. Gosse, A. Tremblay, L. Varfalvy, M.A. dos Santos & B. Matvienko. 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
- Agostinho, A.A., E.E. Marques, C.S. Agostinho, D.A. de Almeida, R.J. de Oliveira & J.R.B. de Melo. 2007. Fish ladder of Lajeado Dam: migrations on one-way routes? *Neotropical Ichthyology* 5(2):121-130
- Albritton, D.L., R.G. Derwent, I.S.A. Isaksen, M. Lal & D.J. Wuebbles. 1995. Trace gas radiative forcing indices. p. 205-231. In: J.T. Houghton, L.G. Meira Filho, J. Bruce, H. Lee, B.A. Callander, E. Haites, N. Harris & K. Maskell, (eds.) *Climate Change 1994: Radiative Forcing of Climate Change and an Evaluation of the IPCC IS92 Emission Scenarios*. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, 339 p.
- Angelo, C. & J.C. Magalhães. 2011. Hidrelétricas do rio Madeira fazem desmatamento voltar a crescer. *Folha de São Paulo*, 23 de fevereiro de 2011. Disponível em: <http://www1.folha.uol.com.br/ambiente/879988-hidreletricas-do-rio-madeira-fazem-desmatamento-voltar-a-crescer.shtml>
- Araújo A.C., A.D. Nobre, B. Kruijt, A.D. Culf, P. Stefani, J. Elbers, R. Dallarosa, C. Randow, A.O. Manzi., R. Valentini, J.H.C. Gash & P. Kabat. 2002. Dual tower longterm study of carbon dioxide fluxes for a central Amazonian rain forest: The Manaus LBA site. *Journal of Geophysical Research* 107(D20): 8090.
- ARCADIS Tetraplan, FURNAS & CNO. 2005. *Complexo Hidrelétrico do Rio Madeira: Avaliação Ambiental Estratégica. Relatório Final*. ARCADIS Tetraplan, FURNAS Centrais Elétricas, S.A. & Construtora Noberto Odebrecht, S.A. (CNO), Rio de Janeiro, Brasil. 169 p. + anexos. Disponível em: http://philip.inpa.gov.br/pub_livres/Dossie/Mad/BARRAGENS%20DO%20RIO%20MADEIRA.htm
- 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, Pará, Brasil. 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., J.J. Cole, L.J. Tranvik, Y.T. Prairie, D. Bastviken, V.L.M. Huszar, P. del Giorgio & F. Roland. 2011. Carbon emission from hydroelectric reservoirs linked to reservoir age and latitude. *Nature Geoscience* 4: 593-596. doi: 10.1038/NGEO1211
- Bastviken, D., L.J. Tranvik, J.A. Downing, P.M. Crill & A. Enrich-Prast. 2011. Freshwater methane emissions offset the continental carbon sink. *Science* 331: 50.
- 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, Brasil. 56 p. Disponível em: <http://central2.to.gov.br/arquivo/31/933>
- Brasil, ELETROBRÁS (Centrais Elétricas Brasileiras S/A). 1986. *Plano de Recuperação Setorial*. Ministério das Minas e Energia, Centrais Elétricas do Brasil (ELETROBRÁS), Brasília, DF, Brasil.
- 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, Brasil. 269 p.
- Brasil, ELETROBRÁS (Centrais Elétricas Brasileiras S/A). 2000. Emissões de dióxido de carbono e de metano pelos reservatórios hidrelétricos brasileiros: Relatório final. *Relatório Técnico*. ELETROBRÁS, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 176 p. Disponível em: <http://wwwq2.elektrobras.com/elb/services/elektrobras/ContentManagementPlus/FileDownload.ThrSvc.asp?DocumentID=%7BCAFECBF7-6137-43BC-AAA2-35181AAC0C64%7D&ServiceInstUID=%7B3CF510BA-805E-4235-B078-E9983E86E5E9%7D>.
- Brasil, ELETROBRÁS (Centrais Elétricas Brasileiras S/A). 2009. *Aproveitamento Hidrelétrico Belo Monte: Estudo de Impacto Ambiental*. Fevereiro de 2009. ELETROBRÁS. Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 36 vols.
- Brasil, ELETRONORTE (Centrais Elétricas do Norte do Brasil, S.A.). 1985. Políticas e Estratégias para Implementação de Vilas Residenciais. ELETRONORTE, Brasília, DF, Brasil. (Mapa).
- Brasil, MCT (Ministério da Ciência e Tecnologia). 2004. *Comunicação Nacional Inicial do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima*. MCT, Brasília, DF, Brasil, 276 p. Disponível em: http://www.mct.gov.br/upd_blob/0005/5586.pdf
- Brasil, MCT (Ministério da Ciência e Tecnologia). 2010. *Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima*. MCT, Brasília, DF, Brasil, 2 Vols., 520 p.
- Brasil, MME (Ministério de Minas e Energia). 2006a. *Plano Decenal de Expansão de Energia 2008/2017*. MME, Brasília, DF, Brasil. 302 p. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/PDEE/Forms/EPEEstudo.aspx>
- Brasil, MME (Ministério de Minas e Energia). 2006b. Assunto: Pedido de vistas de moção sobre aproveitamento hidrelétrico no rio Madeira, Processo No. 02000.001151/2006-12. Ofício No. 651/SE/MME ao Sr. Nilo Sérgio de Melo Diniz, Diretor do CONAMA, Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF. 16 de maio de 2006. Carta da Secretária Executiva (SE), MME, Brasília, DF, Brasil. 10 p. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/3D3ABAEB/ParecerMME.pdf>
- Brasil, MME (Ministério de Minas e Energia). 2007. *Plano Decenal de Expansão de Energia 2007/2016*. MME, Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Brasília, DF, Brasil. 2 vols. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/PDEE/Forms/EPEEstudo.aspx>

- Brasil, MME (Ministério de Minas e Energia). 2009. *Plano Decenal de Expansão de Energia 2008/2017*. MME, Brasília, DF, Brasil. 2 vols. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/PDEE/Forms/EPEEstudo.aspx>
- Brasil, MME (Ministério de Minas e Energia). 2010a. *Bacia Hidrográfica do Rio Branco/RR: Estudos de Inventário Hidrelétrico*. MME, Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Brasília, DF, Brasil. 23 p. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/MEIOAMBIENTE/Documents/AAI%20Branco/12%20-%20Inventario%20Hidreletrico%20Branco%20-%20Caderno%20de%20Mapas%20do%20Diagnostico%20Socioambiental.pdf>
- Brasil, MME (Ministério de Minas e Energia). 2010b. *Plano Decenal de Expansão de Energia 2019*. MME, Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Brasília, DF, Brasil. 328 p. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/PDEE/Forms/EPEEstudo.aspx>
- Brasil, MME (Ministério de Minas e Energia). 2011. *Plano Decenal de Expansão de Energia 2020*. MME, Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Brasília, DF, Brasil. 2 vols. Disponível em: http://www.epe.gov.br/PDEE/20111229_1.pdf
- Brasil, MME (Ministério de Minas e Energia). 2012. *Plano Decenal de Expansão de Energia 2021*. MME, Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Brasília, DF, Brasil. 386 p. Disponível em: http://www.epe.gov.br/PDEE/20120924_1.pdf
- CIMI, CEDI, IBASE & GhK. 1986. Brasil: Áreas Indígenas e Grandes Projetos. Comissão Indigenista Missionária (CIMI), Centro Ecumênico de documentação e Informação (CEDI) & Instituto Brasileiro de Análise Social e Econômica (IBASE), Brasília, DF, Brasil & Gesamthochschule Kassel (GhK), Kassel, Alemanha. Escala do mapa 1: 5.000.000.
- Cintra, I.H.A. 2009. *A Pesca no Reservatório da Usina Hidrelétrica de Tucuruí, Estado do Pará, Brasil*. Tese de doutorado em engenharia de pesca, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará. Brasil. 190 p. Disponível em: <https://docs.google.com/file/d/0B5pYcMBHsTcMaVVnAGZvSINzbVE/preview>
- da Silva, M., B. Matvienko, M.A. dos Santos, E. Sikar, L.P. Rosa, E. dos Santos & C. Rocha 2007. Does methane from hydro-reservoirs fit out from the water upon turbine discharge? SIL – 2007-XXX Congress of the International Association of Theoretical and Applied Limnology, Montreal, Québec, Canadá. <http://www.egmmedia.net/sil2007/abstract.php?id=1839>
- Delmas, R., S. Richard, F. Guérin, G. Abril, C. Galy-Lacaux, C. Delon & A. Grégoire. 2004. Long term greenhouse gas emissions from the hydroelectric reservoir of Petit Saut (French Guiana) and potential impacts. p. 293-312. In: A. Tremblay, L. Varfalvy, C. Roehm & M. Garneau (eds.) *Greenhouse Gas Emissions: Fluxes and Processes. Hydroelectric Reservoirs and Natural Environments*. Springer-Verlag, New York, NY, E.U.A. 732 p.
- Devol, A.H., J.E. Richey, B.R. Forsberg & L.A. Martinelli. 1990. Seasonal dynamics in methane emissions from the Amazon River floodplain to the troposphere. *Journal of Geophysical Research* 95: 16,417- 16,426.
- dos Santos, M.A. 2000. Inventário de emissões de gases de efeito estufa derivadas de hidrelétricas. Tese de doutorado em planejamento energético. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 148 p. Disponível em: <http://www.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/masantos.pdf>
- dos Santos, M.A., L.P. Rosa, B. Matvienko, E.O. dos Santos, C.H.E. D'Almeida Rocha, E. Sikar, M.B. Silva & M.P.B. Ayr Júnior. 2008. Emissões de gases de efeito estufa por reservatórios de hidrelétricas. *Oecologia Brasiliensis* 12(1): 116-129.
- dos Santos M.A., L.P. Rosa, B. Matvienko, E.O. dos Santos, C.H.E. D'Almeida Rocha, E. Sikar, M.B. Silva & A.M.P. Bentes Júnior. 2009. Estimate of degassing greenhouse gas emissions of the turbinated water at tropical hydroelectric reservoirs. *Verhandlungen Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie* 30(Part 6): 834-837.
- Dourojeanni, M. 2009. Hidrelétricas brasileiras na Amazônia peruana. Disponível em: <http://www.ecodebate.com.br/2009/07/06/hidreletricas-brasileiras-na-amazonia-peruana-artigo-de-marc-dourojeanni>
- Duchemin, É., J.T. Huttunen, A. Tremblay, R. Delmas & C.F.S. Menezes. 2006. Appendix 3. CH₄ emissions from flooded land: Basis for future methodological development. p. Ap.3.1- Ap.3.8 In: S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara & K. Tanabe (eds.) *Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use*. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme Technical Support Unit, Institute for Global Environmental Strategies, Hayama, Kanagawa, Japão.
- Escada, M.I.S., L.E. Maurano & J.H.G. da Silva. 2013. Dinâmica do desmatamento na área de influência das usinas hidroelétricas do complexo do rio Madeira, RO. p. 7499-7507. In: J.R. dos Santos (ed.) *XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Foz do Iguaçu, Brasil 2013*. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, São Paulo, Brazil. <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0551.pdf>
- Farias, E. 2012. Complexo de hidrelétricas no Amazonas vai atravessar unidades de conservação, afetar terras indígenas e provocar desmatamento. *A Crítica* [Manaus] 15 de abril de 2012. http://acritica.uol.com.br/amazonia/Manaus-Azonas-Amazonia_0_682731721.html
- Fearnside, P.M. 1989. Brazil's Balbina Dam: Environment versus the legacy of the pharaohs in Amazonia. *Environmental Management* 13(4): 401-423. doi: 10.1007/BF01867675
- 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. 1997. Greenhouse-gas emissions from Amazonian hydroelectric reservoirs: The example of Brazil's Tucuruí Dam as compared to fossil fuel alternatives. *Environmental Conservation* 24(1): 64-75. doi: 10.1017/S0376892997000118

- Fearnside, P.M. 1999. Social impacts of Brazil's Tucuruí Dam. *Environmental Management* 24(4): 483-495. doi: 10.1007/s002679900248
- Fearnside, P.M. 2000. Global warming and tropical land-use change: Greenhouse gas emissions from biomass burning, decomposition and soils in forest conversion, shifting cultivation and secondary vegetation. *Climatic Change* 46(1-2): 115-158. doi: 10.1023/A:1005569915357
- Fearnside, P.M. 2001. Environmental impacts of Brazil's Tucuruí Dam: Unlearned lessons for hydroelectric development in Amazonia. *Environmental Management* 27(3): 377-396. doi: 10.1007/s002670010156
- Fearnside, P.M. 2002a. Avança Brasil: Environmental and social consequences of Brazil's planned infrastructure in Amazonia. *Environmental Management* 30(6): 748-763. doi: 10.1007/s00267-002-2788-2
- Fearnside, P.M. 2002b. Greenhouse gas emissions from a hydroelectric reservoir (Brazil's Tucuruí Dam) and the energy policy implications. *Water, Air and Soil Pollution* 133(1-4): 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(2-1): 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): 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 for Global Change* 10(4): 675-691. doi: 10.1007/s11027-005-7303-7
- Fearnside, P.M. 2006a. Dams in the Amazon: Belo Monte and Brazil's Hydroelectric Development of the Xingu River Basin. *Environmental Management* 38(1): 16-27. doi: 10.1007/s00267-005-00113-6
- Fearnside, P.M. 2006b. Greenhouse gas emissions from hydroelectric dams: Reply to Rosa et al. *Climatic Change* 75(1-2): 103-109. doi: 10.1007/s10584-005-9016-z
- Fearnside, P.M. 2007. Why hydropower is not clean energy. Scitizen, Paris, França. http://www.scitizen.com/screens/blogPage/viewBlog/sw_viewBlog.php?idTheme=14&idContribution=298
- 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(1): 100-115. doi: 10.4257/oeco.2008.1201.11
- Fearnside, P.M. 2009a. As hidrelétricas de Belo Monte e Altamira (Babaquara) como fontes de gases de efeito estufa. *Novos Cadernos NAEA* 12(2): 5-56.
- Fearnside, P.M. 2009b. Recursos pesqueiros. p. 38-39 In: A.L. Val & G.M. dos Santos (eds.) Grupo de Estudos Estratégicos Amazônicos (GEEA) Tomo II, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Manaus, Amazonas, Brasil. 148 p.
- Fearnside, P.M. 2009c. A vulnerabilidade da floresta amazônica perante as mudanças climáticas. *Oecologia Australis* 13(4): 609-618. doi: 10.4257/oeco.2009.1304.05
- Fearnside, P.M. 2011a. Gases de Efeito Estufa no EIA-RIMA da Hidrelétrica de Belo Monte. *Novos Cadernos NAEA* 14(1): 5-19.
- Fearnside, P.M. 2011b. Will the Belo Monte Dam's benefits outweigh the costs? *Latin America Energy Advisor*, 21-25 de fevereiro de 2011, p. 6. [<http://www.thedialogue.org>]
- Fearnside, P.M. 2012a. Desafios para midiaticização da ciência na Amazônia: O exemplo da hidrelétrica de Belo Monte como fonte de gases de efeito estufa. p. 107-123. In: A. Fausto Neto (ed.) *A Midiaticização da Ciência: Cenários, Desafios, Possibilidades*, Editora da Universidade Estadual da Paraíba (EDUEPB), Campina Grande, PB, Brasil. 288 p.
- Fearnside, P.M. 2012b. Philip Fearnside Comments to PJCERS on the Santo Antônio Hydropower Project (Brazil) Submission to the Perry Johnson Registrars Carbon Emissions Services. <http://www.internationalrivers.org/en/node/7295>
- Fearnside, P.M. 2012c. Philip Fearnside Comments to PJCERS on Jirau Dam (Brazil). Submission to the Perry Johnson Registrars Carbon Emissions Services. <http://www.internationalrivers.org/resources/philip-fearnside-comments-on-jirau-dam-brazil-7471>
- Fearnside, P.M. 2012d. Will Brazil's Belo Monte Dam Get the Green Light? *Latin America Energy Advisor*, 27-31 de agosto de 2012, p. 1 & 4. [<http://www.thedialogue.org>]
- Fearnside, P.M. 2013. Carbon credit for hydroelectric dams as a source of greenhouse-gas emissions: The example of Brazil's Teles Pires Dam. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 18(5): 691-699. doi: 10.1007/s11027-012-9382-6
- Fearnside, P.M. 2014. Análisis de los principales proyectos hidroenergéticos en la región amazónica. Derecho, Ambiente y Recursos Naturales (DAR) & Centro Latinoamericano de Ecología Social (CLAES), Lima, Peru. 55 p. Disponível em: http://www.dar.org.pe/archivos/publicacion/147_Proyecto_hidro-energeticos.pdf.
- Fearnside, P.M. s/d. Greenhouse gas emissions from hydroelectric dams in tropical forests. In: *The Encyclopedia of Energy*, John Wiley & Sons Publishers, New York, E.U.A. (no prelo).
- Fearnside, P.M. & S. Pueyo. 2012. Underestimating greenhouse-gas emissions from tropical dams. *Nature Climate Change* 2: 382-384. doi: 10.1038/nclimate1540 <http://www.nature.com/nclimate/journal/v2/n6/full/nclimate1540.html>
- Feitosa, G.S., P.M.L.A. Graça & P.M. Fearnside. 2007. Estimativa da zona de deplecionamento da hidrelétrica de Balbina por técnica de sensoriamento remoto p. 6713 - 6720 In: J.C.N. Epiphanyo, L.S. Galvão & L.M.G. Fonseca (eds.) *Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis*,

- Brasil 21-26 abril 2007. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos-São Paulo, Brasil.
- Fernandes, R.J., A.F. Guimarães, E.D. Bidone, L.D. de Lacerda & W.C. Pfeiffer. 1990. Monitoramento por mercúrio na área do Projeto Carajás. p. 211-228 In: S. Hacon, L.D. de Lacerda, W.C. Pfeiffer & D. Carvalho (eds.) *Riscos e Consequências do Uso do Mercúrio*. FINEP, Rio de Janeiro, RJ, 314 p.
- Finer, M. & C.N. Jenkins 2012a. 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 Disponível em: <http://www.plosone.org>
- Finer, M. & C.N. Jenkins 2012b. Proliferación de las represas hidroeléctricas en la Amazonía andina y sus implicaciones para la conectividad Andes-Amazonía. Save America's Forests, Washington DC, E.U.A. 37 p. Disponível em: <http://saveamericasforests.org/WesternAmazon/Proliferacion%20de%20las%20represas%20hidroelectricas%20en%20la%20Amazonia%20andina.pdf>
- Forster, P & 50 outros. 2007. Changes in atmospheric constituents and radiative forcing. p. 129-234. In: S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor & H.L. Miller, (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. 996 p.
- FSP (*Folha de São Paulo*). 2011a. Dilma cobra mais energia da Amazônia. *Folha de São Paulo*, 10 de fevereiro de 2011 [<http://www1.folha.uol.com.br/fsp/mercado/me1002201104.htm>]
- FSP (*Folha de São Paulo*). 2011b. Novo líder faz aceno à energia do Brasil. *Folha de São Paulo*, 29 de julho de 2011, p. A-12.
- FURNAS, CNO & Leme Engenharia. 2005a. Usinas Hidrelétricas Santo Antônio e Jirau. RIMA. FURNAS Centrais Elétricas S.A, Construtora Noberto Odebrecht, S.A. (CNO) & Leme Engenharia. Rio de Janeiro, Brasil. 82 p. Disponível em: <http://www.amazonia.org.br/arquivos/195010.zip>
- FURNAS, CNO & Leme Engenharia. 2005b. *ELA- 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, Brasil. 8 Vols. Disponível em: <http://www.amazonia.org.br/arquivos/195010.zip>
- Gagnon, L. 2002. The International Rivers Network statement on GHG emissions from reservoirs, a case of misleading science. International Hydropower Association (IHA), Sutton, Surrey, Reino Unido, 9 p.
- Galy-Lacaux, C., R. Delmas, C. Jambert, J.-F. Dumestre, L. Labroue, S. Richard & P. Gosse. 1997. Gaseous emissions and oxygen consumption in hydroelectric dams: A case study in French Guyana. *Global Biogeochemical Cycles* 11(4): 471-483.
- Galy-Lacaux, C., R. Delmas, J. Kouadio, S. Richard & P. Gosse. 1999. Long-term greenhouse gas emissions from hydroelectric reservoirs in tropical forest regions. *Global Biogeochemical Cycles* 13(2): 503-517.
- Garcia R. 2007. Estudo apoia tese de hidrelétrica "limpa": Análise em usinas no cerrado indica que termelétricas emitem até cem vezes mais gases causadores do efeito estufa. *Folha de São Paulo*, 01 de maio de 2007, p. A-16.
- 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
- Guérin, F., G. Abril, A. Tremblay & R. Delmas. 2008. Nitrous oxide emissions from tropical hydroelectric reservoirs. *Geophysical Research Letters* 35: L06404, doi: 10.1029/2007GL033057.
- Gunkel, G. 2009. Hydropower – A green energy? Tropical reservoirs and greenhouse gas emissions. *CLEAN – Soil, Air, Water* 37(9): 726-734.
- Hamilton, S.K., S.J. Sippel & J.M. Melack. 1995. Oxygen depletion, carbon dioxide and methane production in waters of Pantanal wetland of Brazil. *Biogeochemistry* 30: 115-141.
- Hayashi, S., C. Souza Jr., M. Sales & A. Veríssimo. 2011. Transparência Florestal da Amazônia Legal Dezembro de 2010 e Janeiro de 2011. Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (IMAZON), Belém, Pará, Brasil. 22 p. Disponível em: http://www.imazon.org.br/publicacoes/transparencia-florestal/transparencia-florestal-amazonia-legal/boletim-transparencia-florestal-da-amazonia-legal-dezembro-de-2010-e-janeiro-de-2011/at_download/file
- IIRSA (Iniciativa para la Integración de la Infraestructura Regional de Sudamérica). 2007. Initiative for the Integration of the Regional Infrastructure of South America. Disponível em: <http://www.iirsa.org>
- International Rivers. 2011a. Brazil eyes the Peruvian Amazon. International Rivers, Berkeley, California, E.U.A. 4 p. Disponível em: <http://www.internationalrivers.org/en/peru>
- International Rivers. 2011b. Mega-Dam in Peruvian Amazon Cancelled. <http://www.internationalrivers.org/resources/mega-dam-in-peruvian-amazon-cancelled-3712>
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 1997. *Revised 1996 Intergovernmental Panel on Climate Change Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. IPCC, Bracknell, Reino Unido, 3 vols.
- Keller, M., D.J. Jacob, S.C. Wofsy & R.C. Harriss. 1991. Effects of tropical deforestation on global and regional atmospheric chemistry. *Climatic Change* 19(1-2): 139-158.
- Kemenes, A., B.R. Forsberg & J.M. Melack. 2007. Methane release below a tropical hydroelectric dam. *Geophysical Research Letters* 34: L12809. doi: 10.1029/2007GL029479. 55.
- Kemenes, A., B.R. Forsberg & J.M. Melack. 2008. As hidrelétricas e o aquecimento global. *Ciência Hoje* 41(145): 20-25.
- Kemenes, A., B.R. Forsberg & J.M. Melack. 2011. CO₂ emissions from a tropical hydroelectric reservoir (Balbina, Brazil). *Journal of Geophysical Research* 116, G03004, doi: 10.1029/2010JG001465

- Killeen, T.J. 2007. *A Perfect Storm in the Amazon Wilderness: Development and Conservation in the Context of the Initiative for the Integration of the Regional Infrastructure of South America (IIRSA)*. Conservation International, Arlington, Virginia, E.U.A. 98 p. Disponível em: http://www.conservation.org/publications/pages/perfect_storm.aspx
- Kruijt, B., J.A. Elbers, C. von Randow, A. C. Araujo, P.J. Oliveira, A. Culf, A.O. Manzi, A.D. Nobre, P. Kabat & E.J. Moors. 2004. The robustness of eddy correlation fluxes for Amazon rain forest conditions. *Ecological Applications* 14: S101-S113.
- Laurance, W.F., A.K.M. Albernaz, G. Schroth, P.M. Fearnside, S. Bergen, E.M. Venticinque & C. da Costa. 2002. Predictors of Deforestation in the Brazilian Amazon. *Journal of Biogeography* 29: 737-748. doi: 10.1046/j.1365-2699.2002.00721.x
- Leino, T. & M. Lodenius. 1995. Human hair mercury levels in Tucuruí area, state of Pará, Brazil. *The Science of the Total Environment* 175: 119-125.
- Lima, I.B.T., R.L. Victoria, E.M.L.M. Novo, B.J. Feigl, M.V.R. Ballester & J.M. Ometto. 2002. Methane, carbon dioxide and nitrous oxide emissions from two Amazonian reservoirs during high water table. *Verhandlungen International Vereinigung für Limnologie*. 28(1): 438-442.
- Malhi, Y., D. Wood, T.R. Baker, J. Wright, O.L. Phillips, T. Cochrane, P. Meir, J. Chave, S. Almeida, L. Arroyo, N. Higuchi, T. Killeen, S.G. Laurance, W.F. Laurance, S.L. Lewis, A. Monteagudo, D.A. Neill, P.N. Vargas, N.C.A. Pitman, C.A. Quesada, R., Salomão, J.N.M. Silva, A.T. Lezama, J. Terborgh, R.V. Martínez & B. Vinceti. 2006. The regional variation of aboveground live biomass in old-growth Amazonian forests. *Global Change Biology* 12: 1107-1138.
- Massoca, P.M. 2010. *Ocupação humana e reflexos sobre a cobertura florestal em um assentamento rural na Amazônia Central*. Dissertação de mestrado em ciências de florestas tropicais, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Manaus, Amazonas, Brasil.
- Matthews, C.J.D., E.M. Joyce, V.L. St. Louis, S.L. Schiff, J.J. Vankiteswaran, B.D. Hall, R.A. Bodaly & K.G. Beaty. 2005. Carbon dioxide and methane production in small reservoirs flooding upland boreal forest. *Ecosystems* 8: 267-285.
- Melack, J.M., L.L. Hess, M. Gastil, B.R. Forsberg, S.K. Hamilton, I.B.T. Lima & E.M.L.M. Novo. 2004. Regionalization of methane emission in the Amazon Basin with microwave 645 remote sensing. *Global Change Biology* 10: 530-544.
- Monteiro, M.T.F. 2005. *Interações na Dinâmica do Carbono e Nutrientes da Lenteira entre a Floresta de Terra Firme e o Igarapé de Drenagem na Amazônia Central*. Dissertação de mestrado em ciências de florestas tropicais, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) & Fundação Universidade do Amazonas (FUA), Manaus, Amazonas, Brasil, 93 p.
- Odinetz-Collart, O. 1987. La pêche crevette de *Macrobrachium amazonicum* (Palaemonidae) dans le Bas-Tocantins, après la fermeture du barrage de Tucuruí (Brésil). *Revue d'Hydrobiologie Tropical* 20(2): 131-144.
- Ometto, J.P., A.D. Nobre, H. Rocha, P. Artaxo & L. Martinelli. 2005. Amazonia and the modern carbon cycle: Lessons learned. *Oecologia* 143(4): 483-500.
- Ometto, J.P., F.S. Pacheco, A.C.P. Cimblaris, J.L. Stech, J.A. Lorenzetti, A. Assireu, M.A. Santos, B. Matvienko, L.P. Rosa, C.S. Galli, D.S. Abe, J.G. Tundisi, N.O. Barros, R.F. Mendonça & F. Roland. 2011. Carbon dynamic and emissions in Brazilian hydropower reservoirs. p. 155-188 In: de Alcantara, E.H. (ed.). *Energy Resources: Development, Distribution, and Exploitation*. Nova Science Publishers. Hauppauge, New York, E.U.A. 241 p.
- PCE, FURNAS & CNO. 2002. *Inventário Hidrelétrico do Rio Madeira: Trecho Porto Velho – Abunã. Processo Nº 48500.000291/01-31. Relatório Final: MAD-INV-00-01-RT*. Projetos e Consultorias de Engenharia Ltda. (PCE), FURNAS Centrais Elétricas S.A. & Construtora Noberto Odebrecht S.A. (CNO), Rio de Janeiro, Brasil. Disponível em: http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/Dossie/Mad/BARRAGENS%20DO%20RIO%20MADEIRA.htm
- PCE, FURNAS & CNO. 2005. *Complexo Hidrelétrico do Rio Madeira: Estudos de Viabilidade do AHE Santo Antônio. Processo Nº 48500.000103/03-91. Relatório Final PJ-0532-V1-00-RL-0001*. Projetos e Consultorias de Engenharia Ltda. (PCE), FURNAS Centrais Elétricas S.A. & Construtora Noberto Odebrecht, S.A. (CNO), Rio de Janeiro, Brasil. 4 vols. + anexos. Disponível em: http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/Dossie/Mad/BARRAGENS%20DO%20RIO%20MADEIRA.htm
- Phillips, O.L., Y. Malhi, N. Higuchi, W.F. Laurance, P.V. Núñez, R.M. Vásquez, S.G. Laurance, L.V. Ferreira, M. Stern, S. Brown & J. Grace. 1998. Changes in the carbon balance of tropical forests: Evidence from long-term plots. *Science* 282: 439-442.
- Phillips, O.L., T.R. Baker, L. Arroyo, N. Higuchi, T.J. Killeen, W.F. Laurance, S.L. Lewis, J. Lloyd, Y. Malhi, A. Monteagudo, D.A. Neill, P.N. Vargas, J.N.M. Silva, J. Terborgh, R.V. Martínez, M. Alexiades, S. Almeida, S. Almeida, S. Brown, J. Chave, J.A. Comiskey, C.I. Czimczik, A., Di Fiore, T. Erwin, C. Kuebler, S.G. Laurance, H.E.M. Nascimento, J. Olivier, W. Palacios, S. Patiño, N.C.A. Pitman, C.A. Quesada, M. Saldias, A.T. Lezama & B. Vinceti. 2004. Pattern and process in Amazon tree turnover, 1976-2001. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B* 359: 381-407.
- Potter, C.S., E.A. Davidson & L.V. Verchot. 1996. Estimation of global biogeochemical controls and seasonality on soil methane consumption. *Chemosphere* 32: 2219-2246.
- Pueyo, S. & P.M. Fearnside. 2011. Emissões de gases de efeito estufa dos reservatórios de hidrelétricas: Implicações de uma lei de potência. *Oecologia Australis* 15(2): 114-127. doi: 10.4257/oeco.2011.1502.02
- Ramaswamy V. & 40 outros. 2001. Radiative forcing of climate change. p. 349-416 In: J.T. Houghton, Y. Ding, D.G. Griggs, M. Noguer, R.J. Van der Linden & D. Xiausu (eds.) *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, 881 p.
- Richey, J.E., J.M. Melack, K. Aufdenkampe, V.M. Ballester & L.L. Hess. 2002. Outgassing from Amazonian rivers and

- wetlands as a large tropical source at atmospheric CO₂. *Nature* 416: 617-620.
- Rosa L.P., M.A. dos Santos, B. Matvienko, E.O. dos Santos & E. Sikar. 2004. Greenhouse gases emissions by hydroelectric reservoirs in tropical regions. *Climatic Change* 66(1-2): 9-21.
- Rosa L.P., M.A. dos Santos, B. Matvienko, E. Sikar & E.O. dos Santos. 2006. Scientific errors in the Fearnside comments on greenhouse gas emissions (GHG) from hydroelectric dams and response to his political claiming. *Climatic Change* 75(1-2): 91-102.
- Rosa, L.P., B.M. Sikar, M.A. dos Santos & E.M. Sikar. 2002. *Emissões de dióxido de carbono e de metano pelos reservatórios hidrelétricos brasileiros. Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Relatórios de Referência.* Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia (COPPE), Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), Brasília, DF, Brasil. 119 p. Disponível em: http://www.mct.gov.br/clima/comunic_old/pdf/metano_p.pdf
- Roulet, M., M. Lucotte, I. Rheault, S. Tran, N. Farella, R. Canuel, D. Mergler & M. Amorim. 1996. Mercury in Amazonian soils: Accumulation and release. p. 453-457 In: S.H. Bottrell (ed.) *Proceedings of the Fourth International Symposium on the Geochemistry of the Earth's Surface*, Ilkely, Reino Unido.
- Saint Louis, V.C., C. Kelly, E. Duchemin, J.W.M. Rudd & D.M. Rosenberg. 2002. Reservoir surfaces as sources of greenhouse gases to the atmosphere: a global estimate. *Bioscience* 20: 766-775.
- Schimel, D. & 75 outros. 1996. Radiative forcing of climate change. p. 65-131 In: J.T. Houghton, L.G. Meira Filho, B.A. Callander, N. Harris, A. Kattenberg & K. Maskell (eds.) *Climate Change 1995: The Science of Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido. 572 p.
- Sevá, O. 1990. Works on the Great Bend of the Xingu--A Historic Trauma? p. 19-35 In: L.A. de O. Santos & L.M.M. de Andrade (eds.). *Hydroelectric Dams on Brazil's Xingu River and Indigenous Peoples*. Cultural Survival Report 30. Cultural Survival, Cambridge, Massachusetts, E.U.A. 192 p.
- Shindell, D.T., G. Faluvegi, D.M. Koch, G.A. Schmidt, N. Unger & S.E. Bauer. 2009. Improved attribution of climate forcing to emissions. *Science* 326: 716-718.
- Silva-Forsberg, M.C., B.R. Forsberg & V.K. Zeidemann. 1999. Mercury contamination in humans linked to river chemistry in the Amazon Basin. *Ambio* 28(6): 519-521.
- Soares-Filho, B.S., A. Alencar, D.C. Nepstad, G. Cerqueira, M. del C.V. Diaz, S. Rivero, L. Solórzano & E. Voll. (2004) Simulating the response of land-cover changes to road paving and governance along a major Amazon highway: The Santarém-Cuiabá corridor. *Global Change Biology* 10(5): 745-764.
- Tadei, W.P., B.M. Mascarenhas & M.G. Podestá. 1983. Biologia de anofelinos amazônicos. VIII. Conhecimentos sobre a distribuição de espécies de *Anopheles* na região de Tucuruí-Marabá (Pará). *Acta Amazonica* 13(1): 103-140.
- Tadei, W.P., V.M. Scarpassa & I.B. Rodrigues. 1991. Evolução das populações de *Anopheles* e de *Mansonia*, na área de influência da Usina Hidrelétrica de Tucuruí (Pará). *Ciência e Cultura* 43(7) suplemento: 639-640.
- Tremblay, A., L. Varfalvy, C. Roehm & M. Garneau. s/d [C. 2005]. The issue of greenhouse gases from Hydroelectric reservoirs: From boreal to tropical regions. (Manuscrito não publicado de Hydro-Québec) 11 p. Disponível em: http://www.un.org/esa/sustdev/sdissues/energy/op/hydro_tremblaypaper.pdf
- Vera-Dias, M. del C., J. Reid, B. Soares-Filho, R. Kaufmann & L. Fleck. 2007. *Efectos de los Proyectos de Energía y transporte en la Expansión del Cultivo de Soja en la Cuenca del río Madeira*. Conservation Strategy Fund, La Paz, Bolívia. 64 p. Disponível em: <http://conservation-strategy.org>
- Verchot, L.V., E. A. Davidson, J.H. Cattânio, I.L. Akerman, H.E. Erickson & M. Keller. 1999. Land use change and biogeochemical controls of nitrogen oxide emissions from soils in eastern Amazonia. *Global BioGeochemical Cycles* 13(1): 31-46.
- Wassmann, R. & C. Martius. 1997. Methane emissions from the Amazon floodplain. p. 137-143 In: W.J. Junk (ed.) *The Central Amazon Floodplain – Ecology of a Pulsing System*. Springer-Verlag, Heidelberg, Alemanha, 525 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. <http://www1.folha.uol.com.br/mercado/1048284-governo-acelera-usinas-nos-vizinhos-para-garantir-energia.shtml>
- Xingu Vivo, 2012. Tucuruí: Mesmo depois de 30 anos continuamos sem receber indenização. <http://www.xinguvivo.org.br/2011/04/29/tucuru-i-mesmo-depois-de-30-anos-continuamos-sem-receber-indenizacao/>
- Zonisig, DHV Consultores & ITC. 1997. *Zonificación Agroecológica y Socioeconómica y Perfil Ambiental del Departamento de Pando*, Zonisig, La Paz, Bolívia.