

<http://colunas.globoamazonia.com/philipfearnside/>



Globo.com

Globo Amazônia

[philipfearnside](#)

-  [rss do blog](#)

Belo Monte: justificativas goela abaixo

qua, 09/09/09

por Globo Amazônia /

categoria *Uncategorized*

Em 22 de julho de 2009, o Presidente Lula afirmou que “não vai empurrar goela abaixo” a hidrelétrica de Belo Monte (1). É fundamental o debate sobre esta obra: de como ela se insere em questões maiores sobre o desenvolvimento da Amazônia; o uso da energia do País para exportação de alumínio e outros produtos de alto impacto ambiental; e a maneira com que são tomadas as decisões. Com as audiências públicas sobre Belo Monte marcadas para 10-15 de setembro de 2009, essas questões são urgentes.

BELO MONTE COMO INDUTORA DA DESTRUIÇÃO DO XINGU

Nunca se deve perder de vista a questão das barragens planejadas a montante de Belo Monte. O plano original para o rio Xingu compunha um total de seis barragens, a maior sendo a hidrelétrica de Babaquara com 6140 km², extensão duas vezes maior que Balbina ou Tucuruí (2). As cinco barragens acima de Belo Monte, sendo em grande parte em terras indígenas, foram vistas como politicamente inviáveis a partir de outubro de 1988, quando a nova Constituição exigiu a aprovação do Congresso Nacional para qualquer hidrelétrica em área indígena (Artigo 231, Parágrafo 3). E, sobretudo a partir de fevereiro de 1989, quando a manifestação de Altamira deixou claro o grau de resistência local a esses planos. Após a manifestação de Altamira, menções às barragens a montante de Belo Monte sumiram do discurso público da Eletronorte, retornando em 1998, quando a hidrelétrica de Babaquara reapareceu repentinamente, com um novo nome (barragem de Altamira), listada no Plano Decenal de Eletrobrás para o período 1999-2008, com sua conclusão prevista, na época, para 2013, ou sete anos após a conclusão prevista, na época, para Belo Monte (3).

Um estudo de viabilidade e um Estudo de Impacto Ambiental – Relatório de Impacto Ambiental (EIA-RIMA) foram preparados para Belo Monte em 2002 (4). No entanto, decisões judiciais impediram que essa versão do EIA-RIMA fosse oficialmente entregue para aprovação pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis-IBAMA. As versões de 2002, diferente dos planos dos anos 1980, excluíram do texto cálculos que incluíssem as barragens a montante. No entanto, o texto incluiu a menção explícita de que qualquer barragem a montante a Belo Monte aumentaria bastante a produção de energia da usina (5). Os autores dos 36 volumes do atual EIA-RIMA (6) não mencionaram este detalhe, que diz respeito ao assunto mais básico da discussão sobre Belo Monte: se esta seria, de fato, a única barragem no rio Xingu. Os planos em 2002 foram para uma capacidade instalada de 11.181,3 MW, mas no próximo ano foram consideradas configurações da barragem com 5.500, 5.900 e 7.500 MW, para serem mais razoáveis com a vazão natural do rio Xingu, sem a regulação da vazão por meio de Babaquara/Altamira (7). No entanto, a barragem de Babaquara/Altamira continuou a ser incluída em apresentações dos planos do setor elétrico (8), e verbas foram incluídas no orçamento federal de 2005 para um estudo de viabilidade melhorado da barragem de Altamira/Babaquara.

Em 2005, o Congresso Nacional subitamente aprovou a construção de Belo Monte, sem debate e muito menos com consultas aos povos indígenas, como mencionado na Constituição. A facilidade com que a proteção da Constituição foi rompida no caso de Belo Monte levantou a possibilidade de contar com a regulação do rio Xingu com Babaquara/Altamira. Embora nenhuma conexão com

Babaquara/Altamira seja admitida pelo setor, a evolução dos planos para Belo Monte seguiu exatamente como este autor previu (9): os desenhos revisados com potências mais modestas para Belo Monte foram abandonados, com o plano atual até ultrapassando um pouco a potência prevista no plano de 2002, ficando em 11.233,1 MW.

O Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) divulgou em 17 de julho de 2008 uma resolução dizendo que não seriam construídas mais hidrelétricas no rio Xingu, além de Belo Monte (10). Trata-se de uma notícia muito bem-vinda, mas que pode ser revertida quando chegar o momento no cronograma para construir Babaquara/Altamira. Se for seguir o cronograma previsto no Plano Decenal 1999-2008, este momento chegaria sete anos após a construção de Belo Monte. Assim, há necessidade de uma ferramenta jurídica para que compromissos deste tipo (de não fazer determinadas obras) sejam feitos de forma realmente irrevogável.

A história recente do setor hidrelétrico na Amazônia não é promissora. Há dois casos documentados em que as autoridades desse setor dizem não dar continuidade a determinada obra devido ao impacto ambiental, mas na realidade, quando chegou a hora no cronograma, fizeram exatamente o que haviam prometidos não fazer. De fato, o que aconteceu seguiu os planos originais, sem nenhuma modificação resultante das promessas feitas por preocupações ambientais. Um caso foi o enchimento de Balbina, que era para permanecer durante vários anos na cota de 46 metros acima do nível do mar, mas foi diretamente enchido, além da cota originalmente prevista de 50 metros (11). O outro caso foi Tucuruí-II, onde a construção foi iniciada em 1998, sem um EIA-RIMA, baseado no argumento (duvidoso) de que sua construção não ocasionaria impacto ambiental, por não aumentar o nível da água acima da cota de 70 metros de Tucuruí-I, mas, na realidade, a partir de 2002 o reservatório simplesmente foi operado na cota de 74 metros conforme o plano original (12). Estes casos (Balbina e Tucuruí-II) são paralelos a atual situação de Belo Monte e a promessa de não construir Babaquara/Altamira.

[Saiba mais sobre o autor](#)

Referências bibliográficas:

- (1) Peduzzi, 2009
- (2) Brasil, ELETROBRÁS, 1987.
- (3) Brasil, ELETROBRÁS, 1998, p. 145

- (4) Brasil, ELETRONORTE, 2002, s/d [2002]
- (5) Brasil, ELETRONORTE, s/d [2002], p. 6-82
- (6) Brasil, ELETROBRÁS, 2009
- (7) Pinto, 2003
- (8) e.g., Brasil, MME-CCPESE, 2002; Santos, 2004
- (9) Fearnside, 2006a
- (10) OESP, 2008
- (11) Fearnside, 1989
- (12) ver Fearnside, 2001, 2006a

. Sobre o autor

O ecólogo Philip Fearnside é pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia e faz trabalhos na maior floresta tropical do mundo há mais de três décadas.

LITERATURA CITADA

Brasil, ELETROBRÁS. 1987. *Plano 2010: Relatório Geral, Plano Nacional de Energia Elétrica 1987/2010 (Dezembro de 1987)*. Centrais Elétricas Brasileiras (ELETROBRÁS), Rio de Janeiro-RJ. 269 pp.

Brasil, ELETROBRÁS. 1998. *Plano Decenal 1999-2008*. Centrais Elétricas Brasileiras (ELETROBRÁS). Rio de Janeiro-RJ.

Brasil, ELETROBRÁS. 2009. *Aproveitamento Hidrelétrico Belo Monte: Estudo de Impacto Ambiental*. Fevereiro de 2009. Centrais Elétricas Brasileiras (ELETROBRÁS). Rio de Janeiro-RJ. 36 vols.

Brasil, ELETRONORTE. 2002. *Complexo Hidrelétrico Belo Monte: Estudos de Viabilidade, Relatório Final*. Centrais Elétricas do Norte do Brasil (ELETRONORTE), Brasília-DF. 8 vols.

Brasil, ELETRONORTE. s/d [2002]. *Complexo Hidrelétrico Belo Monte: Estudo de Impacto Ambiental- E I A. Versão preliminar*. Centrais Elétricas do Norte do Brasil (ELETRONORTE), Brasília-DF. 6 vols.

Brasil, MME-CCPESE. 2002. *Plano Decenal de Expansão 2003-2012: Sumário Executivo*. Ministério das Minas e Energia, Comitê Coordenador do Planejamento da Expansão dos Sistemas Elétricas (MME-CCPESE), Brasília-DF. 75 pp.

Fearnside, P.M. 1989. Brazil's Balbina Dam: Environment versus the legacy of the pharaohs in Amazonia. *Environmental Management* 13(4): 401-423.

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.

OESP. 2008. **Governo desiste de mais hidrelétricas no Xingu**. *O Estado de São Paulo (OESP)*, 17 de julho de 2008, p. B-8.

Peduzzi, P. 2009. Lula não empurrará projeto de construção de usina "goela abaixo" de comunidades, diz Cimi. Agência Brasil. 22 de julho de 2009

Pinto, L.F. 2003. Corrigida, começa a terceira versão da usina de Belo Monte. *Jornal Povo* [Belém] 28 de novembro de 2003. Disponível em: http://www.amazonia.org.br/opiniaio/artigo_detail.cfm?id=90328.

Santos, W.F. 2004. Os empreendimentos hidrelétricos na Amazônia. II Feira Internacional da Amazônia, II Jornada de Seminários Internacionais sobre Desenvolvimento Amazônico, Manaus, Amazonas, 17 de setembro de 2004 (apresentação powerpoint).

<http://colunas.globoamazonia.com/philipfearnside/>



Globo.com

Globo Amazônia

[philipfearnside](#)

-  [rss do blog](#)

A estratégia de avestruz na questão da energia limpa

qua, 16/09/09

por Globo Amazônia /

categoria [Uncategorized](#)

Hidrelétricas emitem metano, um gás de efeito estufa com 25 vezes mais impacto sobre o aquecimento global por tonelada de gás do que o gás carbônico, de acordo com as atuais conversões do Painel Intergovernamental de Mudanças do Clima (IPCC). O EIA-RIMA (estudo e relatório de impacto ambiental) da Usina de Belo Monte afirma que “uma das conclusões principais dos estudos realizados até o momento indica que, em geral, as UHEs [Usinas Hidrelétricas] apresentam menores taxas de emissão de GEE [Gases de Efeito Estufa] do que as Usinas Termelétricas (UTES) com a mesma potência” (1). Infelizmente, pelo menos para a época dos inventários nacionais sob a Convenção de Clima (1990), todas as “grandes” hidrelétricas na Amazônia brasileira (Tucuruí,

Samuel, Curuá-Una e Balbina) tinham emissões bem maiores do que a geração da mesma energia com termelétricas (2). O EIA-RIMA afirma que “o trabalho realizado no Rio Xingu, na área do futuro reservatório do AHE [Aproveitamento Hidrelétrica] Belo Monte, aponta para a estimativa de emissão de metano de 48 kg/km²/dia, da mesma ordem de grandeza que os reservatórios de Xingó e Miranda” (3). Xingó e Miranda são duas hidrelétricas não amazônicas que os autores calculam ter um impacto bem menor do que uma termoelétrica do tipo mais eficiente (4).

Os autores calculam essas baixas emissões de metano das hidrelétricas por ignorar duas das principais rotas para emissão desse gás: a água que passa pelas turbinas e pelos vertedouros. Essa água é tirada de uma profundidade suficiente para ser isolada da camada superficial do reservatório, e tem uma alta concentração de metano dissolvido. Quando a pressão é subitamente reduzida ao sair das turbinas ou dos vertedouros, muito desse metano é liberado para a atmosfera, como tem sido medido em hidrelétricas como Balbina, no Amazonas (5) e Petit Saut, na Guayana Francesa (6). O EIA-RIMA considera apenas o metano emitido na superfície do próprio lago, e nem menciona as emissões das turbinas e vertedouros.

A revisão da literatura incluída nos EIA-RIMA sobre emissões de gases por hidrelétricas está restrita aos estudos dos grupos ELETROBRAS e FURNAS, como se o resto do mundo não existisse (7). A revisão é tão seletiva que não há a menor chance de ser explicado por omissões aleatórias. Apenas são mencionados trabalhos que não desmentem a crença dos autores do EIA-RIMA, de que as emissões de hidrelétricas são muito pequenas. Não é mencionado o corpo volumoso de pesquisa na hidrelétrica de Petit Saut, na Guayana Francesa, onde há uma série de monitoramento de metano bem mais completa do que em qualquer barragem brasileira (8). Também não são mencionados os trabalhos do grupo que estuda o assunto no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE (9), nem os estudos do grupo na Universidade de Quebec, no Canadá, que também estudou barragens amazônicas (10), nem os estudos do laboratório de Bruce Forsberg, no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia-INPA (11), e, tampouco, as minhas próprias contribuições a essa área, também no INPA (12). Os resultados de todos esses grupos contradizem, de forma esmagadora, o teor do EIA-RIMA em sugerir que hidrelétricas têm pequenas emissões de metano.

Desacreditada

A conclusão do grupo que assina a parte do EIA-RIMA sobre emissões supostamente modestas de metano pelas hidrelétricas tem sido desacreditada por observadores independentes no meio

acadêmico, devido às óbvias omissões da emissão pelas turbinas e vertedouros (13). As Organizações Não Governamentais (ONGs) vão mais longe, com acusações explícitas de conflito de interesse (14).

A essa altura, o grupo que assina a parte do EIA-RIMA sobre emissões não tem a menor desculpa para omitir as emissões das turbinas e vertedouros, sendo que o primeiro autor dessa parte do EIA-RIMA tem sido presente em múltiplas reuniões onde resultados que contradizem as suas conclusões foram apresentados, incluindo o evento da UNESCO em dezembro de 2007, ocorrido em Foz de Iguaçu, que é mencionando no EIA (15). Ele até tem o seu nome incluído na lista de autores de um trabalho sobre as emissões em Petit Saut no qual os dados desmentem frontalmente as conclusões dos grupos da ELETROBRÁS e FURNAS (16).

Fingir que emissões apenas ocorrem pela superfície do lago, sem considerar a água passando pelas turbinas e vertedouros, é uma distorção ainda mais grave no caso de Belo Monte do que para outras barragens, uma vez que a área do reservatório de Belo Monte é relativamente pequena, porém, com grande volume de água passando pelas turbinas. No caso de Belo Monte junto com Babaquara/Altamira, as emissões das turbinas são enormes, especialmente nos primeiros anos, e esse conjunto de barragens levaria 41 anos para começar a ter um saldo positivo em termos do efeito estufa (17). Concentrar as análises de emissões das hidrelétricas apenas na superfície dos reservatórios, como foi feito no EIA-RIMA, é igual a não observar um elefante no meio de uma pequena sala, por fixar os olhos em um dos cantos da sala.

Referências ([clique aqui para lista completa](#))

(1) Brasil, ELETROBRÁS, 2009, Vol. 5, p. 47

(2) Fearnside, 1995, 2002, 2005a,b

(3) Brasil, ELETROBRÁS, 2009, Vol. 5, p. 47

(4) Brasil, ELETROBRÁS, 2009, Vol. 5, p. 47

(5) Kemenes et al., 2007

(6) Abril et al., 2005; Richard et al., 2004

(7) ver Brasil, ELETROBRÁS, 2009, Vols. 5 & 8

- (8) ver Brasil, ELETROBRÁS, 2009, Vols. 5 & 8
- (9) de Lima, 2002; de Lima et al., 2002, 2005, 2008; Bambace et al., 2007; Ramos et al., 2009
- (10) Duchemin et al., 2000
- (11) Kemenes et al., 2006, 2007, 2008; Kemenes & Forsberg, 2008
- (12) Fearnside, 1995, 1996, 1997, 2002, 2004a,b, 2005a,b,c, 2006b,c, 2007, 2008a,b
- (13) Cullenward & Victor, 2006
- (14) McCully, 2006
- (15) Brasil, ELETROBRÁS, 2009, Vol. 5, p. 50
- (16) Abril et al., 2005
- (17) Fearnside, 2005c

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.

Bambace, L.A.W., Ramos, F.M., Lima, I.B.T. & Rosa, R.R. 2007. Mitigation and recovery of methane emissions from tropical hydroelectric dams. *Energy* 32: 1038-1046.

Brasil, ELETROBRÁS. 2009. *Aproveitamento Hidrelétrico Belo Monte: Estudo de Impacto Ambiental*. Fevereiro de 2009. Centrais Elétricas Brasileiras (ELETROBRÁS). Rio de Janeiro-RJ. 36 vols.

Cullenward, D. & D.G. Victor. 2006. [The dam debate and its discontents](#). *Climatic Change* 75(1-2): 81-86.

de Lima, I.B.T. 2002. *Emissão de metano em reservatórios hidrelétricos amazônicos através de leis de potência*. Tese de Ph.D. em energia nuclear, Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo. 108 pp.

de Lima, I.B.T. 2005. Biogeochemical distinction of methane releases from two Amazon hydroreservoirs. *Chemosphere* 59: 1697-1702.

de Lima, I.B.T., Ramos, F.M., Bambace, L.A.W. & Rosa, R.R. 2008. Methane emissions from large dams as renewable energy resources: A developing nation perspective. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 13: 193-206.

de Lima, I.B.T., Victoria, R.L., Novo, E.M.L.M., Feigl, B.J., Ballester, M.V.R. & Omero, J.M. 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.

Duchemin, E., Lucotte, M., Queiroz, A.G., Canuel, R., da Silva, H.C.P., Almeida, D.C., Dezincourt, J. & Ribeiro, L.E. 2000. Greenhouse gas emissions from an old tropical reservoir in Amazonia: Curuá-Una reservoir. *Verhandlungen International Vereinigung für Limnologie* 27: 1391-1395.

Fearnside, P.M. 1995. Hydroelectric dams in the Brazilian Amazon as sources of 'greenhouse' gases. *Environmental Conservation* 22(1): 7-19.

Fearnside, P.M. 1996. Hydroelectric dams in Brazilian Amazonia: Response to Rosa, Schaeffer & dos Santos. *Environmental Conservation* 23(2): 105-108.

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.

Fearnside, P.M. 2002. Greenhouse gas emissions from a hydroelectric reservoir (Brazil's Tucuruí Dam) and the energy policy implications. *Water, Air and Soil Pollution* 133(1-4): 69-96

Fearnside, P.M. 2004a. Gases de efeito estufa em hidrelétricas da Amazônia. *Ciência Hoje* 36(211): 41-44.

Fearnside, P.M. 2004b. Greenhouse gas emissions from hydroelectric dams: controversies provide a springboard for rethinking a supposedly "clean" energy source. *Climatic Change* 66(2-1): 1-8.

Fearnside, P.M. 2005a. Brazil's Samuel Dam: Lessons for hydroelectric development policy and the environment in Amazonia. *Environmental Management* 35(1): 1-19.

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.

Fearnside, P.M. 2005c. Hidrelétricas planejadas no rio Xingu como fontes de gases do efeito estufa: Belo Monte (Kararaô) e Altamira (Babaquara). pp. 204-241 In: Sevá Filho, A.O. (ed.) *Tenotã-mõ: Alertas sobre as Conseqüências dos Projetos Hidrelétricos no rio Xingu, Pará, Brasil*. International Rivers Network, São Paulo. 344 pp.

Fearnside, P.M. 2006b. A polêmica das hidrelétricas do rio Xingu. *Ciência Hoje* 38(225): 60-63.

Fearnside, P.M. 2006c. Greenhouse gas emissions from hydroelectric dams: Reply to Rosa et al. *Climatic Change* 75(1-2): 103-109.

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. 2008a. 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.

Fearnside, P.M. 2008b. Controvérsias sobre o efeito estufa. Por que a energia hidrelétrica não é limpa. pp. 270-271 In: I.S. Gorayeb (ed.). *Amazônia*. Jornal "O Liberal"/VALE, Belém, Pará. 392 pp. [também publicado no jornal *O Liberal* 30 Jan. 2008].

Kemenes, A. & Forsberg, B.R. 2008. Potencial ampliado: Gerado nos reservatórios, gás de efeito estufa pode ser aproveitado para produção de energia em termoelétricas. *Scientific American Brasil Especial Amazônia* (2): 18-23.

Kemenes, A., B.R. Forsberg & J.M. Melack. 2006. Gas release below Balbina Dam. Proceedings of 8 ICSHMO, Foz do Iguaçu, Brazil, April 24-28, 2006. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, São Paulo. pp. 663-667.

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., Forsberg, B.R. & Melack, J.M. 2008. As hidrelétricas e o aquecimento global. *Ciência Hoje* 41(145): 20-25.

McCully, P. 2006. *Fizzy Science: Loosening the Hydro Industry's Grip on Greenhouse Gas Emissions Research*. International Rivers Network, Berkeley, California, USA. 24 pp. (disponível em: <http://www.irm.org/pdf/greenhouse/FizzyScience2006.pdf>)

Ramos, F.M., L.A.W. Bambace, I.B.T. Lima, R.R. Rosa, E.A. Mazzi & P.M. Fearnside. 2009. Methane stocks in tropical hydropower reservoirs as a potential energy source: An editorial essay. *Climatic Change* 93(1): 1-13.

Richard, S., Gosse, P., Grégoire, A., Delmas, R. & Galy-Lacaux, C. 2004. Impact of methane oxidation in tropical reservoirs on greenhouse gases fluxes and water quality. In: Tremblay, A., Varfalvy, L., Roehm, C. & Garneau, M. (eds.) *Greenhouse Gas Emissions: Fluxes and Processes. Hydroelectric Reservoirs and Natural Environments*. Springer-Verlag, New York, USA. pp. 529–560.

<http://colunas.globoamazonia.com/philipfearnside/>



Globo.com

Globo Amazônia

[philipfearnside](#)

-  [rss do blog](#)

O custo de Belo Monte

qui, 01/10/09

por Globo Amazônia /

categoria Uncategorized

O custo de Belo Monte é um fator essencial no realismo, ou na falta de realismo, do cenário oficial de ter apenas uma barragem (Belo Monte) no Rio Xingu. Estimativas atuais do custo para a implementação de Belo Monte variam de R\$7 bilhões (estimativa do governo), a R\$20-30 bilhões (estimativa da CPFL Energia) e R\$30 bilhões (estimativa de Alstom) (1).

Vale a pena mencionar que há uma longa tradição em obras hidrelétricas, assim como em outros tipos de grandes obras, de terem custos reais muito além das previsões iniciais. No caso de Belo Monte, grande parte da discussão omite muitos dos custos evidentemente necessários: linhas de transmissão, subestações, etc.

Um estudo do Fundo de Estratégia de Conservação mostra a inviabilidade de Belo Monte sozinha, com apenas 2,8% de chance de compensar o investimento se forem consideradas as estimativas dos

vários riscos, e um máximo de apenas 35,5% de chance de ser financeiramente viável se for usada no cálculo uma série de presunções otimistas (2).

O estudo conclui que o projeto anda em direção a uma “crise planejada”, onde, uma vez construída Belo Monte, a necessidade de também construir a Babaquara/Altamira vai ser subitamente descoberta, e essa obra muito mais danosa vai, então, se concretizar. O mesmo cenário tem sido previsto por este autor há décadas. (3)

Referências ([clique aqui para lista completa](#))

- (1) Canazio, 2009
- (2) Sousa Júnior et al., 2006, pp. 72-74
- (3) Fearnside, 1989, 1999, 2001, 2006^a

LITERATURA CITADA

Canazio, A. 2009. CPFL Energia projeta que Belo Monte possa custar até R\$ 25 bilhões. Canalenergia. 20/08/2009
<http://www.canalenergia.com.br/zpublisher/materias/Noticiario.asp?id=73316>

Fearnside, P.M. 1989. Brazil's Balbina Dam: Environment versus the legacy of the pharaohs in Amazonia. *Environmental Management* 13(4): 401-423.

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.

Fearnside, P.M. 2001. Environmental impacts of Brazil's Tucuruí Dam: Unlearned lessons for hydroelectric development in Amazonia. *Environmental Management* 27(3): 377-396.

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.

Sousa Júnior, W.C. de, J. Reid & N.C.S. Leitão. 2006. *Custos e Benefícios do Complexo Hidrelétrico Belo Monte: Uma Abordagem Econômico-Ambiental*. Conservation Strategy Fund (CSF), Lagoa Santa, Minas Gerais. 90 pp. (disponível em: <http://www.conservation-strategy.org>)

<http://colunas.globoamazonia.com/philipfearnside/>



Globo.com

[Globo Amazônia](#)

[philipfearnside](#)

-  [rss do blog](#)

O uso da energia de uma hidrelétrica

qua, 14/10/09

por Globo Amazônia /

categoria [Uncategorized](#)

A questão de qual uso vai ser feito da energia produzida deve ser a primeira pergunta a ser respondida, antes de se propor uma hidrelétrica. Neste caso, este aspecto não foi discutido e vem sendo apresentado de forma enganosa, implicando que a usina irá fornecer energia para os lares da população brasileira. De fato, o plano tem evoluído ao longo do planejamento da obra. Inicialmente, uma boa parte da energia gerada seria transmitida para São Paulo, incluída à rede de distribuição nacional. Os planos passaram a destinar a maior parte da energia para usinas de alumina e alumínio no próprio Pará, na medida em que ficou óbvio que o custo de linhas de transmissão até São Paulo seria excessivo, sendo que a produção em plena capacidade de Belo Monte (sem Babaquara) é de apenas 2-3 meses ao ano. O resto do tempo a linha de transmissão teria que ficar com energia reduzida, e durante vários meses ficaria sem energia alguma.

A solução encontrada é de ter uma linha de transmissão para a região Sudeste, com capacidade menor (e cujos detalhes e custos são ainda indefinidos). A mudança não só diminui o benefício social da energia, mas também aumenta o impacto ambiental. O plano original de transmitir o grosso da energia para o Sudeste casaria com o ritmo anual de geração de energia nas hidrelétricas daquela região, que é o inverso do ritmo do rio Xingu. Quando as usinas do Sul-Sudeste produzem pouco, a diferença seria preenchida pela energia recebida de Belo Monte, assim evitando os custos e as emissões de gases de efeito estufa com geração com combustíveis fósseis. Porém, com a opção de usar a geração altamente sazonal de Belo Monte para abastecer usinas de alumina e alumínio, a Belo Monte acaba justificando a construção de grandes usinas termoeletricas em Juriti e Barcarena, para suprir energia às indústrias do setor de alumínio durante o resto do ano. Assim as emissões de gases de efeito estufa aumentam ainda mais, além de consumir ainda mais dinheiro brasileiro.

O grande beneficiário seria a China. Em negociações decorrentes de uma visita presidencial a China em 2004, foi acordada a implementação de uma usina sino-brasileira para alumina em Barcarena (PA), que se espera ser a maior do mundo quando finalizada (1). A usina sino-brasileira (ABC Refinaria) espera produzir 10 milhões de toneladas de alumina anualmente, um marco originalmente previsto para ser atingido em 2010. Isto seria maior que a produção anual de sete milhões de toneladas da empresa nipo-brasileira Alunorte no mesmo local — um aumento enorme quando comparado à produção atual de Alunorte de 2,4 milhões de toneladas anuais (2). Além disso, a empresa Alcoa, dos Estados Unidos, planeja usar energia transmitida de Belo Monte para produzir 800 mil toneladas de alumina anualmente em uma usina nova em Juriti (na margem do Rio Amazonas em frente à foz do rio Trombetas). A produção anual de alumínio da usina nipo-brasileira (Albrás) aumentaria de 432 para 700 mil toneladas (3). Também são previstas expansão das usinas da Alcoa/Billiton (Alumar) no Maranhão e da usina CAN (Companhia Nacional de Alumínio) em Sorocaba, São Paulo.

O setor de alumínio no Brasil emprega apenas 2,7 pessoas por cada GWh de energia elétrica consumida, um saldo infeliz que apenas perde para as usinas de ferro-liga (1,1 emprego/GWh), que também consomem grandes quantidades de energia para um commodity de exportação (4). Diferentemente de produzir metais para o consumo dos próprios brasileiros, produzir para exportação é essencialmente sem limites em termos das quantidades que o mundo possa querer comprar. Portanto, não há limites sobre o número de hidrelétricas “necessárias” para essa exportação, a não ser que o País tome uma decisão soberana sobre quanto quer exportar desses

produtos, se é que quer exportar uma quantidade qualquer. Até hoje, o assunto não foi discutido pela sociedade brasileira. Essencialmente, o resto do mundo está exportando os impactos ambientais e sociais do seu consumo para o Brasil, país que não só aceita, mas até subsidia e facilita a destruição que isto implica.

A atual história da indústria de alumínio deve deixar revoltado qualquer brasileiro que tenha um mínimo de senso patriótico (5). O suprimento de energia para essa indústria de exportação, que é a principal razão de ser de Belo Monte, causa os mais variados impactos ambientais e sociais através da construção de hidrelétricas, além de requerer pesados subsídios de várias formas, especialmente a construção das barragens com o dinheiro dos contribuintes brasileiros, deixando as conhecidas faltas de recursos financeiros para saúde, educação e outros serviços governamentais.

O aumento da capacidade geradora com a construção de hidrelétricas é sempre apresentado como uma “necessidade”, fornecedora de energia para lâmpadas, televisores, geladeiras e outros usos nos lares do povo do País (6). Mal se menciona que grande parte da energia vai para alumínio e outros produtos eletrointensivos para exportação, e que a energia já exportada anualmente em forma de lingotes de alumínio excede em muito a produção de qualquer uma das obras atualmente em discussão. O cenário de referência, ou “linha de base”, para a hipótese de não ter a hidrelétrica é sempre apresentado como sendo a geração da mesma energia com petróleo, nuclear, ou outra fonte indesejável. Mas no caso de Belo Monte, a alternativa real seria simplesmente não gerar a energia e ficar com menos exportação de alumínio (e de empregos) para o resto do mundo. Enquanto isso, poderiam ser realizadas aquelas discussões ainda inexistentes ou escassas sobre o desenvolvimento econômico da Amazônia, o uso da energia do País, e a maneira com que são tomadas as decisões.

(1) Pinto, 2004

(2) Pinto, 2005

(3) Pinto, 2005

(4) Bermann & Martins, 2000, p. 90

(5) por exemplo., Bermann, 2003; Ciccantell, 2005; Monteiro & Monteiro, 2007; Pinto, 1997

(6) por exemplo., Brasil, MME, 2009

LITERATURA CITADA

Bermann, C. 2003. *Energia no Brasil: Para Quê? Para Quem? Crise e Alternativas para um País Sustentável. 2ª Ed.* Editora Livraria da Física, São Paulo-SP & Federação dos Órgãos para Assistência Social e Educacional (FASE), Rio de Janeiro-RJ. 139 pp.

Bermann, C. & O.S. Martins. 2000. *Sustentabilidade energética no Brasil: Limites e Possibilidades para uma Estratégia Energética Sustentável e Democrática.* (Série Cadernos Temáticos No. 1) Projeto Brasil Sustentável e Democrático, Federação dos Órgãos para Assistência Social e Educacional (FASE), Rio de Janeiro-RJ. 151 pp.

Brasil, MME. 2009. *Plano Decenal de Expansão de Energia 2008/2017.* Ministério das Minas e Energia (MME), Brasília-DF.

Ciccantell, P. 2005. Globalização e desenvolvimento baseado em matérias-primas: o caso da indústria do alumínio. *Novos Cadernos NAEA* 8(2): 41-72

Monteiro, M.A. & E.F. Monteiro. 2007. Amazônia: os (dês) caminhos da cadeia produtiva do alumínio. *Novos Cadernos NAEA* 10(2): 87-102.

Pinto, L.F. 1997. *Amazônia: O Século Perdido (A Batalha do Alumínio e Outras Derrotas da Globalização).* Edição Jornal Pessoal, Belém, Pará. 160 pp.

Pinto, L.F. 2004. CVRD: agora também na Amazônia ocidental. *Jornal Pessoal* [Belém] 15 de novembro de 2004, p. 3.

Pinto, L.F. 2005. Grandezas e misérias da energia e da mineração no Pará. In A.O. Sevá Filho (ed.) *Tenotã-mõ: Alertas sobre as conseqüências dos projetos hidrelétricos no rio Xingu, Pará, Brasil,* International Rivers Network, São Paulo-SP. pp. 95-113.

<http://colunas.globoamazonia.com/philipfearnside/>



A Triste História da Hidrelétrica de Belo Monte I: O Descompasso entre o Discurso Teórico e a Prática do Setor de Energia

qua, 04/11/09

por Globo Amazônia /

categoria Uncategorized

O padrão de descompasso entre o discurso e os acontecimentos reais ao longo dos anos tem a aparência de não ser explicável como um problema de funcionários individuais ocasionalmente fazer afirmações falsas, propositalmente ou não, mas sim de uma política institucional. Ou seja, apóia a tese da “mentira institucionalizada” que ONGs acusam com relação às afirmações que faz atualmente o setor elétrico no sentido de não haver intenção de construir mais barragens no rio Xingu acima de Belo Monte (1).

Uma indicação é os incidentes no fechamento e abertura das duas maiores hidrelétricas na Amazônia: Tucuruí e Balbina. No caso de Tucuruí, o anúncio público era que a abertura das turbinas seria em outubro de 1984, mas, na verdade, a Eletronorte abriu as turbinas em 06 de setembro, sem nenhum aviso prévio, nem para pesquisadores nem para a imprensa. A data escolhida foi

conjugada com o feriado nacional de Sete de Setembro, seguida por um fim de semana. Com muito esforço, os pesquisadores do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) que estavam estudando os impactos da barragem sobre os peixes conseguiram chegar até o local no dia 10 de setembro. A mortandade e o mau-cheiro ainda estavam evidentes.

Três anos depois, no caso do fechamento de Balbina, a Eletronorte havia anunciado que o fechamento das adufas, represando o rio Uatumã, seria no final de outubro de 1987. Desta vez, lembrando a experiência de Tucuruí, os pesquisadores do INPA haviam conversado com os trabalhadores na obra e sabiam que o plano real era para fechar o rio no início daquele mês. Estavam no local em 02 de outubro quando o fechamento ocorreu sem nenhum aviso prévio. Em 1989, Balbina foi inaugurada em uma cerimônia quase secreta. Sem muito alarde e com pouco aviso, foi realizada após o Carnaval, na Quarta-Feira de Cinzas. Os jornalistas estrangeiros que conseguiram chegar até o local foram barrados na guarita, impedindo que registrassem o acontecimento.

Depois de fechar as adufas em Balbina, o enchimento do seu reservatório oferece uma história com relevância mais do que óbvia. Em setembro de 1987, menos de um mês antes do começo do enchimento do reservatório, a Eletronorte emitiu um “esclarecimento público” declarando que o reservatório seria enchido somente até a cota de 46 m com relação ao nível médio do mar (abaixo do nível originalmente planejado de 50 m). Uma série de estudos ambientais seria realizada durante vários anos para monitorar a qualidade da água antes de tomar uma decisão separada sobre o enchimento do reservatório até a cota de 50 m (2). Porém, quando o nível d’água alcançou a cota de 46 m, o processo de enchimento não parou durante um único segundo para que fossem realizados os estudos ambientais planejados, e o enchimento continuou sem interrupção até a cota de 50 m e até mesmo além deste nível (3). Na realidade, o plano em vigor durante todo o processo de encher a represa indicava enchimento direto até o nível de 50 m (4). Hoje a represa é operada, sem nenhuma justificativa, com o nível máximo operacional de 51 m.

Um segundo exemplo é a expansão em 4.000 MW da capacidade instalada em Tucuruí (i.e., Tucuruí-II). Um estudo de impacto ambiental estava sendo elaborado para o projeto de Tucuruí-II, já que a lei exige um EIA para qualquer hidrelétrica com 10 MW ou mais de capacidade instalada. Porém, o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) foi truncado quando a Eletronorte começou a construir o projeto sem um estudo ambiental em 1998 (5). O raciocínio era que a obra não teria nenhum impacto ambiental porque o nível máximo operacional normal da água no reservatório permaneceria inalterado em 72 m ao nível médio do mar (6). No entanto, enquanto a construção estava em andamento, a decisão foi mudada discretamente para elevar o nível d'água até 74 m, como era o plano original. A represa está sendo operada neste nível desde 2002, também sem justificativa.

Os planos de Belo Monte e das demais barragens no Xingu vêm causando polêmica há mais de três décadas. Este autor morou em uma agrovila na rodovia Transamazônica durante dois anos (1974-1976), próximo à área a ser alagada por Babaquara. Isto foi quando os primeiros planos e preparativos começaram. Em 1976 funcionários do escritório do INCRA em Altamira forneceram uma cópia do mapa indicando a área de inundação da barragem, que inundaria parte da área de colonização. É claro que os donos das áreas ficaram revoltados ao ver o mapa do plano, mas naquela época de ditadura havia pouco que pudessem fazer.

O novo plano integrado para a bacia do rio Xingu (Brasil, ELETROBRÁS, 2009) mostra uma discrepância notável entre os cenários analisados no documento e os cenários que seriam prováveis para aproveitamento da bacia. A grande vantagem, em termos energéticos, de ter barragens no rio Xingu acima de Belo Monte é na regularização da vazão deste rio, altamente sazonal, assim armazenando e depois liberando a água das represas a montante para tirar proveito das turbinas que, de outra forma, seriam ociosas em Belo Monte. Cada gota de água liberada, assim, com deplecionamento da água em uma das barragens a montante de Belo Monte vai gerar energia pelo menos duas vezes, uma na barragem sofrendo o deplecionamento, um em Belo Monte, e uma em cada uma das outras barragens localizadas entre essas duas.

O EIA de 2002 deixou claro que, embora não incluídos no EIA-RIMA, barragens a montante iam aumentar substancialmente a geração de energia em Belo Monte (8). A alta sazonalidade da vazão do rio Xingu faz com que, durante três meses do ano, tenha água suficiente apenas para manter o fluxo mínimo prometido na Volta Grande do rio Xingu, deixando paradas todas as 20 turbinas da casa de força principal da usina. A economicidade da obra nessas condições é extremamente duvidosa, e um estudo detalhado dos aspectos econômicos tem mostrado a sua total inviabilidade (9). Nestas condições, o término da construção de Belo Monte seria seguida por uma “crise planejada”, onde a falta de água seria constatada e a vontade política gerada para construir outras barragens, começando com a Babaquara (9, 10). O cenário oficial de ter apenas uma barragem no rio Xingu (a Belo Monte) é largamente denominado a “mentira institucionalizada” (1).

Recentemente, foi revelado que o custo de Belo Monte seria entre R\$20-30 bilhões (estimativa de CPFL Energia) e R\$30 bilhões (estimativa de Alstom), e não de R\$7 bilhões, a estimativa do governo (11). Isto oferece mais uma indicação do tamanho do descompasso entre o discurso oficial e a triste realidade.

Análise do ganho de energia por operação em cascata é rotineira em estudos energéticos. No entanto, nos cenários no estudo “integrado” nada deste ganho foi computado, apenas fazendo um somatório dos resultados das barragens como se cada uma fosse operada sozinha no rio natural. Um cálculo foi feito para cada barragem com e sem deplecionamento, e se chegou à conclusão de que a relação entre custo e benefício é mais atraente se todas fossem operadas sem deplecionamento (7, 12). Isto está muito longe do cenário provável, fazendo com que o relatório parece ter sido apenas “para inglês ver”. A pergunta óbvia seria “porque que a prática de deplecionamento deveria ser escondida?” Uma possibilidade é o papel das zonas de deplecionamento na geração de gases de efeito estufa (13).

A proposta da hidrelétrica de Belo Monte (antigamente Kararaô) e a sua contrapartida rio acima, a hidrelétrica de Altamira (mais conhecida por seu nome

anterior: Babaquara) está no centro das controvérsias sobre o processo de tomada de decisão para grandes projetos de infraestrutura na Amazônia.

A hidrelétrica de Belo Monte por si só teria uma área de reservatório pequena (440 km² MW no plano de 2002, revisado para 516 km² no plano de 2009 e capacidade instalada grande (11.181,3 MW no plano de 2002, revisado para 11.233,1 MW no plano de 2009), mas a represa de Babaquara que regularizaria a vazão do rio Xingu (aumentando assim a geração de energia de Belo Monte), inundaria uma vasta área (6.140 km²). O impacto de represas provê uma razão poderosa para o Brasil reavaliar as suas atuais políticas, que alocam grandes quantidades de energia na rede nacional para o beneficiamento de alumínio, uma indústria de exportação subsidiada. O caso de Belo Monte e das cinco represas adicionais planejadas a montante no plano original (inclusive a hidrelétrica de Altamira/Babaquara) indica a necessidade de reformar o sistema de avaliação e licenciamento ambiental para incluir os impactos de projetos interdependentes múltiplos.

Referências

- (1) Nader, V. 2008. Mentira institucionalizada justifica Hidrelétrica de Belo Monte. *Correio Cidadania*, 17 de Junho de 2008. <http://www.correiocidadania.com.br/content/view/1955/>
- (2) Brasil, Eletronorte. 1987. *Esclarecimento Público: Usina Hidrelétrica Balbina. Modulo 1*, Setembro 1987. Brasília, DF: Centrais Elétricas do Norte do Brasil (Eletronorte), 4 p.
- (3) Fearnside, P. M. 1989. Brazil's Balbina Dam: Environment versus the legacy of the pharaohs in Amazonia. *Environmental Management* 13(4): 401-423.
- (4) Brasil, Eletronorte. 1987. *UHE Balbina: Enchimento do Reservatório, Considerações Gerais. BAL-39-2735-RE*. Brasília, DF: Centrais Elétricas do Norte do Brasil (Eletronorte), 12 p + anexos.
- (5) Fearnside, P.M. 2001. Environmental impacts of Brazil's Tucuruí Dam: Unlearned lessons for hydroelectric development in Amazonia. *Environmental Management* 27(3): 377-396.

(6) Indriunas, L. 1998. "FHC inaugura obras em viagem ao Pará." Folha de São Paulo. 14 de julho de 1998, p. 1-17.

(7) Brasil, ELETROBRÁS. 2009. AAI - Avaliação Ambiental Integrada. Aproveitamentos Hidrelétricos da Bacia Hidrográfica do Rio Xingu. Rio de Janeiro, RJ: Centrais Elétricas Brasileiras (ELETROBRÁS), 2 vols.

(8) Brasil, Eletronorte. s/d [2002]. Complexo Hidrelétrico Belo Monte: Estudo de Impacto Ambiental- E I A. Versão preliminar. Brasília, DF: Centrais Elétricas do Norte do Brasil (Eletronorte), 6 vols. p. 6-82.

(9) Sousa Júnior, W.C., J. Reid & N.C.S. Leitão, de. 2006. Custos e Benefícios do Complexo Hidrelétrico Belo Monte: Uma Abordagem Econômico-Ambiental. Conservation Strategy Fund (CSF), Lagoa Santa, Minas Gerais. 90 pp. (disponível em: <http://www.conservation-strategy.org>)

(10) Fearnside, P.M. 2006. Dams in the Amazon: Belo Monte and Brazil's hydroelectric development of the Xingu River Basin. *Environmental Management* 38(1): 16-27.

(11) Canazio, A. 2009. CPFL Energia projeta que Belo Monte possa custar até R\$ 25 bilhões. *Canalenergia*. 20/08/2009
<http://www.canalenergia.com.br/zpublisher/materias/Noticiario.asp?id=73316>

(12) Brasil, MME. 2009. Plano Decenal de Expansão de Energia 2008/2017. Ministério das Minas e Energia (MME), Brasília-DF. Vol.1, Tomo 2, p. 5-19.

(13) 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.

(Tradução abreviada e atualizada Fearnside, P.M., 2006. Dams in the Amazon: Belo Monte and Brazil's Hydroelectric Development of the Xingu River Basin. *Environmental Management* 38(1): 16-27).

Mais informações estão disponíveis em <http://philip.inpa.gov.br>.

<http://colunas.globoamazonia.com/philipfearnside/>



A Triste História da Hidrelétrica de Belo Monte II: da Transamazônica ao Facão de Tuíra

qui, 05/11/09

por Globo Amazônia /

categoria [Uncategorized](#)

“Aqueles que não conseguem se lembrar do passado são condenados a repeti-lo”.

A relevância deste dito notável de George Santayana(1) ao caso de Belo Monte se torna cada vez mais contundente.

A proposta da hidrelétrica de Belo Monte, no rio Xingu, é o foco de intensa controvérsia devido à magnitude e à natureza dos seus impactos. A hidrelétrica de Belo Monte ficou conhecida pela ameaça que representa aos povos indígenas por facilitar uma série de represas planejadas rio acima em áreas indígenas (2, 3). As represas a montante aumentariam substancialmente a produção elétrica de Belo Monte, regularizando a vazão do rio Xingu, que é altamente sazonal. O reservatório de Belo Monte é pequeno, relativo à capacidade de suas duas casas de força, mas os cinco reservatórios (pelo plano original) que seriam construídos rio acima seriam enormes, até mesmo pelos padrões amazônicos. O maior desses reservatórios é a represa de Babaquara, renomeada de “Altamira” nos anos 1990 num esforço aparentemente com o propósito de escapar do ônus da crítica que os planos para Babaquara atraíram ao longo das duas décadas anteriores (o inventário inicial para a obra começou em outubro de 1975) (4-7).

Em 1987 um plano volumoso foi produzido pela Eletrobrás, órgão responsável pelo desenvolvimento de energia sob o Ministério das Minas e Energia. O plano, conhecido como o “Plano 2010”, contém informações sobre barragens que eram esperadas então que fossem construídas em todo o País até o ano 2010, e também contém uma listagem de outras barragens planejadas independente da data esperada de conclusão (8). O Plano 2010 vazou ao público e subseqüentemente foi liberado oficialmente em dezembro de 1987. O plano lista 297 barragens no País como um todo, das quais 79 seriam na Amazônia, independente da data planejada de construção. Na Amazônia, seriam inundados 10 milhões de hectares (pág. 153) que representa 2% da Amazônia Legal ou 3% da área originalmente florestada na região. Mapas das barragens planejadas deixam evidente o enorme impacto global do plano (9, 10). Seriam represados todos os afluentes principais do rio Amazonas, com a exceção dos rios Purus, Japurá e Javari, que estão nas áreas planas da porção ocidental da região. Seguindo a recepção negativa do Plano 2010, as autoridades do setor de energia nunca mais liberaram listagens completas ou outras informações sobre a extensão global dos planos para construção de barragens. Ao invés disso, documentos públicos são limitados a listas curtas de represas para construção ao longo de períodos de tempo limitados, tais como o Plano 2015 e os vários Planos Decenais (11-13).

O Plano 2010 incluiu Kararaô [Belo Monte] para construção até 2000 e Babaquara [Altamira] para construção até 2005. Tal cronograma veloz era, provavelmente, irreal mesmo naquela época, quando autoridades do setor de energia elétrica presumiram um crescimento contínuo da economia brasileira e da capacidade conseqüente para pagar por barragens, um processo de construção essencialmente desimpedido por exigências de licenciamento ambiental, e a disponibilidade fácil de empréstimos dos bancos multilaterais de desenvolvimento sem praticamente nenhum questionamento feito sobre assuntos ambientais. A criação do Departamento do Meio Ambiente do Banco Mundial só foi anunciada em março de 1987, e ainda era incipiente em dezembro de 1987 quando o Plano 2010 foi finalizado. As próprias exigências do governo brasileiro para estudos ambientais, embora criadas em lei em 31 de agosto de 1981 (Lei 6938), apenas tinham entrado em vigor após a regulamentação da lei no dia 23 de janeiro 1986 (CONAMA Resolução 001). Começando com essa resolução, um Estudo de Impacto Ambiental (EIA), e um documento mais breve para distribuição pública (o Relatório sobre Impacto Ambiental-RIMA), se tornaram obrigatórios para projetos grandes de infraestrutura, tais como barragens hidrelétricas. O sistema brasileiro de licenciamento ambiental, ainda incipiente, estava sendo testado por tentativas de construir grandes projetos sem nenhum estudo ambiental, inclusive as usinas de ferro-gusa de Carajás e a Ferrovia

Norte-Sul, ambos em construção na ocasião sem EIA e RIMA em violação flagrante da lei (14-15). A suposição de muitos era que projetos prioritários, na prática, seriam construídos sem obedecer as exigências ambientais. Embora, até certo ponto, esta situação ainda se aplique hoje (inclusive no caso de Belo Monte), era muito mais evidente durante os primeiros anos de licenciamento ambiental no Brasil.

A história dos estudos ambientais para as represas do Xingu revela muitos problemas que são comuns à avaliação do impacto ambiental e aos procedimentos de licenciamento em toda a Amazônia brasileira. Uma primeira versão dos estudos para Kararaô e Babaquara foi preparada por CNEC (Consórcio Nacional de Engenheiros Consultores), uma firma de consultoria sediada em São Paulo (16). A coleta de dados sobre muitos dos tópicos específicos foi subcontratada para instituições de pesquisa, inclusive o INPA (Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia). O controle editorial dos relatórios e das suas conclusões permanecia com a empresa de consultoria. Além de preparar os relatórios, o CNEC apresentou o caso de Belo Monte a uma audiência pública em Altamira. A audiência foi realizada no pequeno cinema local, com um número significativo dos assentos ocupados por autoridades locais e pelos seus convidados, com o resultado que muitas das pessoas que questionaram a barragem foram excluídas por falta de espaço. Como é freqüente em tais audiências, a efetividade da participação da população local foi impedida por falta de informação sobre os planos para o projeto e por falta de pessoas com os conhecimentos técnicos apropriados (17-19).

Enquanto os estudos ambientais estavam em andamento, o CNEC foi comprado pela Camargo Corrêa S.A., que era a empresa de construção esperada para ganhar subseqüentemente os contratos para construir as barragens. Na prática, os diferentes afluentes do rio Amazonas são divididos por esferas de influência entre as empresas de construção específicas (20, 21). Além disso, o grupo Camargo Corrêa possuiu uma usina de sílica metalúrgica em Breu Branco, Pará, que se beneficia de preços subsidiados da energia de Tucuruí (22), que também construída por Camargo Corrêa S.A., e a rede que seria alimentada por energia das barragens do rio Xingu. As várias formas de conflito de interesse não levaram a Eletronorte a mudar a empresa de consultoria para os estudos do Xingu (embora a opinião que isto deveria ter sido feito foi sugerido reservadamente em várias ocasiões). A região do rio Xingu tem uma diversidade extraordinária de culturas indígenas. Como freqüentemente apontado pelo antropólogo Darrell Posey (falecido em 2001), as represas planejadas lá não só ameaçam povos indígenas, ameaçam grupos de quatro troncos lingüísticos diferentes.

Entre os grupos ameaçados está o Kaiapó que tem uma maneira extrovertida e altamente afirmativa de interagir com a sociedade brasileira predominante. Isto dá aos eventos no Xingu uma visibilidade muito maior do que seria o caso se tribos mais submissas estivessem envolvidas. Em fevereiro de 1989, os Kaiapós foram fundamentais na organização do encontro de Altamira para protestar contra as represas planejadas. O clímax do evento foi quando a Tuíra (Tu-Ira), uma mulher Kaiapó, colocou o seu facão contra o rosto do representante da Eletronorte, José Antônio Muniz Lopes, para enfatizar a reivindicação do Encontro para que as barragens não fossem construídas. A série de represas afetaria um total calculado em 37 etnias (23).

Duas das represas planejadas inundariam parte do Parque Indígena do Xingu. O Parque foi criado pelos irmãos Villas Bôas para acolher várias tribos cujas populações sobreviventes foram transportadas para lá no final da década de 1950 e no início da década de 1960, para os salvar de um fim violento, já que as suas terras foram tomadas por uma variedade de pretendentes cruéis (24).

O Encontro de Altamira foi um ponto decisivo na evolução dos planos para as barragens do Xingu. Como forma de concessão aos povos indígenas, a Eletronorte mudou o nome da primeira barragem de Kararaô para Belo Monte (“kararaô” é uma palavra Kaiapó com significação religiosa que a tribo não quis que fosse aproveitada pela Eletronorte para promover uma represa que estimularia a construção de uma série de reservatórios rio acima no território tribal).

À mesma altura, a Eletronorte anunciou que removeria as represas a montante de Belo Monte do Plano 2010 e empreenderia um “relevantamento da queda” no rio Xingu. Isto foi freqüentemente apresentado de maneira de insinuar que as represas rio acima, especialmente a maior (Babaquara), não seriam construídas. Até 1995, vários líderes indígenas ainda tiveram esta interpretação errônea das intenções da Eletronorte (observação pessoal). No entanto, a Eletronorte nunca prometeu deixar de construir estas represas ou represas semelhantes, talvez em locais ligeiramente diferentes e com nomes diferentes. Um “relevantamento da queda” recorre a re-medir a topografia ao longo do rio, possivelmente alterando a localização, altura, e outras características de engenharia de cada barragem, mas de nenhuma maneira implica que não seriam inundadas as mesmas áreas de floresta e de terra indígena.

Seguindo o Encontro de Altamira, de 1989, a menção das cinco barragens planejadas rio acima de Belo Monte desapareceu abruptamente do discurso público da Eletronorte. Em 1998, Babaquara reapareceria de repente, com um nome novo (a hidrelétrica de Altamira), quando foi listado no plano

decenal da Eletrobrás para 1999-2008 em uma tabela de barragens importantes para futura construção, indicando que esta obra seria completada em 2013 (12). Desde então, a hidrelétrica de Altamira, de 6.588 MW, entrou sem alarde nas apresentações oficiais dos planos (25, 26). Estão ausentes de discussão pública as outras quatro barragens: Ipixuna (1.900 MW), Kakraimoro (1.490 MW), Iriri (770 MW) e Jarina (620 MW). No entanto, a atividade continuada de engenheiros da ELETRONORTE nos locais em questão era uma indicação de que esta falta de visibilidade não significava que os planos foram abandonados. Ao contrário, indicava a sofisticação crescente do setor elétrico em guiar a discussão pública para minimizar o questionamento dos planos.

Referências

- (1) Santayana, G. 1905 Reason in Common Sense. Vol.1, In: The Life of Reason: The Phases of Human Progress. New York, E.U.A.: Dover Publications, Inc., 5 vols.
- (2) Santos, L.A.O. & L.M.M. de Andrade (eds.) 1990. Hydroelectric Dams on Brazil's Xingu River and Indigenous Peoples. Cultural Survival Report 30. Cambridge, Massachusetts, E.U.A.: Cultural Survival, 192 p.
- (3) Sevá, O., & Switkes, G. (eds.) 2005. As Questões Energéticas, Ambientais e Políticas na Tentativa de Construção das Hidrelétricas no Rio Xingu, Brasil: Os projetos Belo Monte (Kararaô) e Altamira (Babaquara), Pará. São Paulo, SP: Coalizão Rios Vivos.
- (4) Chernela, J.M. 1988. Potential impacts of the proposed Altamira-Xingu Hydroelectric Complex in Brazil. Latin American Studies Association Forum 129(2): 1: 3-6.
- (5) Fisher, W.H. 1994. Megadevelopment, environmentalism, and resistance: The institutional context of Kayapó indigenous politics in Central Brazil. Human Organization 53(3): 220-232
- (6) Goodland, R. Juras, A. & Pachauri, R. 1993. Can hydro-reservoirs in tropical moist forest be made environmentally acceptable? Environmental Conservation 20(2): 122-130.
- (7) Sevá, O. 1990. Works on the great bend of the Xingu—A historic trauma? In: L.A.O. Santos & L.M.M. de Andrade (eds.) Hydroelectric Dams on Brazil's Xingu River and Indigenous Peoples. (p. 19-41) Cultural Survival Report 30. Cambridge, Massachusetts, E.U.A.: Cultural Survival, 192 p.

(8) Brasil, ELETROBRÁS. 1987. Plano 2010: Relatório Geral, Plano Nacional de Energia Elétrica 1987/2010 (Dezembro de 1987). Rio de Janeiro, RJ: Centrais Elétricas Brasileiras (ELETROBRÁS), 269 p.

(9) CIMI, CEDI, IBASE & GhK. 1986. Brasil: Áreas Indígenas e Grandes Projetos. Brasília, DF: Comissão Indigenista Missionária (CIMI), Centro Ecumênico de documentação e Informação (CEDI), Instituto Brasileiro de Análise Social e Econômica (IBASE), Gesamthochschule Kassel (GhK), Escala de mapa 1: 5.000.000.

(10) Fearnside, P.M. 1995. Hydroelectric dams in the Brazilian Amazon as sources of 'greenhouse' gases. *Environmental Conservation* 22(1): 7-19.

(11) Brasil, ELETROBRÁS. 1993. Plano Nacional de Energia Elétrica 1993-2015: Plano 2015. Rio de Janeiro, RJ: Centrais Elétricas Brasileiras (ELETROBRÁS). (http://www.eletronorte.gov.br/mostra_arquivo.asp?id=http://www.eletronorte.gov.br/downloads/EM_Biblioteca/volume1.pdf&tipo=biblioteca_publicacoes)

(12) Brasil, ELETROBRÁS. 1998. Plano Decenal 1999-2008. Rio de Janeiro, RJ: Centrais Elétricas Brasileiras (ELETROBRÁS).

(13) Brasil, MME. 2009. Plano Decenal de Expansão de Energia 2008/2017. Brasília, DF: Ministério das Minas e Energia (MME).

(14) Fearnside, P.M. 1989. The charcoal of Carajás: Pig iron smelting threatens the forests of Brazil's Eastern Amazon Region. *Ambio* 18(2): 141-143.

(15) Fearnside, P.M. 1989. A prescription for slowing deforestation in Amazonia. *Environment* 31(4): 16-20, 39-40.

(16) CNEC. 1980. Estudo de Inventário Hidrelétrico da Bacia Hidrográfica do Rio Xingu. São Paulo, SP: Ministério das Minas e Energia, ELETRONORTE, Consórcio de Engenheiros Consultores (CNEC).

- (17) Eve, E., Arguelles, F.A. & Fearnside, P.M. 2000. How well does Brazil's environmental law work in practice? Environmental impact assessment and the case of the Itapiranga private sustainable logging plan. *Environmental Management* 26(3): 251-267.
- (18) Fearnside, P.M. & Barbosa, R. I. 1996. Political benefits as barriers to assessment of environmental costs in Brazil's Amazonian development planning: The example of the Jatapu Dam in Roraima. *Environmental Management* 20(5): 615-630.
- (19) Fearnside, P.M. & Barbosa, R.I. 1996. The Cotingo Dam as a test of Brazil's system for evaluating proposed developments in Amazonia. *Environmental Management* 20(5): 631-648.
- (20) Fearnside, P.M. 1999. Social impacts of Brazil's Tucuruí Dam. *Environmental Management* 24(4), 485-495.
- (21) Pinto, L.F. 1991. *Amazônia: A Fronteira do Caos*. Belém, Pará: Editora Falangola, 159 p.
- (22) Corrente Contínua. 1989. "Tarifas compõem receita da Eletronorte" *Corrente Contínua [ELETRONORTE, Brasília]* 12(140): 10-11.
- (23) Pontes Júnior, F. & Beltrão, J.F. 2004. *Xingu, Barragens e Nações Indígenas*. Belém, Pará: Núcleo de Altos Estudos Amazônicos (NAEA), Universidade Federal do Pará, 28 p.
- (24) Davis, S. H. 1977. *Victims of the Miracle: Development and the Indians of Brazil*. Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press, 205 p.
- (25) Brasil, MME-CCPESE. 2002. *Plano Decenal de Expansão 2003-2012: Sumário Executivo*. Brasília, DF: Ministério das Minas e Energia, Comitê Coordenador do Planejamento da Expansão dos Sistemas Elétricas (MME-CCPESE). 75 p.
- (26) Santos, W.F. 2004. Os empreendimentos hidrelétricos na Amazônia. II Feira Internacional da Amazônia, II Jornada de Seminários Internacionais sobre Desenvolvimento Amazônico, Manaus, AM. 17 de setembro de 2004.
- (Tradução abreviada e atualizada Fearnside, P.M., 2006. Dams in the Amazon: Belo Monte and Brazil's Hydroelectric Development of the Xingu River Basin. *Environmental Management* 38(1): 16-27).

Mais informações estão disponíveis em <http://philip.inpa.gov.br>.

<http://colunas.globoamazonia.com/philipfearnside/>



A Triste História da Hidrelétrica de Belo Monte III: Do EIA-RIMA Rejeitado ao Aval do Congresso

qui, 12/11/09

por Globo Amazônia /

categoria [Uncategorized](#)

Após a manifestação de Altamira em 1989 houve várias reformulações, tanto dos planos em si quanto da maneira de apresentá-los ao público. Um segundo estudo para Belo Monte foi concluído em 2002 numa “versão preliminar” pela Universidade Federal do Pará (UFPA) (1). A escolha da UFPA era altamente controversa, e a seleção foi feita em setembro de 2000 sem licitação. A explicação dada era que a UFPA era extensamente conhecida pela sua excelência técnica. Infelizmente, apesar da reputação acadêmica forte da Universidade como um todo, a organização civil de interesse público (OCIP) associada à Universidade (FADESP: Fundação de Amparo e Desenvolvimento de Pesquisa), criada para obter contratos de consultoria como esse, não desfrutava a mesma reputação (2, 3). O EIA para Belo Monte, que custou R\$3,8 milhões, foi rejeitado pela justiça federal em maio de 2001. Uma liminar de outro tribunal permitiu a continuidade do estudo, assim completando versões preliminares dos relatórios(1), antes da liminar ser derrubada em 2002.

Quando a FADESP foi escolhida para fazer os estudos ambientais, este grupo tinha produzido um EIA/RIMA para a hidrovía Tocantins/Araguaia que havia sido rejeitado pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) como deficiente (4), e a construção da hidrovía estava sob embargo judicial por causa de “fraude” no estudo (5). A “fraude” se refere à seção

do relatório sobre os impactos prováveis da hidrovía nos povos indígenas que habitam a ilha do Bananal: a conclusão de que os impactos seriam severos tinha sido retirada do relatório a pedido dos proponentes do projeto, o que levou os antropólogos que tinham redigido a seção iniciar uma ação para ter o texto restabelecido. As falhas múltiplas no estudo de impacto ambiental(6) levaram a uma ordem judicial em junho de 1997 suspendendo as obras nessa hidrovía(7). A FADESP também tinha produzido um EIA/RIMA para a hidrovía Tapajós-Teles Pires, onde a passagem da obra por uma reserva indígena é uma das principais preocupações, mas o relatório foi rejeitado por “completa inconsistência” (8). Nada disto pressagia bem os estudos ambientais da FADESP para Belo Monte, onde assuntos indígenas é uma parte fundamental das controvérsias que cercam a obra.

Um fato marcante foi o assassinato, em 25 de agosto de 2001, de Ademir Alfeu Federicci, conhecido como “Dema”, um líder de resistência contra os planos de construção das barragens. Dema encabeçava o Movimento pelo Desenvolvimento da Transamazônica e do Xingu (MPDXTX). Ele é considerado na área como um mártir que foi morto por causa das suas críticas francas às represas(9). No entanto, como é freqüente em assassinatos levados a cabo por pistoleiros contratados, evidências suficientes não podiam ser juntadas para trazer o caso a julgamento.

O processo de EIA/RIMA para represas hidrelétricas sofreu um retrocesso em 2001, quando as regiões não-amazônicas do País foram sujeitas a racionamento de eletricidade e a blecautes repetidos (o “Apagão”) devido à falta de água nos reservatórios na região Central-Sul (10). O “Apagão” também ocorreu devido a uma série de decisões erradas no planejamento e administração de eletricidade (11). O Brasil tem um uso altamente ineficiente de energia(12) e há muitas oportunidades ainda não aproveitadas para provisão de energia de baixo impacto (13, 14). Em 18 de maio de 2001 o presidente Fernando Henrique Cardoso emitiu uma medida provisória que estabeleceu um tempo máximo de seis meses para conceder aprovação ambiental para projetos de energia (15). Belo Monte era o objetivo mais proeminente desta medida, que fez uso máximo da reação pública ao racionamento nos principais centros populacionais, tais como São Paulo e Rio de Janeiro. Porém, os estudos ambientais não puderam ser completados no prazo impossível de seis meses, e até lá a crise tinha sido aliviada com a chegada da estação chuvosa para reencher os reservatórios hidrelétricos na região Centro-Sul. A medida provisória expirou desde então sem ter sucesso em forçar uma aprovação abreviada de Belo Monte.

Pressões para uma aprovação veloz continuaram desde 2003 sob a administração presidencial de Luis Inácio Lula da Silva. O estado do EIA/RIMA para Belo Monte era altamente ambíguo. Em

outubro de 2003, a então Ministra do Meio Ambiente, Marina Silva, afirmou que a Ministra de Energia (Dilma Roussef à época) tinha concordado que o estudo inteiro seria refeito “a partir do zero” (16). Em março de 2004 o Presidente Lula chamou os seus ministros para exigir que eles encontrassem modos para contornar impedimentos ambientais e outros para concluir projetos de infra-estrutura protelados ao longo do País, incluindo 18 barragens hidrelétricas (17). O setor elétrico passou a fingir de que o já rejeitado EIA-RIMA de 2002 tivesse resolvido os problemas, e que não restou nada para a aprovação ambiental da obra. Em setembro de 2004, Walter Fernandes Santos da Eletronorte declarou que apenas detalhes burocráticos secundários estavam faltando resolução, sendo uma questão de “encaminhamento” do processo pelo procedimento de licenciamento, e que a aprovação final era iminente (18).

Em 13 de julho de 2005 o Congresso Nacional aprovou em tempo recorde a construção de Belo Monte mesmo sem um EIA/RIMA aprovado, e logo em seguida várias ONGs entraram com uma representação na Procuradoria Geral da República contestando a decisão, e a Procuradoria da República no Estado do Pará pediu uma Ação Direta de Inconstitucionalidade contra o Decreto Legislativo (no. 788), feito sem consulta às populações afetadas, entre outras falhas.

Referências

- (1) Brasil, ELETRONORTE. s/d [2002]. Complexo Hidrelétrico Belo Monte: Estudo de Impacto Ambiental- E I A. Versão preliminar. Brasília, DF: Centrais Elétricas do Norte do Brasil (ELETRONORTE), 6 vols.
- (2) Pinto, L. F. 2002. Hidrelétricas na Amazônia: Predestinação, Fatalidade ou Engodo?, Belém, Pará: Edição Jornal Pessoal. 124 p.
- (3) Pinto, L.F. 2002. “A derrota de Belo Monte.” O Estado de São Paulo. 12 de novembro de 2002. (<http://www.amazonia.org.br/arquivos/57331.pdf>).
- (4) Carvalho, R. 1999. A Amazônia rumo ao “ciclo da soja.” Amazônia Papers No. 2, São Paulo, SP: Programa Amazônia, Amigos da Terra, 8 p. (disponível de: <http://www.amazonia.org.br>).
- (5) Switkes, G. 2002. Brazilian government pushes ahead with plans for huge dam in Amazon. *World Rivers Review* 17(3): 12-13.

(6) FADESP. 1996. Relatório de Estudos de Impacto Ambiental – EIA, referente ao projeto de implantação da Hidrovia dos rios Tocantins, Araguaia e Mortes. Belém, Pará: Fundação de Amparo e Desenvolvimento da Pesquisa (FADESP), Universidade Federal do Pará (UFPA), 7 vols.

(7) Switkes, G. 1999. Gouging out the heart of a river: Channelization project would destroy Brazilian rivers for cheap soybeans. *World Rivers Review* 14(3): 6-7.

(8) Pinto, L.F. 2001. “Xingu: capítulo 2. Eletronorte é derrotada pela segunda vez em suas intenções de construir uma hidrelétrica no rio Xingu.” *O Estado de São Paulo*. 26 de dezembro de 2001. (http://www.amazonia.org.br/opiniao/artigo_detail.cfm?id=14940).

(9) ISA. 2001. Entidades promovem ato de repúdio contra o assassinato de Dema. Instituto Socioambiental (ISA), São Paulo, Brazil. 30 de agosto de 2001. (Disponível de: <http://www.amazonia.org.br/noticias/noticia.cfm?id=4709>).

(10) Fearnside, P.M. 2004. A água de São Paulo e a floresta amazônica. *Ciência Hoje* 34(203): 63-65.

(11) Rosa, L.P. 2003. *O Apagão: Por que veio? Como sair dele?* Rio de Janeiro, RJ: Editora Revan, 128 p.

(12) Goldemberg, J., Johansson, T.B., Reddy, A K.N. & Williams, R.H. 1985. Basic needs and much more with one kilowatt per capita. *Ambio* 14(4-5): 190-200.

(13) Bermann, C. 2002. *O Brasil não precisa de Belo Monte*. São Paulo, SP: Amigos da Terra- Amazônia Brasileira, 4 p. (http://www.amazonia.org.br/opiniao/artigo_detail.cfm?id=14820).

(14) Ortiz, L S. (ed.) 2002. *Fontes Alternativas de Energia e Eficiência Energética: Opção para uma Política Energética Sustentável no Brasil*. Campo Grande, MS: Coalizão Rios Vivos & Fundação Heinrich Böll. 207 p.

(15) *Gazeta Mercantil* [Brasília]. 2001. “Energia: MP fixa prazos para licenças ambientais.” 15 de maio de 2001. (<http://www.gazetamercantil.com.br>).

(16) *O Globo* [Rio de Janeiro]. 2003. “Estudos para construção da UHE Belo Monte serão refeitos”. 21 de outubro de 2003, *O País*, p. 11.

(17) Amazonas em Tempo [Manaus]. 2004. Lula quer a retomada de obras paralisadas. 21 de março de 2004. p. A-7.

(18) Santos, W.F. 2004. Os empreendimentos hidrelétricos na Amazônia. II Feira Internacional da Amazônia, II Jornada de Seminários Internacionais sobre Desenvolvimento Amazônico, Manaus, AM. 17 de setembro de 2004.

(Tradução abreviada e atualizada Fearnside, P.M., 2006. Dams in the Amazon: Belo Monte and Brazil's Hydroelectric Development of the Xingu River Basin. *Environmental Management* 38(1): 16-27).

Mais informações estão disponíveis em <http://philip.inpa.gov.br>.

<http://colunas.globoamazonia.com/philipfearnside/>



A Triste História da Hidrelétrica de Belo Monte IV: Dos Planos em Evolução à “Força Demoníaca”

ter, 17/11/09

por Globo Amazônia /

categoria [Uncategorized](#)

Em setembro de 2009, o Ministro das Minas e Energia Edson Lobão alegou que a aprovação ambiental da hidrelétrica de Belo Monte esteja se atrasando devido a uma “força demoníaca” (1). Infelizmente, a demora se explica pela falta de lógica da própria obra, pelos seus severos impactos potenciais, e pela falta de cumprimento de várias exigências legais. A triste história de Belo Monte continua.

Planos em Evolução

Foram feitas mudanças importantes na configuração da hidrelétrica de Belo Monte entre o primeiro plano (1989) e o segundo (2002). O reservatório foi reduzido de 1.225 para 440 km², colocando o reservatório principal (o “Reservatório da Calha”) a montante da confluência do rio Bacajá. A consequência principal disto era evitar a inundação de parte da Área Indígena Bacajá, que, de acordo com o Artigo 231, Parágrafo 3 da constituição brasileira de 1988, significaria que o projeto requereria uma votação no Congresso Nacional. Uma votação no Congresso implicaria em uma demora significativa e, provavelmente que a discussão pública dos impactos da represa e as suas implicações

necessariamente se tornaria muito mais ampla, não necessariamente com um resultado favorável para o desenvolvimento hidrelétrico do Xingu.

A demora na construção de Belo Monte e a revisão dos planos tinham o efeito benéfico de melhorar as vantagens técnicas da represa substancialmente. Em lugar de uma configuração tradicional com a usina de força localizada ao pé da barragem, como no plano de 1989 para Kararaô [Belo Monte], o plano de 2002 para Belo Monte tiraria proveito do local, sem igual, para desviar lateralmente a água por uma série de canais e leitos de igarapés inundados (o “Reservatório dos Canais”) para a usina de força principal a uma elevação mais baixa, a jusante da grande volta do rio Xingu, beneficiando da queda em elevação à grande volta, assim requerendo a construção de uma barragem menor (o Sítio Pimentel). Além disso, a demora permitiu a descoberta de erros técnicos importantes na cartografia topográfica da área que aumentaram consideravelmente as estimativas da quantidade (e custo) da escavação necessária para o canal de adução e para os vários canais de transposição dentro do Reservatório dos Canais. As estimativas da quantidade de escavação que estaria em pedra sólida também aumentaram (2).

Uma revisão adicional do plano foi feita visando prover justificativa para derrubar o embargo judicial que impedia a Eletronorte de proceder com a barragem. O plano alternativo reduziria a capacidade instalada, pelo menos em uma fase inicial. Configurações foram consideradas com 5.500, 5.900 e 7.500 MW (3). No entanto, em 2005, o Congresso Nacional aprovou construção de Belo Monte, e os desenhos revisados com potências mais modestas para Belo Monte foram abandonados sem alarde, com o plano atual até ultrapassando um pouco a potência prevista no plano de 2002, ficando em 11.233,1 MW (4, 5). A pequena diferença da potência no plano de 2002 é devido ao aumento da capacidade instalada da usina suplementar (que turбина água destinada para a vazão sanitária na Volta Grande do Rio Xingu) de 181,3 para 233,1 MW.

Deveria ser lembrado que uma evolução contínua dos planos representa uma tática comum em projetos de desenvolvimento amazônico, assim permitindo que os proponentes possam responder a qualquer crítica que seja levantada, dizendo que os críticos estão desinformados sobre os planos atuais. No entanto, os projetos costumam avançar para produzir essencialmente os mesmos impactos como os que foram questionados desde o princípio.

Tem havido várias tentativas do setor elétrico de desqualificar críticas aos seus planos, especialmente com relação ao rio Xingu, afirmando que os críticos são “desatualizados”. Isto lembra fortemente das

justificativas usadas com frequência pelas autoridades militares norte-americanas durante a Guerra do Vietnã, quando costumava responder críticas alegando que somente eles, os militares, sabiam da situação atual no local, e que os EUA estavam ganhando a guerra. Evidentemente, a história desmentiu essas afirmações depois. A lição disso deve ser que somente as informações públicas têm validade.

Os Impactos de Represas Rio Acima

“Barrageiros”, ou construtores de barragens, representam uma classe a parte na sociedade brasileira (6, 7). A barragem de Belo Monte tem um lugar especial na cultura dos barrageiros. Um dos engenheiros envolvidos no planejamento da barragem explicou a natureza especial da obra assim: “Deus só faz um lugar como Belo Monte de vez em quando. Este lugar foi feito para uma barragem”. Com 87,5 m de queda e uma vazão média de 7.851 m³/segundo (média no período de 1931 a 2000), é difícil de encontrar outro local como Belo Monte. Apesar da variação sazonal alta no fluxo d’água, que diminui o potencial de energia que o local (por si só) pode oferecer, a questão principal levantada pela hidrelétrica de Belo Monte é mais profunda que os impactos diretos no local do reservatório: é o sistema pelo qual as decisões sobre construção de barragens acontecem. Para que os benefícios retratados pelos promotores de Belo Monte pudessem ser alcançados pela sociedade brasileira, seriam necessários ainda muitos avanços no sistema de governança para que impactos sociais e ambientais desastrosos fossem evitados, em troca do pouco benefício para a população brasileira.

A existência de Belo Monte forneceria a justificativa técnica para a construção de represas a montante que inundariam vastas áreas de terra indígena, praticamente todas sob floresta tropical. Com a inundação anual de uma área de deplecionamento de 3.580 km² Babaquara proveria uma fonte de carbono permanente para emissões significativas de metano, um gás poderoso de efeito estufa (8, 9). Os benefícios sociais obtidos em troca destes impactos são muito menos que as declarações oficiais insinuam porque muito da energia seria usada para subsidiar os lucros de companhias multinacionais de alumínio que empregam uma mão-de-obra minúscula no Brasil. Por exemplo, a usina de Albrás, em Barcarena, Pará emprega apenas 1.200 pessoas, mas usa mais eletricidade do que a cidade de Belém (10, 11). O setor de alumínio no Brasil emprega apenas 2,7 pessoas por GWh de eletricidade consumida, triste recorde apenas superado pelas usinas de ferro-liga (1,1 empregos/GWh), que também consomem grandes quantidades de energia para um produto de exportação (12).

A hidrelétrica de Belo Monte propriamente dita é apenas a “ponta do iceberg” do impacto do projeto. O impacto principal vem da cadeia de represas a montante, presumindo que o embalo político iniciado por Belo Monte aniquilaria o sistema de licenciamento ambiental, ainda frágil, do Brasil. Este é o quadro provável da situação para a maioria dos observadores não ligados à indústria hidrelétrica. Das represas a montante, o reservatório de Babaquara, com duas vezes a área inundada da barragem de Balbina, seria o primeiro a ser criado. Autoridades do setor elétrico se esforçam para separar o projeto Belo Monte propriamente dito do seu impacto principal, que é o de incentivar a construção das megabarragens planejadas a montante.

Embora estudos iniciais, completados em 1989, tenham analisado o projeto para Belo Monte com inclusão dos benefícios da regularização da vazão por represas a montante, a dificuldade em obter uma aprovação rápida logo ficou patente às autoridades do setor elétrico. Um estudo novo foi elaborado, então, para Belo Monte sem a presunção da regularização da vazão por represas a montante. O estudo revisado (de 2002) afirma:

O estudo energético em questão considera apenas a existência do Complexo Hidrelétrico Belo Monte no rio Xingu, o que acarreta que o mesmo não afigure qualquer benefício de regularização a montante. Embora os estudos de inventário hidrelétrico do rio Xingu realizados no final da década de 70 tivessem identificado 5 aproveitamentos hidrelétricos a montante de Belo Monte, optou-se por não considerá-los nas avaliações aqui desenvolvidas, em virtude da necessidade de reavaliação deste inventário sob uma nova ótica econômica e sócio-ambiental. Frisa-se, porém, que a implantação de qualquer empreendimento hidrelétrico com reservatório de regularização a montante de Belo Monte aumentará o conteúdo energético dessa usina (13).

Em outras palavras, embora uma decisão política tenha sido tomada para restringir a análise oficial somente à Belo Monte como uma conveniência necessária para obter a aprovação do projeto, as vantagens técnicas de construir também as represas a montante (especialmente Babaquara) permanecem as mesmas. Na realidade, nem a Eletronorte nem qualquer outra autoridade governamental prometeram deixar de construir essas barragens, mas apenas adiar uma decisão sobre elas. Este é o ponto crucial do problema.

Todo mundo já ouviu o provérbio do “camelo-na-barraca”: um beduíno acampado no deserto pode ser tentado a deixar o seu camelo pôr a cabeça dentro da barraca, à noite, para se proteger de uma tempestade de areia. Mas ao acordar na manhã seguinte, com certeza o homem encontrará o camelo

de corpo inteiro dentro da barraca. Esta é exatamente a situação com Belo Monte: uma vez que a Belo Monte comece, nós, provavelmente, vamos acordar e encontrar Babaquara já instalada.

Essa estratégia também é visível no próprio caso de Belo Monte. O estudo de viabilidade admite que “...os serviços de infra-estrutura (acessos, canteiros, sistema de transmissão, vila residencial, alojamentos) terão início tão logo a sua licença de instalação seja aprovada, o que deve ocorrer separadamente da aprovação da licença para as obras civis principais, no decorrer do denominado ano “zero” de obra” (14).

Isto significa que o estudo ambiental e o processo de licenciamento para a barragem de Belo Monte são vistos como uma mera formalidade burocrática para legalizar uma decisão que já foi tomada. Se o licenciamento ambiental fosse visto como uma contribuição essencial à própria decisão sobre se o projeto deveria ou não ir adiante, então não haveria razão para começar o trabalho de infraestrutura complementar enquanto o projeto principal (a barragem) continua sob consideração.

Estes exemplos são indicações pouco favoráveis para o futuro do Xingu. Eles sugerem que, embora as autoridades possam dizer agora o que bem quiserem sobre planos para Belo Monte operar com uma única barragem, quando, no decorrer do tempo, chegar a hora para começar o trabalho na segunda barragem (Babaquara), é provável que a obra vá adiante de qualquer maneira. Isto significa que os impactos de represas a montante devem ser considerados, e, se estes impactos forem julgados inaceitáveis, então qualquer decisão para construir Belo Monte deve ser acompanhada de um mecanismo confiável para garantir que as barragens rio acima não serão construídas.

Se Belo Monte é realmente economicamente viável sem Babaquara, como afirma a Eletronorte, isto não diminuiria o perigo da história se desdobrar para produzir os desastres ambientais e sociais implícitos no esquema de Babaquara. Isto porque, depois da conclusão de Belo Monte, o processo de tomada de decisão sobre a construção de Babaquara seria dominado por argumentos de que a Babaquara seria altamente lucrativa como meio de aumentar o potencial elétrico de Belo Monte.

Porém, Belo Monte poderia conduzir a um resultado diferente. Antes de se decidir sobre a construção de Belo Monte, o sistema de tomada de decisão sobre barragens hidrelétricas deve ser mudado radicalmente. Devem ser enfrentadas as perguntas básicas sobre o que é feito com a energia, assim como também a questão de quanta energia realmente é necessária. O governo brasileiro

deveria deixar de encorajar a expansão de indústrias intensivas de energia. Além disso, estas indústrias, especialmente a de alumínio, deveriam ser fortemente penalizadas, cobrando-as pelo dano ambiental que o uso intensivo de energia implica. Ademais, o governo brasileiro precisa desenvolver uma base institucional confiável, por meio da qual um compromisso possa ser feito para não se construir nenhuma das barragens planejadas a montante de Belo Monte. Devido à série de precedentes na história recente de construção de barragens no Brasil, onde o resultado oposto aconteceu, uma estrutura institucional requereria alguns testes reais antes de ganhar credibilidade adequada para controlar um caso como Belo Monte, onde as tentações para voltar atrás em qualquer promessa desse tipo são extraordinariamente poderosas. Esperar a evolução das instituições ambientais para poder lidar com a Belo Monte não implica a perda do seu potencial futuro: se nenhuma barragem for construída no local de Belo Monte nos próximos anos, a opção de se construir uma barragem lá ainda permanecerá aberta.

Também são necessárias mudanças para conter o papel das empresas de construção em influenciar as prioridades de desenvolvimento no favorecimento de grandes obras de infraestrutura. A grande atratividade que a Belo Monte tem para a comunidade de barrageiros poderia servir, potencialmente, como um bom motivo para induzir todas estas reformulações. Porém, os perigos são múltiplos, e o risco de construir Babaquara para como uma espada pendurada em cima de todas as discussões de Belo Monte.

Referências

(1) Reuters. 2009. “Lobão vê ‘força demoníaca’ contra licença para usina no Xingu” Reuters, São Paulo, SP, 29 de setembro de 2009. Disponível em: <http://www.amazonia.org.br/noticias/noticia.cfm?id=329642>.

(2) Brasil, ELETRONORTE. 2002. Complexo Hidrelétrico Belo Monte: Estudos de Viabilidade, Relatório Final. Brasília, DF: Centrais Elétricas do Norte do Brasil (ELETRONORTE), 8 vols., Tomo I, pág. 8-22.

(3) Pinto, L.F. 2003. Corrigida, começa a terceira versão da usina de Belo Monte. Jornal Pessoal [Belém] 28 de novembro de 2003. Disponível em: http://www.amazonia.org.br/opiniaio/artigo_detail.cfm?id=90328.

- (4) Brasil, ELETROBRÁS. 2009. Aproveitamento Hidrelétrico Belo Monte: Estudo de Impacto Ambiental. Fevereiro de 2009. Rio de Janeiro, RJ: Centrais Elétricas Brasileiras (ELETROBRÁS). grandes. 36 vols.
- (5) Brasil, ELETROBRÁS. 2009. Aproveitamento Hidrelétrico Belo Monte: Estudos de Viabilidade, Relatório Complementar, Março 2009. Rio de Janeiro, RJ: Centrais Elétricas Brasileiras (ELETROBRÁS). 2 vols. + anexos.
- (6) Fearnside, P.M. 1989. Brazil's Balbina Dam: Environment versus the legacy of the pharaohs in Amazonia. *environmental Management* 13(4): 401-423.
- (7) Fearnside, P.M. 1990. A Hidrelétrica de Balbina: O Faraonismo Irreversível versus o Meio Ambiente na Amazônia. São Paulo, SP: Instituto de Antropologia Meio-Ambiente (IAMÁ). 63 p.
- (8) Fearnside, P.M. 2005. Hidrelétricas Planejadas no Rio Xingu como Fontes de Gases do Efeito Estufa: Belo Monte (Kararaô) e Altamira (Babaquara). p. 204-241 In: Sevá Filho, A.O. (ed.) *Tenotãmõ: Alertas sobre as conseqüências dos projetos hidrelétricos no rio Xingu, Pará, Brasil*, São Paulo, SP: International Rivers Network. 344 p.
- (9) Fearnside, P.M. 2002. Greenhouse gas emissions from a hydroelectric reservoir (Brazil's Tucuruí Dam) and the energy policy implications. *Water, Air and Soil Pollution* 133(1-4): 69-96.
- (10) Fearnside, P.M. 1999. Social impacts of Brazil's Tucuruí Dam. *Environmental Management* 24(4), 485-495.
- (11) Brasil, ELETRONORTE. 1987. Contribuição da ELETRONORTE para Atendimento das Necessidades Futuras de Energia Elétrica da Amazônia. Brasília, DF: Centrais Elétricas do Norte do Brasil (ELETRONORTE). págs. Amazonas-32 & Pará-12.
- (12) Bermann, C. & Martins, O.S. 2000. Sustentabilidade energética no Brasil: Limites e Possibilidades para uma Estratégia Energética Sustentável e Democrática. Rio de Janeiro, RJ: Projeto Brasil Sustentável e Democrático, Federação dos Órgãos para Assistência Social e Educacional (FASE), 151 p. (Série Cadernos Temáticos No. 1). pág. 90.

(13) Brasil, ELETRONORTE. s/d [2002]. Complexo Hidrelétrico Belo Monte: Estudo de Impacto Ambiental- E I A. Versão preliminar. Brasília, DF: Centrais Elétricas do Norte do Brasil (ELETRONORTE), 6 vols. p. 6-82.

(14) Brasil, ELETRONORTE. 2002. Op. Cit. Ref. 2, Tomo II, p. 8-155.

(Tradução abreviada e atualizada Fearnside, P.M., 2006. Dams in the Amazon: Belo Monte and Brazil's Hydroelectric Development of the Xingu River Basin. *Environmental Management* 38(1): 16-27).

Mais informações estão disponíveis em <http://philip.inpa.gov.br>.

<http://colunas.globoamazonia.com/philipfearnside/>



[Globo Amazônia](#)

[philipfearnside](#)

A Triste História da Hidrelétrica de Belo Monte V: Energia para Quem, Cara Pálida?

qui, 19/11/09

por Globo Amazônia /

categoria [Uncategorized](#)

O debate sobre fornecimento de energia e substituição de combustível fóssil precisa ir além de cálculos simples de combustível consumido por kWh gerado. No caso de grandes represas amazônicas, não é necessariamente verdade que, ao deixar de construir uma barragem, uma quantidade equivalente de combustível fóssil seria queimada no seu lugar. Isto porque pouco da energia gerada é usada para propósitos essenciais que seriam de difícil redução, tais como no consumo residencial e indústrias que atendem o mercado doméstico. Ao invés disso, uma porcentagem significativa e crescente da energia da rede nacional brasileira é destinada para indústrias eletrointensivas de exportação, tais como as que fabricam o alumínio. O Brasil exporta grandes quantidades de alumínio barato, e altamente subsidiado (especialmente para o Japão).

O alumínio que o Brasil exporta é beneficiado usando eletricidade de hidrelétricas que são construídas com o dinheiro dos contribuintes e dos consumidores residenciais brasileiros. Se menos hidrelétricas fossem construídas, o resultado provável seria diminuir o subsídio financeiro e ambiental dado ao Mundo como um todo, em lugar de continuar suprindo energia a uma indústria de exportação de alumínio com base no aumento de geração de energia a partir de combustíveis fósseis. Companhias de alumínio que atendem o mercado internacional (distinto do consumo doméstico brasileiro) teriam que se deslocar para outro país ou, no final das contas, teriam que produzir menos alumínio e explorar outros materiais de menor impacto. O preço do alumínio subiria para refletir o verdadeiro custo ambiental desta indústria muito esbanjadora, e o consumo global diminuiria a um nível mais baixo.

Acrescentar mais uma usina hidrelétrica à rede nacional apenas posterga ligeiramente o dia quando o Brasil e o Mundo enfrentarão esta transformação fundamental. Um dia a contabilidade destes custos ambientais será feita e considerada antes de tomar decisões, tais como transações para ampliar as indústrias eletrointensivas no Brasil. A onda em transações industriais com a China, após uma visita presidencial àquele país em 2004, fornece um exemplo altamente pertinente. Essas incluem a nova usina de capital chinês e brasileiro para produzir alumina em Barcarena, Pará, que deverá ser a maior do mundo quando completada (1). A fábrica chinesa de alumina em Jurití, Pará também consumiria energia de Belo Monte, além da expansão das fábricas de alumínio em Barcarena, Pará, São Luis-Maranhão e Sorocaba, São Paulo. Quando são feitos acordos que demandam grandes quantidades adicionais de eletricidade, então os estudos de impacto ambiental e o processo de licenciamento para as várias barragens planejadas tendem a se tornar meros enfeites decorativos para uma série de obras predeterminadas.

Os planos para construção de barragens na Amazônia implicam em impactos ambientais e sociais significativos, e coloca um desafio ao sistema de licenciamento ambiental do País. A proposta hidrelétrica de Belo Monte é particularmente controversa porque cinco represas planejadas teriam impactos especialmente sérios rio acima de Belo Monte, inclusive a barragem de Altamira/Babaquara, de 6.140 km², cujos impactos incluem a inundação de terra indígena, destruição de floresta tropical e emissão de gases de efeito estufa. A existência de Belo Monte aumentaria grandemente a atratividade financeira das represas a montante.

Os casos de Belo Monte e das outras barragens do rio Xingu ilustram a necessidade absoluta de se considerar as interligações entre projetos diferentes de infraestrutura e incluir estas considerações

como uma condição prévia para construir ou autorizar quaisquer dos projetos. Adiar a análise dos projetos mais controversos não é uma solução. Uma estrutura institucional precisa ser criada por meio do qual possam ser feitos compromissos para não construir projetos de infra-estrutura específicos que são identificados como danosos, um critério que provavelmente incluiria a hidrelétrica de Altamira/Babaquara e as outras represas planejadas a montante de Belo Monte na bacia do rio Xingu. O alto custo ambiental e social de barragens hidrelétricas indica a necessidade do País reavaliar a sua alocação de eletricidade a indústrias de exportação eletro-intensivas, tais como o beneficiamento de alumínio.

Referência

(1) Pinto, L.F. 2004. "CVRD: agora também na Amazônia ocidental". *Jornal Pessoal* [Belém] 15 de novembro de 2004, p. 3.

(Tradução abreviada e atualizada Fearnside, P.M., 2006. Dams in the Amazon: Belo Monte and Brazil's Hydroelectric Development of the Xingu River Basin. *Environmental Management* 38(1): 16-27).

Mais informações estão disponíveis em <http://philip.inpa.gov.br>.

<http://colunas.globoamazonia.com/philipfearnside/>



Belo Monte e o efeito estufa 1: A polêmica sobre hidrelétricas como ‘energia limpa’

qui, 26/11/09

por Globo Amazônia /

categoria [Uncategorized](#)

Finalmente, a Eletronorte não aceita mais, após 20 anos de exaustivas e repetidas explicações como esta, que “cientistas” continuem afirmando sem qualquer comprovação que “Tucuruí é virtualmente uma fábrica de metano”. Virtuais têm sido essas previsões catastróficas que apenas corroboram a opinião de quem, quer esteja bem informado ou não, deseja nada mais do que falar mal do Brasil.

ELETRONORTE – Comunicação Empresarial – 2004.

Esta “pérola” permaneceu no site da ELETRONORTE durante vários anos antes de sumir. Ainda pode ser lida na íntegra em <http://philip.inpa.gov.br>, na seção “Controvérsias Amazônicas”. A assessoria de comunicação da ELETRONORTE lançou esta nota sob o título “Eletronorte responde The New York Times”.(1) Embora os “cientistas” que afirmam que Tucuruí é uma “fábrica de metano” não são identificados, este autor é o cientista citado no artigo do New York Times(2) e o uso deste termo por mim é conhecido.(3) Infelizmente, hidrelétricas como Tucuruí funcionam, sim, como fábricas de metano, transformando o carbono do CO₂ da atmosfera em metano, e assim multiplicando por mais de nove o impacto no aquecimento global de cada tonelada (megagrama = Mg) de carbono que é transformada e liberada para a atmosfera.

A energia de hidrelétrica é geralmente apresentada como “energia limpa”, pelo menos na perspectiva do aquecimento global. Evidentemente, os reservatórios de hidrelétricas são bem conhecidos por causarem outros graves impactos, tais como: deslocar populações humanas e alterar radicalmente os ecossistemas terrestres e aquáticos. Infelizmente, as emissões de gases têm efeito que representam um significativo impacto adicional de muitas barragens, especialmente nos trópicos. A indústria hidrelétrica tem reagido fortemente para desvalorizar estas conclusões, mas sucessivas confirmações dos resultados torna esta resistência cada vez mais difícil de justificar.

“It’s baloney!” [“É asneira!”]. Foi esta a resposta inicial da indústria, tal como expressa pelo porta-voz da Associação Hidrelétrica dos Estados Unidos. O que tinha suscitado a reação foi o meu cálculo para a hidrelétrica de Balbina, que mostrou essa barragem sendo pior do que os combustíveis fósseis, em termos de emissões de gases do efeito estufa.(4) Um grupo canadense também havia mostrado que os reservatórios da zona temperada podem liberar gases do efeito estufa.(5) Isso foi apenas o início de um longo debate, que continua até hoje. Mensurações diretas têm confirmado que as grandes quantidades de água que atravessam as turbinas de barragens tropicais liberam metano logo abaixo das barragens de Petit-Saut, na Guiana Francesa,(6) e Balbina, no Brasil.(7,8)

Publiquei um artigo na revista *Water, Air and Soil Pollution*, onde digo que, em 1990, a UHE-Tucuruí (então com 6 anos de idade) liberava mais gases do efeito estufa do que a cidade de São Paulo.(9) Mais uma vez ocorreram reações. O então presidente da ELETROBRÁS (agência governamental brasileira que promove a construção de hidrelétricas) alegou que o estudo mostrou que aqueles que dizem que hidrelétricas promovem grandes emissões de gases do efeito estufa (ou seja, eu) estão a serviço dos lobbies das termoeletricas e da energia nuclear.(10) Evidentemente, uma resposta foi dada.(11)

Em um revide seguinte(12) [ver resposta(13)], disseram que as bolhas de uma garrafa de guaraná, tomada lentamente ao longo de meia hora, iriam revelar o erro de minha utilização de Coca-Cola como a ilustração da Lei de Henry – princípio químico de que os gases têm maior solubilidade sob maior pressão.(14) Eu tinha usado como exemplo as bolhas de CO₂ liberadas quando uma garrafa de Coca-Cola é aberta, para explicar por que tanto metano (CH₄) é liberado quando a água do fundo de um reservatório sai das turbinas. Infelizmente, faz pouca diferença se todas as bolhas de gás surgem imediatamente ou se o processo continua por meia hora ou mais (como aconteceu com uma garrafa de guaraná). O fato importante é que a água no fundo de um reservatório está sob alta pressão e

contém uma elevada concentração de metano dissolvido. Quando a pressão é liberada subitamente na hora da água sair das turbinas, a maior parte deste metano é liberada.

O metano se acumula na água perto da parte inferior da coluna d'água do reservatório porque é termicamente estratificada (geralmente a um ponto menos de 10 m abaixo da superfície), de tal forma que a água fria na camada profunda não se mistura com a camada mais quente na superfície. Então, como as águas profundas praticamente não têm oxigênio, a decomposição da matéria orgânica termina em CH₄, em vez de CO₂. O material orgânico submerso continua em decomposição, vindo tanto da vegetação original e do solo que estavam presentes antes do reservatório ser formado, como do carbono que entre no reservatório, por exemplo das gramíneas e outros tipos de vegetação mole que cresce anualmente na faixa de terra nas margens, que é exposta à flutuação no nível do reservatório. Ao contrário de um lago natural, onde um córrego drena a água próxima da superfície, uma represa hidrelétrica é como uma banheira onde se puxa a tampa do fundo. A saída de um reservatório é através de turbinas que estão localizadas em profundidades onde a água está cheia de metano. Embora as emissões sejam maiores nos primeiros anos, depois do reservatório ser enchido, o alagamento anual pode sustentar permanentemente um apreciável nível de emissões.(15)

Uma vez que o impacto sobre o aquecimento global de uma tonelada de metano é muito maior do que o impacto de uma tonelada de CO₂, a libertação de metano pelas barragens hidrelétricas dá uma contribuição significativa para o efeito estufa. As estimativas do impacto de metano, comparado ao CO₂, tem aumentado ao longo dos últimos anos. O Protocolo de Kyoto adotou uma conversão de 21, ou seja, 1 tonelada de metano tem o impacto sobre aquecimento global, ao longo de 100 anos, igual a 21 t de gás de CO₂, baseado no segundo relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), de 1996. Subsequente, o IPCC aumentou a estimativa dessa conversão para 23 no relatório de 2001 e para 25 no relatório de 2007. Estes valores consideram apenas efeitos diretos do metano, mas simulações recentes indicam que interações gás-aerosol aumentam o valor para 34.(16) Portanto, o impacto das hidrelétricas é ainda maior do que se pensava antes.

A omissão do metano emitido a partir das turbinas e dos vertedouros são a principal razão pela qual a minha estimativa de emissões de gases emitidos por barragens hidrelétricas brasileiras é mais de dez vezes superior às estimativas oficiais que o Brasil apresentou para a Convenção do Clima em seu inventário nacional.(17) É pertinente mencionar que o funcionário responsável pelo inventário nacional do Brasil confessou, publicamente, que convidou a ELETROBRÁS para coordenar a parte

do relatório sobre emissões de hidrelétricas, especificamente porque essa agência produziria um resultado politicamente conveniente que poderia evitar pressões internacionais sobre o Brasil, para reduzir suas emissões (Brasil, MCT, 2002;:

“Nós [o setor de clima do MCT] conversamos com o Prof. Pinguelli [Rosa] e eu pedi ajuda da ELETROBRÁS [sobre o assunto de emissões de gás de efeito estufa de hidrelétricas]; aliás quem coordenou esse trabalho [i.e., o trabalho apresentado em ref. 10] foi a ELETROBRÁS exatamente por causa disso, porque esse assunto estava virando político. Ele tem um impacto muito grande no nível mundial, nós vamos sofrer pressão dos países desenvolvidos por causa desse assunto. E esse assunto era pouco conhecido. É maltratado. Ele é maltratado e continua sendo maltratado pelo próprio Philip Fearnside e nós temos que tomar muito cuidado. Esse debate que está acontecendo agora na imprensa mostra claramente isso, quer dizer, você pega qualquer declaração e leva para um lado para mostrar que o Brasil não é limpo, que o Brasil está se omitindo muito, que o Brasil, implicitamente, no futuro tem que ter compromisso [para reduzir as emissões]. Esse que é o grande debate político e nós estamos nos preparando para isso”.(18)

Esta “pérola” permaneceu no site da MCT/Clima de 2002 a 2006. Ainda pode ser lido na íntegra em <http://philip.inpa.gov.br>, na seção “Controvérsias Amazônicas”. Ver também a resposta, disponível no mesmo site.(11)

A controvérsia sobre gases do efeito estufa a partir de barragens hidrelétricas, assim como em muitas controvérsias científicas, pode levar as pessoas não envolvidas na questão a supor que a verdade deve situar-se entre os dois lados, provavelmente no ponto médio. O teorema do centro-limite é um bom guia para a interpretação de uma série de medições, por exemplo no caso de medições das concentrações de gás na água em um determinado local e momento, mas infelizmente, o teorema não se aplica quando as diferenças são causadas por omissões de componentes importantes de um problema, neste caso, as principais fontes de emissões de metano: as turbinas e os vertedouros. Ambas posições desta controvérsia estão disponíveis na seção “Controvérsias Amazônicas”, do site <http://philip.inpa.gov.br>.

Esta questão da emissão de represas hidrelétricas tem ganhado maior atenção pública na sequência da troca de opiniões na revista *Climatic Change*.(10-13) Peritos independentes, convidados para comentar sobre o debate, reconheceram o potencial de barragens em produzir quantidades substanciais de emissões pelas suas turbinas e vertedouros, e recomendaram que o IPCC preparasse

um relatório especial sobre o assunto.(19) Começando em 2006, a Organização Educacional e Científica da Organização das Nações Unidas (UNESCO) tem convocado uma série de reuniões para promover a intensificação de pesquisas sobre o assunto.(20)

O fato de que barragens hidrelétricas produzem significantes emissões de gases tem uma variedade de implicações práticas: uma delas é a possibilidade de capturar algum metano como uma fonte de energia.(21) Outra é a necessidade de reduzir o benefício líquido atribuível às barragens no cálculo de créditos de carbono que algumas delas são elegíveis para ganhar sob o Protocolo de Kyoto. O mais importante é ter uma contabilidade razoavelmente completa dos impactos (e benefícios), de projetos de desenvolvimento propostos, de maneira que escolhas racionais possam ser feitas no melhor interesse da sociedade.

Referências

(1) Brasil, ELETRONORTE. 2004. Eletronorte responde The New York Times. Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. (ELETRONORTE), Brasília. (disponível em: http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/Other%20side-outro%20lado/Hydroelectric%20emissions/Eletronorte%20em%20resposta%20ao%20artigo%20publicado%20na%20NY%20Times.pdf)

(2) Rohter, L. 2004. "Drowned, not downed, trees in the Amazon get nasty". The New York Times, 07 de setembro de 2004.

(3) Fearnside, P.M. 2004. Gases de efeito estufa em hidrelétricas da Amazônia. *Ciência Hoje* 36(211): 41-44.

(4) Fearnside, P.M. 1995. Hydroelectric dams in the Brazilian Amazon as sources of 'greenhouse' gases. *Environmental Conservation* 22(1): 7-19.

(5) Rudd, J.W.M., R., Harris, C.A. Kelly & R.E. Hecky. 1993. Are hydroelectric reservoirs significant sources of greenhouse gases? *Ambio* 22(4): 246-248.

(6) April, 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-year old tropical reservoir (Petit Saut, French Guiana). *Global Biogeochemical Cycles* 19, GB4007, doi: 10.1029/2005GB002457.

(7) 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.

(8) Kemenes, A., B.R. Forsberg & J.M. Melack. 2008. As hidrelétricas e o aquecimento global. *Ciência Hoje* 41(145): 20-25.

(9) Fearnside, P.M. 2002. Greenhouse gas emissions from a hydroelectric reservoir (Brazil's Tucuruí Dam) and the energy policy implications. *Water, Air and Soil Pollution* 133(1-4): 69-96.

(10) 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.

(11) Fearnside, P.M. 2004. Greenhouse gas emissions from hydroelectric dams: Controversies provide a springboard for rethinking a supposedly "clean" energy source. *Climatic Change* 66(1-2): 1-8.

(12) 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.

(13) Fearnside, P.M. 2006. Greenhouse gas emissions from hydroelectric dams: Reply to Rosa et al. *Climatic Change* 75(1-2): 103-109.

(14) McCully, P. 2006. *Fizzy Science: Loosening the Hydro Industry's Grip on Greenhouse Gas Emissions Research*. International Rivers Network, Berkeley, California, E.U.A. 24 p. (Disponível em: http://www.irn.org/programs/madeira/index.php?id=archive/061117proj_pr.html).

(15) Fearnside, P.M. 2005. Hidrelétricas planejadas no rio Xingu como fontes de gases do efeito estufa: Belo Monte (Kararaô) e Altamira (Babaquara). p. 204-241 In: Sevá Filho, A.O. (ed.) *Tenotãmõ: Alertas sobre as conseqüências dos projetos hidrelétricos no rio Xingu, Pará, Brasil*, International Rivers Network, São Paulo. 344 p. (Disponível em: http://www.irn.org/programs/_archive/latamerica/pdf/TenotaMo.pdf).

(16) 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.

(17) Brasil, Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT). 2004. Brazil's Initial National Communication to the United Nations Framework Convention on Climate Change. MCT, Brasília, DF. 271 p. [ver. p. 154] (Disponível em: http://www.mct.gov.br/upd_blob/5142.pdf).

(18) Brasil, Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT). 2002. Degravação do workshop: Utilização de Sistemas Automáticos de Monitoramento e Medição de Emissões de Gases de Efeito Estufa da Qualidade da Água em Reservatórios de Hidrelétricas, Centro de Gestão de Estudos Estratégicos do MCT, Brasília – DF, 06 de fevereiro de 2002. Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), Brasília, DF. (disponível em: http://philip.inpa.gov.br/SITE/publ_livres/Other_side-outro_lado/hydroelectric_emissions/Degravacao_de_workshop-workad.pdf).

(19) Cullenward, D. & D.G. Victor. 2006. The dam debate and its discontents. *Climatic Change* 75(1-2): 81-86.

(20) Giles, J. 2006. Methane quashes green credentials of hydropower. *Nature* 444: 524-525.

(21) Ramos, F.M., L.A.W. Bambace, I.B.T. Lima, R.R. Rosa, E.A. Mazzi & P.M. Fearnside. 2009. Methane stocks in tropical hydropower reservoirs as a potential energy source: An editorial essay. *Climatic Change* 93(1): 1-13.

(Tradução e atualização de: 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. Controvérsias sobre o efeito estufa. Por que a energia hidrelétrica não é limpa. p. 270-271 In: I.S. Gorayeb (ed.). Amazônia. Jornal "O Liberal"/VALE, Belém, Pará. 384 p.)

Mais informações estão disponíveis em <http://philip.inpa.gov.br>.

<http://colunas.globoamazonia.com/philipfearnside/>



Belo Monte e os Gases de Efeito Estufa 2: Princípios Básicos sobre Emissões de Hidrelétricas

seg, 14/12/09

por Globo Amazônia /

categoria [Uncategorized](#)

Embora hoje seja amplamente reconhecido que represas hidrelétricas emitem gases de efeito estufa, muita discordância permanece sobre as questões de quanto é emitido e quando, de que fontes são derivados os gases e quanto desta emissão é uma contribuição líquida ao efeito estufa. Estas diferenças têm implicações significantes para as políticas públicas e as diferenças conduzem a conclusões discrepantes, como se há um benefício climático para qualquer determinada represa hidrelétrica quando comparado com a eletricidade gerada por combustíveis fósseis.

Represas variam amplamente na quantidade de gases de efeito estufa que elas emitem. Considera-se que represas tropicais emitem mais gases de efeito estufa do que represas em áreas temperadas e boreais, mas é um engano pensar que só represas tropicais emitem gases. Dentro dos trópicos há também variação em emissões. Recentemente, tem havido progresso significativo na medição de emissões ao longo do ciclo anual em represas individuais, especialmente em Petit Saut, na Guiana francesa(1,2) e em Balbina, no Brasil.(3,4)

Além do monitoramento de perfis de metano e emissões de superfície durante um ou mais ciclos anuais em Petit Saut e Balbina, foram feitas medidas pontuais de emissões de superfície em outros reservatórios amazônicos: Tucuruí,(5,6) Samuel(5,6) e Curuá-Uma.(7) E também, foram feitas medidas de emissões de superfície para vários reservatórios não amazônicos no Brasil: Serra Mesa(5) e Três Marias, Miranda, Barra Bonita, Xingó e Segredo.(8) Perfis de concentração de metano durante breves períodos de amostragem (campanhas de campo) têm sido medidas na Serra da Mesa e em Manso(9) e, informações adicionais sobre ciclagem de carbono para estes dois reservatórios também foram obtidas.(9,10)

Uma vez que não é possível ter medidas diretas para mais do que alguns poucos dos reservatórios existentes e, que medidas diretas em reservatórios propostos são impossíveis, é importante ter um arcabouço de cálculo para estimar as emissões de gases de efeito estufa a partir de outros parâmetros dos reservatórios. Por falta de alternativas melhores, o método de aproximação mais utilizado até agora, é o de simplesmente fazer extrapolações a partir das poucas medidas diretas existentes. Essas extrapolações presumem emissões constantes por unidade de área de reservatório, ou alternativamente, emissões constantes por megawatt de capacidade instalada ou de eletricidade gerada (e.g., ref. 11). Tais extrapolações têm a vantagem de não requerer nenhuma informação detalhada sobre as características de cada represa.

Um método mais exigente inclui uma série de cálculos baseado no perfil de concentração de metano, ciclos sazonais em concentração, profundidade das turbinas e vertedouros, junto com informações sobre os níveis de água no reservatório e a posição das turbinas e vertedouros, e os respectivos fluxos de água nessas estruturas. Isto foi aplicado em Tucuruí, Curua-Una e Samuel.(12-14) O ponto fraco desse método é a necessidade de ter um perfil medido de concentração de metano na coluna de água ou a aceitação da suposição de que o perfil de outro reservatório pode ser aplicado para o reservatório em questão. Para evitar esta suposição limitante, é necessário um método que calcule os valores de concentração de metano a partir de dados sobre o carbono vindo de várias fontes, tais como os estoques iniciais na biomassa e no solo e o carbono renovável introduzido por fotossíntese feito por macrófitas e pela vegetação na zona de deplecionamento.

Os princípios básicos se aplicam para prover um arcabouço melhor para estimar as emissões líquidas de represas, tanto para aquelas já construídas como para as propostas, como Belo Monte. Tais estimativas estão baseadas no princípio de que é necessário sempre fazer o melhor uso das informações disponíveis. Com o passar do tempo, estas informações poderão ser melhoradas em

quantidade e confiabilidade, mas a cada momento no tempo, as decisões são fundamentadas no melhor uso das informações disponíveis.

Princípios

1.) Adicionalidade

Uma pergunta fundamental no cálculo de emissões de gás de efeito estufa de represas hidrelétricas, assim como para outros tipos de mudanças antropogênicas é se as emissões são “adicionais” àquelas que teriam sido emitidas na ausência da intervenção. Este não só é o princípio que guia ações de mitigação sob o Protocolo de Kyoto (i.e., de diminuir emissões líquidas) como também é a base para entender o papel de fontes novas que acrescentam às emissões humanas.

Contabilizar todas as emissões de CO₂ de uma represa como adicionais ignora o fato que grande parte de qualquer CO₂ presente na água do rio, sem a barragem, teria sido emitida da mesma forma. Richey et al.(15) encontraram uma emissão volumosa de CO₂ da água no rio Amazonas e, na realidade, nada desse volume poderia ter se originado em reservatórios hidrelétricos. Se uma represa é construída e, ao invés de ser emitido no rio Amazonas a emissão de CO₂ acontece na superfície do reservatório ou na saída das turbinas, isto não representa uma contribuição adicional ao efeito estufa.

O CO₂ foi contado integralmente em vários estudos de emissões por reservatórios.(3,4,8,11) O autor do presente estudo não leva em conta a emissão de CO₂ da superfície ou das turbinas e vertedouros, mas considera a emissão de CO₂ pela decomposição das árvores mortas acima da água que se projetam para fora do lago.

2.) Contar todas as fontes e sumidouros

Ao avaliar emissões de represas hidrelétricas deveria ser um princípio básico contar todas as fontes e sumidouros. A omissão de importantes caminhos de emissão foi a principal causa das conclusões de alguns grupos (por exemplo, ref. 8) de que represas produzem quantias pequenas de gases de efeito estufa e que, em termos de emissões, as hidrelétricas quase sempre comparam muito favoravelmente com geração termoelétrica.(16,17)

A dificuldade de medir as emissões que acontecem dentro das turbinas e logo abaixo da saída das turbinas faz com que alguns estudos calculem a emissão somente com base nos fluxos de superfície medidos a jusante após os primeiros metros de água turbulenta no rio, subestimando a emissão significativamente. As medidas de emissões das turbinas e dos vertedouros deveriam ser feitas levando-se em consideração a diferença entre as concentrações de gás na água acima da barragem ao nível da entrada dessas estruturas e, imediatamente abaixo do ponto de liberação. Medidas de fluxo a jusante têm um papel importante mostrando o destino dos gases dissolvidos que permanecem depois da passagem inicial pela barragem, mas estas medidas não substituem uma estimativa baseada na diferença antes e depois da própria barragem.

Todas as fontes pré-represa devem ser contabilizadas, inclusive a formação de poças, térmitas (cupins) e fluxos de gases do solo. Deve ser lembrado que os locais onde represas hidrelétricas se situam normalmente não são áreas alagadas e sim áreas com cachoeiras, sendo que esses locais tem maior potencial para gerar energia. Portanto, as altas emissões de metano associadas com áreas alagadas não se aplicam à maioria da vegetação pré-represa, ao contrário das suposições de alguns estudos.

Podem se agrupar fontes de carbono para emissões de gases de efeito estufa em quatro categorias:

1.) Estoques de carbono que estavam presentes na vegetação e no solo antes do enchimento do reservatório. Estes incluem os estoques pré-existente na zona de deplecionamento que só é inundada de acordo com a determinada época do ano e qualquer vegetação localizada próxima do reservatório que é afetada por alterações no lençol freático.

2.) Carbono de forma dissolvida ou particulada que entra no reservatório provenientes dos rios e córregos que entram no lago. Este carbono vem de erosão do solo e de liteira e outros tipos de matéria orgânica da bacia hidrográfica. A parte particulada deste carbono é uma fonte de entrada ininterrupta de carbono fresco, facilmente degradada, que vai para os sedimentos do fundo do reservatório. Esta camada de sedimento é o local de metanogênese, fornecendo CH₄ à coluna d'água por difusão e contribuindo para emissões da superfície por borbulhamento. (9,18)

3.) Carbono que é fixado dentro do reservatório ou no ecossistema aquático (plâncton, perifiton e macrofitas) ou em crescimento anual de vegetação terrestre na zona de deplecionamento, de acordo com a época inundada.

4.) Carbono que é liberado aerobicamente das árvores que são mortas quando o reservatório é inundado. Este inclui a decomposição acima d'água das porções das árvores mortas que estão projetadas sobre a superfície do reservatório, decomposição aeróbica de troncos flutuantes que se movimentam a deriva até a beira do lago, e a decomposição de árvores na floresta circunvizinha que são mortas perto da margem do reservatório devido a alterações no lençol freático provocadas pelo reservatório. Além de decomposição, árvores mortas no reservatório podem liberar carbono em queimadas durante eventos de abaixamento extremos do nível d'água (como aconteceu em Balbina e Samuel durante o El Niño de 1997-1998).

Referências

(1) 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.

(2) Guérin, F., G. Abril, S. Richard, B. Burban, C. Reynouard, P. Seyler & R. Delmas. 2006. Methane and carbon dioxide emissions from tropical reservoirs: Significance of downstream rivers. *Geophysical Research Letters* 33, L21407, doi: 10.1029/2006GL027929.

(3) 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.

(4) Kemenes, A., B.R. Forsberg & J.M. Melack. 2008. As hidrelétricas e o aquecimento global. *Ciência Hoje* 41(145): 20-25.

(5) de Lima, I.B.T. 2005. Biogeochemical distinction of methane releases from two Amazon hydro reservoirs. *Chemosphere* 59: 1697-1702.

(6) 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. 119 p. http://www.mct.gov.br/clima/comunic_old/pdf/metano_p.pdf

- (7) Duchemin, É., M. Lucotte, R. Canuel, A.G. Queiroz, D.C. Almeida, H.C. Pereira & J. Dezincourt. 2000. Comparison of greenhouse gas emissions from an old tropical reservoir with those of other reservoirs worldwide. *Verhandlungen International Vereinigung für Limnologie* 27: 1391-1395.
- (8) 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.
- (9) Abe, D.S., D.D. Adams, C. Sidagis-Galli, A.P. Cimblaris J.G Tundisi. 2005. Carbon gas cycling in the sediments of Serra da Mesa and Manso reservoirs, central Brazil. *Verhandlungen International Vereinigung für Limnologie* 29: 567-572.
- (10) Sikar, E., M.A. Santos, B. Matvienko, M.B. Silva, C.H. Rocha, E. Santos, A.P. Bentes Junior & L.P. Rosa. 2005. Greenhouse gases and initial findings on the carbon circulation in two reservoirs and their watersheds. *Verhandlungen International Vereinigung für Limnologie* 29: 573-576.
- (11) Saint Louis, V.C., C. Kelly, E. Duchemin, J.W.M. Rudd & D.M. Rosenberg. 2000. Reservoir surface as sources of greenhouse gases to the atmosphere: A global estimate. *Bioscience* 20: 766–775.
- (12) Fearnside, P.M. 2002. Greenhouse gas emissions from a hydroelectric reservoir (Brazil's Tucuruí Dam) and the energy policy implications. *Water, Air and Soil Pollution* 133(1-4): 69-96.
- (13) Fearnside, P.M. 2005. Brazil's Samuel Dam: Lessons for hydroelectric development policy and the environment in Amazonia. *Environmental Management* 35(1): 1-19.
- (14) Fearnside, P.M. 2005. 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.
- (15) Richey, J.E., J.M. Melack, A.K. Aufdenkampe, V.M. Ballester, & L.L Hess. 2002. Outgassing from Amazonian rivers and wetland as a large tropical source of atmospheric CO₂. *Nature* 416: 617-620.
- (16) Fearnside, P.M. 2004. Greenhouse gas emissions from hydroelectric dams: Controversies provide a springboard for rethinking a supposedly “clean” energy source. *Climatic Change* 66(1-2): 1-8.

(17) Fearnside, P.M. 2006. Greenhouse gas emissions from hydroelectric dams: Reply to Rosa et al. *Climatic Change* 75(1-2): 103-109.

(18) Adams, D.D. 2005. Theoretical diffuse flux of greenhouse gases (CH₄ and CO₂) at the sediment-water interface of some lakes and reservoirs worldwide as related to their trophic conditions *Verhandlungen International Vereinigung für Limnologie* 29: 583-586.

(Abreviada e atualizada de 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).

Mais informações estão disponíveis em philip.inpa.gov.br.

<http://colunas.globoamazonia.com/philipfearnside/>



Belo Monte e os Gases de Efeito Estufa 3: O impacto das Emissões de Gases de Efeito Estufa

ter, 15/12/09

por Globo Amazônia

categoria [Uncategorized](#)

A tomada de decisão sobre desenvolvimento energético requer uma avaliação abrangente dos custos ambientais e dos benefícios de cada alternativa. Embora o benefício das hidrelétricas em substituir a queima de combustíveis fósseis em usinas termoelétricas seja amplamente conhecido, a emissão de gases de efeito estufa tem recebido relativamente pouca atenção. As emissões de gases de efeito estufa são particularmente altas em áreas de floresta tropical. As represas hidrelétricas em áreas tropicais, como a Amazônia brasileira, emitem gás carbônico (CO₂) pela decomposição das árvores acima da lâmina d'água, que são deixadas em pé na hora de encher os reservatórios, e também libera metano (CH₄) por decomposição sob condições anaeróbicas no fundo do reservatório. O metano é liberado através de vários caminhos, inclusive por bolhas e difusão pela superfície, e é liberado no transcurso da água pelas turbinas e vertedouros. A vegetação herbácea, de fácil decomposição, cresce rapidamente na zona de deplecionamento, ou de "drawdown", que é a área do fundo do reservatório que fica exposta quando o nível da água é periodicamente rebaixado. Quando o nível d'água sobe, a biomassa se decompõe no fundo do reservatório, produzindo metano.

Os reservatórios são termicamente estratificados, com uma faixa (termoclina) localizada entre 2 e 3 m de profundidade. A temperatura da água diminui abruptamente abaixo da termoclina, e a água abaixo desta camada não se mistura com a água da superfície. Esta água abaixo da termoclina (o hipolimnion) logo se torna anóxica e a vegetação herbácea da zona de deplecionamento que se decompõe sob essas condições produz CH₄ em lugar de CO₂. Uma tonelada de CH₄ provoca muito mais impacto sobre o efeito estufa que uma tonelada de CO₂. O Quarto Relatório de Avaliação (AR-4) do Painel Intergovernmental sobre Mudança do Clima (IPCC) indica a tonelada de metano com 25 vezes mais impacto que CO₂, quando é utilizado o fator de conversão (potencial de aquecimento global, ou GWP) calculado para um período de 100 anos. (1) O valor do GWP de metano é crítico para o impacto de hidrelétricas no aquecimento global. O relatório AR-4 revisou este valor e o elevou em relação ao valor de 23 utilizado no Terceiro Relatório de Avaliação (2), que, por sua vez, já havia revisado e elevado o valor em relação ao valor de 21 usado no Segundo Relatório de Avaliação (3). Um valor mais recente, que reflete as interações com outros gases e com aerossóis, indica o metano com 34 vezes mais impacto que CO₂ para o mesmo período de análise (4). O valor mais recente, de 34, representa um aumento de 62% no impacto atribuído ao metano com relação ao valor de 21, que foi adotado pelo Protocolo de Kyoto para o período até 2012. O valor mais recente do GWP de metano, significa que uma tonelada de carbono em forma de CH₄ tem 12.4 vezes mais impacto que uma tonelada de carbono em forma de CO₂. Ou seja, transformar o carbono do CO₂ da atmosfera em metano multiplica por mais de doze vezes o impacto no aquecimento global de cada tonelada (megagrama = Mg) de carbono que é transformada e liberada para a atmosfera.

Não se acredita que a madeira das árvores submersas seja uma fonte significativa de carbono para a produção de metano porque o tecido vegetal lignificado (madeira) decompõe-se a uma taxa extraordinariamente lenta sob condições anaeróbicas. Árvores ainda são utilizáveis como madeira mesmo depois de permanecerem várias décadas submersas, como demonstrado pela experiência em Tucuruí onde, mais de duas décadas depois do enchimento em 1984, a represa ainda é cena de disputas entre vários pretendentes interessados na exploração do estoque de madeira subaquática. Em contrapartida, a vegetação herbácea decompõe-se rapidamente, liberando assim seu estoque de carbono na forma de gases, uma parte da qual é liberada para a atmosfera.

O recrescimento da vegetação na zona de deplecionamento do reservatório, a cada ano, remove gás carbônico da atmosfera pela fotossíntese, e reemite o carbono na forma de metano quando a vegetação é inundada. O reservatório, então, age como uma verdadeira fábrica de metano,

convertendo continuamente o CO₂ em CH₄. A fonte de carbono da inundação anual da zona de deplecionamento é permanente, diferente do carbono da liteira fina, folhas e carbono instável (lábil) orgânico do solo da floresta original. Estes estoques de carbono se decompõem durante os primeiros anos depois do enchimento do reservatório. Tapetes de macrófitas (plantas aquáticas), outra fonte de biomassa facilmente decomposta, diminuem a níveis reduzidos quando a fertilidade da água alcança um equilíbrio mais baixo depois de esgotar o pulso inicial de nutrientes que segue o enchimento do reservatório. Emissões de represas hidrelétricas são muito mais altas durante os primeiros anos, tanto de CH₄ gerado pela decomposição subaquática da biomassa herbácea do reservatório como de CO₂ oriundo da decomposição da parte acima d'água das árvores da floresta original deixada em pé no reservatório. Porém, a provisão ininterrupta de biomassa herbácea da zona de deplecionamento, e de macrófitas, garante certo nível de emissão permanente.

Estimativas anteriores de emissões de gases de efeito estufa de reservatórios amazônicos geralmente calcularam as emissões em um único momento no tempo, por exemplo, 1990, que é o ano padrão de referência para inventários nacionais de gases de efeito estufa sob a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima (UN-FCCC).(5-8) Um estudo incluiu o caminho de tempo de emissões de decomposição da biomassa da floresta original.(9) Estimativas de emissões de metano geralmente confiaram na suposição que uma concentração medida em uma represa pode ser extrapolada diretamente para outras represas de idade semelhante. Precisa-se de um modelo explícito dos estoques de carbono e da sua degradação para poder calcular as emissões com o passar do tempo em um determinado reservatório e em reservatórios com diferentes idades, manejo de água e outras características. O modelo desenvolvido para este propósito é descrito nas seções seguintes. A informação apresentada aqui é aplicável à represas em toda a região amazônica brasileira e para outras regiões tropicais com condições ambientais semelhantes. Porém, as características de cada represa determinarão as quantidades de gases de efeito estufa emitidas por cada caminho, e o impacto ou benefício líquido uma vez levado em conta a substituição de combustível.

Referências

(1) Forster, P. & 50 outros, 2007. Changes in atmospheric constituents and radiative forcing. pp. 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 pp. (pág. 212).

(2) 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. 944 p. (pág. 388).

(3) 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. (pág. 121).

(4) 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.

(5) Fearnside, P.M. 1995. Hydroelectric dams in the Brazilian Amazon as sources of 'greenhouse' gases. Environmental Conservation 22(1): 7-19.

(6) Fearnside, P.M. 2002. Greenhouse gas emissions from a hydroelectric reservoir (Brazil's Tucuruí Dam) and the energy policy implications. Water, Air and Soil Pollution 133(1-4): 69-96.

(7) Fearnside, P.M. 2005. Brazil's Samuel Dam: Lessons for hydroelectric development policy and the environment in Amazonia. Environmental Management 35(1): 1-19

(8) Fearnside, P.M. 2005. 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.

(9) 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.

(Abreviada e atualizada de 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).

Mais informações estão disponíveis em philip.inpa.gov.br.

<http://colunas.globoamazonia.com/philipfearnside/>



Belo Monte e os Gases de Efeito Estufa 4: A Produção e Liberação de Metano

qua, 16/12/09

por Globo Amazônia /

categoria [Uncategorized](#)

O metano produzido por decomposição subaquática pode ser liberado de vários modos, incluindo o borbulhamento (ebulição) e a difusão pela superfície do reservatório. O borbulhamento permite que o CH₄ atravesse a barreira da termoclina e é altamente dependente da profundidade da água em cada ponto no reservatório, com emissões de bolhas muito maiores a profundidades mais rasas. A difusão é importante no primeiro ano, porque as populações bacterianas na água de superfície (epilimnion) aumentam, com o resultado que qualquer metano que se difunde por esta camada seja oxidado para CO₂ antes de alcançar a superfície.(1,2) As emissões de superfície também são mais altas nos primeiros anos depois do enchimento porque o estoque de carbono nas folhas e folhíço da floresta original e na fração instável do carbono do solo está sendo liberado do fundo do reservatório na forma de metano. Estes estoques de carbono iniciais diminuirão na medida em que eles são progressivamente exauridos e, nos anos posteriores, o carbono somente estará disponível de fontes renováveis, tais como as macrófitas e o recrescimento na zona de deplecionamento (assim como também o carbono do solo que entra no reservatório oriundo da erosão rio acima).

Estão faltando estudos para quantificar o papel relativo de diferentes fontes de carbono. No caso do reservatório de Petit Saut, na Guiana francesa, Galy-Lacaux et al. (3) acreditam que o carbono do solo é a principal fonte nos primeiros anos. O estoque de carbono instável do solo é relativamente

grande, comparado aos outros estoques de carbono facilmente degradado. O presente cálculo usa o estoque de carbono instável (hidrolisável) do solo de 54 Mg C/ha medido nos 60 cm superficiais de um Ultisol (podzólico) amazônico típico .(4) Suposições relativas à taxa de decomposição dos estoques produzem um total teórico para o carbono liberado na água na forma de CH₄. Considerando o efeito de diluição pelos influxos de água para o reservatório, a quantidade de carbono que se decompõe anaerobicamente por km³ (109 m³) de água pode ser calculada. Esta quantidade foi calculada para dois reservatórios existentes em áreas de floresta tropical (Petit Saut e Tucuruí) e relacionado à concentração de CH₄ na água a uma profundidade padronizada (30 m) nos mesmos reservatórios.

A quantidade de carbono que se decompõe anaerobicamente é a soma das porções que se decompõe de folhas originais e folhiço, carbono instável do solo, macrófitas não encalhadas e vegetação inundada na zona de deplecionamento. A quantidade de água é o volume do reservatório ao final do mês, mais os influxos durante o referido mês e o mês anterior. A quantidade de carbono que se decompõe anaerobicamente (calculada de acordo com as suposições dadas acima) relacionada à concentração de CH₄ aos 30 m de profundidade é mostrada na Figura 1. Os dados de concentração são de Petit Saut (3), com exceção do ponto extremo no lado esquerdo, com 6 mg CH₄/litro aos 30 m de profundidade, que é de Tucuruí .(5) A faixa de valores para a quantidade de carbono que se decompõe anaerobicamente é dividida em três segmentos para o cálculo da concentração de CH₄ aos 30 m de profundidade (equações 1-3).

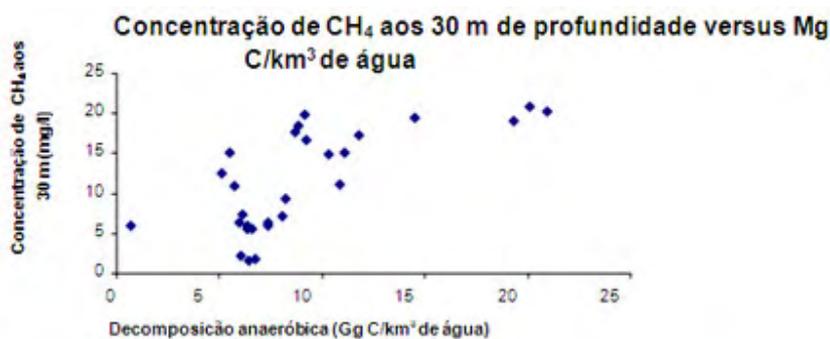


Figura. 1. Concentração de metano a 30 m de profundidade contra carbono decomposto anaerobicamente. Dados de concentração a 30 m são de Petit Saut (3) que é de Tucuruí (5).

Para decomposição anaeróbica $\leq 684,4$ Mg C/ km³ de água:

$$Y = 0,00877 X \quad (1)$$

Para decomposição anaeróbica entre 684,5 e 15.000 Mg C/ km³ de água:

$$Y = 0,000978 X + 6 \quad (2)$$

Para decomposição anaeróbica > 15.000 Mg C/ km³ de água:

$$Y = 20 \quad (3)$$

Onde: X = decomposição anaeróbica (Mg C/km³ de água)

Y = concentração de CH₄ aos 30 m de profundidade (mg/litro)

A razão entre a concentração de metano a diferentes profundidades e a concentração aos 30 metros depende da idade do reservatório, já que esta razão muda com o passar do tempo à medida que as populações bacterianas nas águas de superfície se tornam mais capazes de degradar o metano para gás carbônico. Dados do reservatório de Samuel(5), aos cinco meses de idade, são usados para representar reservatórios até 12 meses depois do enchimento; dados de Petit Saut (3) são usados para representar reservatórios do 13^o até o 36^o mês, e dados de Tucuruí coletados 44 meses depois do enchimento (5) são usados para representar reservatórios depois do 36^o mês. As razões são calculadas usando as equações na Tabela I.

Tabela 1: Razões entre a concentrações de CH₄ em diferentes profundidades e a concentração em 30 m

Faixa de profundidade (m)	Idade = 12 meses ^(a)	Idade 12,1-36 meses ^(b)	Idade > 36 meses ^(c)
0 – 0,9	0,33	0	0
1 – 1,9	0,50	0	0
2 – 4,9	0,75	0	0
5 – 9,9	0,83	0	0,34
10 – 14,9	0,67	0	0,63
15 – 19,9	0,75	0,33	0,71
20 – 24,9	0,83	0,50	0,79
25 – 29,9	0,92	0,83	0,89
30 – 30,0	1,00	1,00	1,00
≥ 31	(d)	(d)	(d)

(a) Dados do reservatório de Samuel 1,5 meses depois de encher.(5)

(b) Dados de Petit Saut.(3)

(c) Dados de Tucuruí 44 meses depois de encher.(5)

(D) $Y = 1 + (0,0165 (X - 30))$

onde: Y = Razão entre a concentração de CH₄ e a concentração aos 30 m de profundidade

X = Profundidade abaixo da superfície (m)

As emissões de borbulhamento e de difusão podem ser relacionadas à concentração de CH₄ a uma profundidade padronizada de 30 m. A Tabela 2 apresenta equações para estas emissões para água com profundidades diferentes. Estas razões resultaram de medidas em Petit Saut.(3) A concentração de CH₄ prevista aos 30 m de profundidade é estreitamente relacionada às emissões de borbulhamento observadas em cada faixa de profundidade nos dados de Petit Saut (0-3 m, 4-6 m e 7-8 m) (Figura 2a, b & c). As emissões de difusão em Petit Saut, independente da profundidade, também são estreitamente relacionadas à concentração de CH₄ predita aos 30 m (Figura 2d).

Tabela 2: Emissões por borbulhamento e difusão calculadas a partir da concentração de CH₄ a 30 m de profundidade^(a)

Caminho de emissão	Faixa de profundidade (m)	Faixa de concentração de CH ₄ a 30 m de profundidade (mg/litro)	Coefficiente angular	Intercepto
Borbulhamento	0-3 m	0-9,2	47,572	-54,214
		9,3-17,6	64,979	-216,344
		≥ 17,7	23,562	516,453
Borbulhamento	4-6 m	0-9,2	31,284	-77,499
		9,3-17,6	35,738	-118,989
		≥ 17,7	12,959	284,049
Borbulhamento	7-8 m	0-4,5	0	0
		4,6-9,2	2,468	43,680
		9,3-17,6	11,139	-37,087
		≥ 17,7	4,039	88,535
Difusão	Todas as profundidades	0-9,2	11,909	-35,860
		9,3-17,6	17,917	-91,822
		≥ 17,7	1,895	191,656

(a) $Y = m X + b$

onde: Y = Emissão de CH₄ (mg m²/dia)

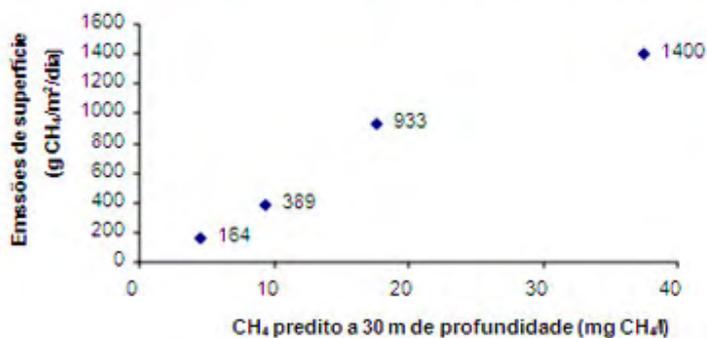
X = Concentração de CH₄ a 30 m de profundidade (mg litro)

m = Coeficiente angular

b = Intercepto (coeficiente linear)

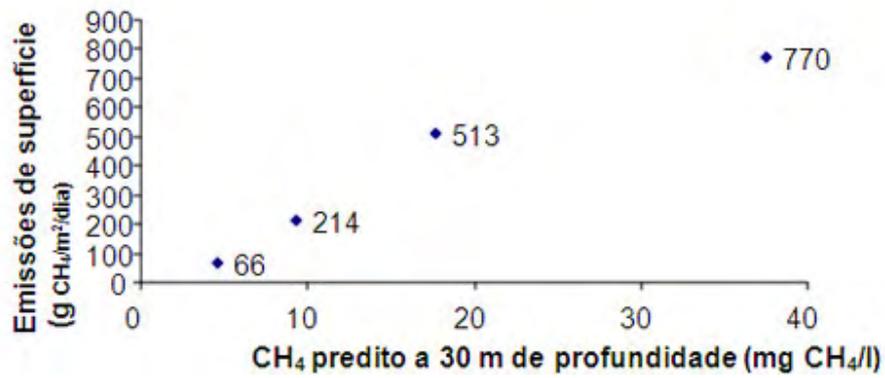
2A

Emissões de borbulhamento para 0-3 m de profundidade



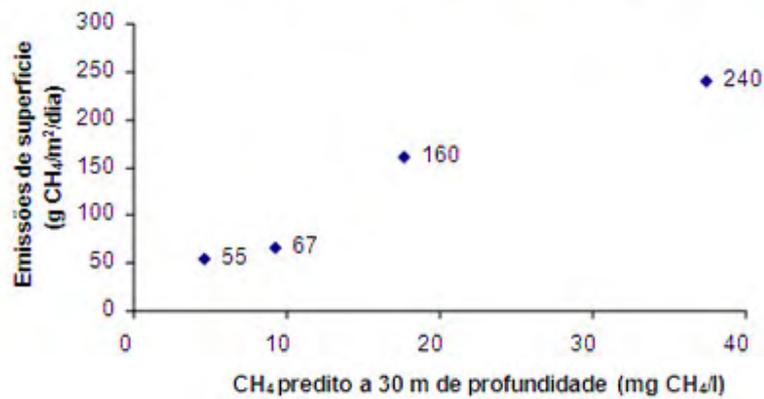
2B

Emissões de borbulhamento para 4-6 m de profundidade



2C

Emissões de borbulhamento o para 7-8 m de profundidade



2D

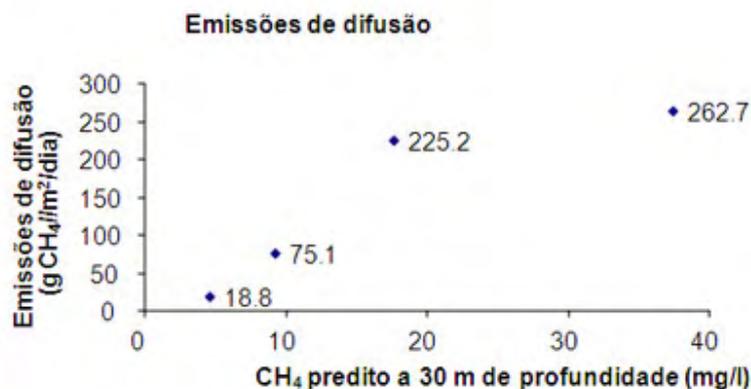


Figura 2. Emissões por borbulhamento e emissões de difusão contra concentração de metano predita a 30 m de profundidade. Dados de emissões são de Petit Saut (3). A.) Borbulhamento para locais 0-3 m de profundidade; B.) Emissões de borbulhamento para 4-6 m de profundidade; C.) Emissões de borbulhamento para 7-8 m de profundidade; D.) Emissões de difusão para todas as profundidades.

Usando os dados derivados acima, as concentrações de CH₄ podem ser calculadas. A liberação de carbono calculada por decomposição anaeróbica é calibrada aos dados existentes sobre concentração de CH₄ em reservatórios semelhantes. Esta calibração é importante para reduzir qualquer possível viés oriundo das presunções relativas à magnitude das taxas de decomposição dos vários estoques subaquáticos de carbono. A água que entra em um reservatório a partir de córregos e do fluxo normal do rio não contém praticamente nada de CH₄, como foi mostrado pelas medidas em Petit Saut. (2)

Referências

- (1) Dumestre, J. F., J. Guezenc, C. Galy-Lacaux, R. Delmas, S.A. Richard & L. Labroue. 1999. Influence of light intensity on methanotrophic bacterial activity in Petit-Saut reservoir, French Guiana. *Applied and Environmental Microbiology* 65(2): 534-539.
- (2) 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.

(3) 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.

(4) Trumbore, S.E., G. Bonani & W. Wöflfi. 1990. The rates of carbon cycling in several soils from AMS 14C measurements of fractionated soil organic matter". p. 407-414. In: Bouman, A. F. (ed.) *Soils and the Greenhouse Effect*. John Wiley & Sons, New York, E.U.A. (pág. 411).

(5) Tundisi, J.G. dados não publicados citado por Rosa, L.P., M.A. dos Santos, J.G. Tundisi & B.M. Sikar. 1997. Measurements of greenhouse gas emissions in Samuel, Tucuruí and Balbina Dams. p. 41-55. In: Rosa, L., dos Santos, M.A. (eds.) *Hydropower Plants and Greenhouse Gas Emissions*. Coordenação dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia (COPPE), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, RJ. (pág. 43).

(Abreviada e atualizada de 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).

Mais informações estão disponíveis em philip.inpa.gov.br.

<http://colunas.globoamazonia.com/philipfearnside/>



Belo Monte e os Gases de Efeito Estufa 5: Fontes de Carbono para Formação de Metano

qui, 17/12/09

por Globo Amazônia /

categoria Uncategorized

Durante cada mês, ao longo de um período de 50 anos, pode-se calcular a área de zona de deplecionamento que permanece exposta durante um mês, dois meses, e assim sucessivamente até um ano, e uma categoria separada que é mantida para área de deplecionamento exposta durante mais de um ano. A área que é submersa em cada classe de idade é calculada durante cada mês. Isto permite um cálculo da quantia de biomassa herbácea que é inundada, baseado em presunções relativas à taxa de crescimento da vegetação na zona de deplecionamento. A categoria para vegetação com mais de um ano de idade contém biomassa mais lignificada, já que o crescimento depois do primeiro ano é, em grande parte, alocado à produção de madeira, em lugar de tecidos mais macios (a biomassa de folhas da floresta é usada para esta categoria).

As macrófitas são uma fonte importante de biomassa macia, facilmente decomposta. As populações destas plantas aquáticas aumentam com exuberância, cobrindo parte significativa de reservatórios novos, conforme observado em Brokopondo, no Suriname (1), Curuá-Una, no Pará (2), Tucuruí, no Pará (3), Balbina, no Amazonas (4) e Samuel, em Rondônia (5). Imagens de satélite LANDSAT indicam que as macrófitas em Tucuruí cobriram 40% da superfície do reservatório dois anos depois

do enchimento, diminuindo para 10%, depois de uma década.(6) Baseado em monitoramento em Samuel e Tucuruí, Ivan Tavares de Lima (3) desenvolveu uma equação (eq. 1) para descrever a evolução da cobertura de macrófitas, que é utilizada na presente análise:

$$Y = 0,2 X^{-0,5} \text{ (eq. 1)}$$

onde:

X = anos desde o enchimento

Y = a fração do reservatório coberta por macrófitas.

As macrófitas morrem a uma determinada taxa no reservatório e a biomassa morta afunda. Em lagos de várzea, a mortalidade das macrófitas resulta em uma reposição da biomassa 2-3 vezes por ano.(7) O ponto central desta faixa (4,8 meses) implica que 14,4% da biomassa de macrófita morre em cada mês. Esta taxa foi adotada para mortalidade de macrófita nos reservatórios. Além desta mortalidade, uma parte da biomassa de macrófitas é encalhada quando o nível da água desce. Como os ventos prevalecentes (que sopram de leste para oeste) empurram as macrófitas flutuantes contra apenas uma margem, uma parte do tapete de plantas flutuantes necessariamente é posicionada onde será encalhada sempre que o nível d'água desce. As quantidades envolvidas são impressionantes, como é evidente em Tucuruí.(8) Como as macrófitas concentram-se ao longo de apenas uma margem do reservatório, somente a metade da zona de deplecionamento é considerada na computação das áreas de macrófitas encalhadas. Quando encalhadas, as macrófitas morrem e se decompõem aerobicamente. No entanto, se o nível d'água sobe novamente antes do processo de decomposição ser completado, o estoque de carbono remanescente em macrófitas encalhadas é acrescentado ao estoque de carbono subaquático que pode produzir metano. Aqui se presume que, se uma área estiver exposta durante apenas um mês, então a metade das macrófitas encalhadas ainda estará presente quando estas áreas forem re-inundadas.

A cobertura de macrófitas em reservatórios amazônicos passa por uma sucessão regular de espécies, começando com a aguapé (*Eichhornia*) e terminando com *Salvinia*, como aconteceu em Curuá-Una (9) e Balbina(4). *Eichhornia* e outras macrófitas que predominam nos primeiros anos têm significativamente mais biomassa por hectare que *Salvinia*. Em Balbina a substituição de macrófitas de biomassa alta por *Salvinia* aconteceu entre o sétimo e o oitavo ano depois do enchimento.(4) Nos

presentes cálculos presume-se que a troca para *Salvinia* acontece sete anos depois de enchimento do reservatório. Macrófitas flutuantes como *Eichhornia* e *Salvinia* são muito comuns em reservatórios, mas algumas espécies enraizadas também ocorrem.

Presume-se que a biomassa de macrófitas é de 11,1 Mg/ha de peso seco durante os primeiros seis anos, baseado em um tapete de *Eichhornia* mensurado no Lago Mirití, um lago de várzea perto de Manacapuru, Amazonas.(10) Para comparação, em lagos de várzea, espécies de *Oryza* tiveram 9-10 Mg/ha de peso seco, enquanto que *Paspalum* teve 10-20 Mg/ha.(11) Em lagos de várzea, nove medidas de macrófitas enraizadas foram tomadas depois de aproximadamente três meses de crescimento, resultando em uma média de 5,7 Mg/ha de biomassa seca (DP=1,7, variação=3,2-8,7).(12) Depois que ocorre a transição para *Salvinia*, a biomassa por hectare de macrófitas se torna mais baixa. O valor de biomassa usado no cálculo é de 1,5 Mg/ha de peso seco, que é a biomassa de tapetes de *Salvinia auriculata*.(12)

O metano da água que é retido abaixo da termoclina será exportado dos reservatórios na água puxada pelas turbinas e pelo vertedouro. Esta é uma característica de represas hidrelétricas, que é completamente diferente dos corpos d'água naturais, tais como lagos de várzea, que são fontes globalmente significativas de CH₄ apenas com emissões de superfície. Abrir as entradas para as turbinas e para o vertedouro é como tirar a tampa do ralo em uma banheira: a água é tirada do fundo, ou pelo menos da porção mais funda (hipolimnion) do reservatório. Debaixo da termoclina a concentração de CH₄ aumenta à medida que se desce na coluna d'água. Uma observação importante de Petit Saut é que dentro de um mesmo reservatório, a concentração de CH₄, em qualquer ponto é aproximadamente constante a qualquer profundidade abaixo da superfície, independentemente da profundidade até o fundo do local em questão.(13). Aqui é calculado para cada mês, a profundidade abaixo da superfície dos vertedouros e das entradas das turbinas, para então calcular a concentração de CH₄ correspondente na água liberada por estas estruturas.

À medida que se desce pela coluna d'água, a pressão aumenta e a temperatura diminui. Ambos os efeitos agem para aumentar a concentração de CH₄ a profundidades maiores. Pela Lei de Henry, a solubilidade de um gás é diretamente proporcional à pressão, enquanto o Princípio de Le Chatelier reza que a solubilidade de um gás é inversamente proporcional à temperatura. Embora ambos os efeitos sejam importantes, o efeito da pressão predomina.(14) Por exemplo, a pressão seria quase cinco atmosferas aos 48 m de profundidade da entrada das turbinas no nível operacional normal planejado na hidrelétrica de Altamira (Babaquara).(15) Quando a água emergir das turbinas, a

pressão cai imediatamente para uma atmosfera. Quando a pressão cai são liberados gases dissolvidos, da mesma maneira que bolhas de CO₂ emergem quando se abre uma garrafa de refrigerante. A facilidade com que cada gás sai da solução é determinada pelo constante da Lei de Henry do gás. Essa constante é mais alta para CH₄ do que para CO₂, fazendo com que, também por esta razão, o metano seja liberado mais prontamente que as bolhas de gás carbônico. Em Petit Saut, por exemplo, a água que entrava nas turbinas em 1995 apresentava uma razão de CO₂ para CH₄ de 9:1, mas no ar imediatamente abaixo da barragem, a relação era de 1:1, significando assim que, proporcionalmente, muito mais metano dissolvido é liberado.(13)

Referências

- (1) Paiva, M.P. 1977. The Environmental Impact of Man-Made Lakes in the Amazonian Region of Brazil. Centrais Elétricas Brasileiras S.A. (ELETROBRÁS), Diretoria de Coordenação, Rio de Janeiro, RJ. 69 p.
- (2) Junk, W. J., B.A. Robertson, A.J. Darwich & I. Vieira. 1981. Investigações limnológicas e ictiológicas em Curuá-Una, a primeira represa hidrelétrica na Amazônia Central. Acta Amazonica 11: 689-716.
- (3) de Lima, I.B.T. 2002. Emissão de metano em reservatórios hidrelétricos amazônicos através de leis de potência. Tese de doutorado em energia nuclear, Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, SP. 108 p.
- (4) Walker, I., R. Miyai & M.D.A. de Melo. 1999. Observations on aquatic macrophyte dynamics in the reservoir of the Balbina hydroelectric powerplant, Amazonas state, Brazil. Acta Amazonica 29: 243-265.
- (5) Fearnside, P.M. 2005. Brazil's Samuel Dam: Lessons for hydroelectric development policy and the environment in Amazonia. Environmental Management 35(1): 1-19.
- (6) de 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.

(7) Melack, J. & B.R. Forsberg. 2001. Biogeochemistry of Amazon floodplain lakes and associated watersheds. p. 235-274. In: McClain, M. E., Victoria, R. L., Richey, J. E. (eds.) *The Biogeochemistry of the Amazon Basin*. Oxford University Press, New York, E.U.A. (pág. 248).

(8) Fearnside, P.M. 2001. Environmental impacts of Brazil's Tucuruí Dam: Unlearned lessons for hydroelectric development in Amazonia. *Environmental Management* 27(3): 377-396.

(9) Vieira, I. 1982. Aspectos Sinecológicos da Ictiofauna de Curuá-Úna, Represa Hidroelétrica da Amazônia Brasileira. "Livre docencia" thesis in biology, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG. 107 p.

(10) P.M. Fearnside, dados não publicados.

(11) T.R. Fisher, D. Engle & R. Doyle, dados inéditos citados por Melack & Forsberg (7), pág. 248.

(12) Junk, W.J. & M.T.F. Piedade. 1997. Plant life in the floodplain with special reference to herbaceous plants. p. 147-185. In: Junk, W.J. (ed.) *The Central Amazon Floodplain – Ecology of a Pulsing System*. Springer-Verlag, Heidelberg, Alemanha.

(13) 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.

(14) Fearnside, P.M. 2004. Greenhouse gas emissions from hydroelectric dams: Controversies provide a springboard for rethinking a supposedly "clean" energy source. *Climatic Change* 66(1-2): 1-8.

(15) Fearnside, P.M. 2005. Hidrelétricas Planejadas no Rio Xingu como Fontes de Gases do Efeito Estufa: Belo Monte (Kararaô) e Altamira (Babaquara). p. 204-241 In: Sevá Filho, A.O. (ed.) *Tenotãmõ: Alertas sobre as conseqüências dos projetos hidrelétricos no rio Xingu, Pará, Brasil*. International Rivers Network, São Paulo. 344 p.

(Abreviada e atualizada de 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).

Mais informações estão disponíveis em <http://philip.inpa.gov.br>.

Site Globoamazonia <http://colunas.globoamazonia.com/philipfearnside/>



Belo Monte e os Gases de Efeito Estufa. 6: As Árvores Mortas e Emissões Pré-Represa

seg, 25/01/10

por Globo Amazônia /

categoria [Uncategorized](#)

Diferente do metano, o gás carbônico é retirado da atmosfera pela fotossíntese quando as plantas crescem. Portanto, o CO₂ liberado pela decomposição de biomassa herbácea que cresce no reservatório e na sua zona de deplecionamento não pode ser contado como um impacto no aquecimento global, já que este CO₂ está sendo apenas reciclado repetidamente, entre a biomassa e a atmosfera. A biomassa nas árvores da floresta que foram mortas quando o reservatório foi criado é uma questão diferente, e o CO₂ que elas liberam

constitui um impacto líquido sobre o efeito estufa. Somente a porção acima d'água desta biomassa se decompõe a uma taxa apreciável.

A biomassa de madeira acima d'água é modelada com algum detalhe, baseado no que é conhecido a partir da experiência em Balbina (que foi enchida ao longo do período 1987-1989). Os troncos das árvores quebram no ponto atingido pelo nível alto da água, deixando tocos projetados fora da água quando o nível cai. Até oito anos depois de serem inundadas, aproximadamente 50% das árvores com diâmetro ≥ 25 cm e 90% das árvores com diâmetro < 25 cm tinham sido quebrados (1). Além disso, os galhos caem continuamente das árvores em pé. Aproximadamente 40% das árvores de terra firme flutuam em água (2), as árvores que afundam (as com densidade de madeira > 1 g/cm³ no estado verde) permanecem onde estão, ou seja, na zona permanentemente inundada ou nas áreas mais rasas que são periodicamente expostas na zona de deplecionamento. Os troncos que flutuam são empurrados pelo vento e pelas ondas até a margem e serão expostas à decomposição aeróbica na zona de deplecionamento quando o nível d'água descer. Os estoques e as taxas de decomposição para cada categoria são calculados. A decomposição aeróbica contribui para a emissão de CO₂ da biomassa acima da água. Parâmetros para a dinâmica e decomposição aeróbica da biomassa acima d'água são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Parâmetros para a emissão de gases da biomassa acima da água

Parâmetro	Valor	Unidades	Fonte
Fração acima do solo	0,759	Fração	Fearnside (8), pág. 337
Profundidade média da zona de água de superfície	1	metro	Suposição, baseado na deterioração de madeira de valor comercial,
Taxa de decomposição de folhas na zona sazonalmente inundada	-0,5	Fração/ano	Presunção.
Taxa de decomposição acima d'água (0-4 anos)	-0,1680	Fração/ano	Presumido igual que em floresta derrubada: Fearnside (9), pág. 611.
Taxa de decomposição acima d'água (5-7 anos)	-0,1841	Fração/ano	Presumido igual que em floresta derrubada: Fearnside (9), pág. 611.
Taxa de decomposição acima d'água (8-10 anos)	-0,0848	Fração/ano	Presumido igual que em floresta derrubada: Fearnside (9), pág. 611.
Taxa de decomposição acima d'água (>10 anos)	-0,0987	Fração/ano	Presumido igual que em floresta derrubada: Fearnside (9), pág. 611.
Conteúdo de carbono de madeira	0,50	Fração	Fearnside <i>et al.</i> (10).

Biomassa inicial presente: folhas	2,23	% da biomassa total acima do solo	Fearnside (11), pág. 12.
Biomassa inicial presente: madeira	89,24	% da biomassa total acima do solo	Fearnside (11), pág. 12 para calculo da parte acima d'água, ver distribuição vertical na mesma fonte.
Liberação de metano por térmitas (cupins) em floresta	0,687	kg CH ₄ /ha/ano	Martius <i>et al.</i> (12), pág. 527.
Liberação de metano por térmitas em biomassa acima d'água por Mg C, se deteriorado por térmitas	0,0023	Mg CH ₄	Martius <i>et al.</i> (13).
Percentual de decomposição por ação de térmitas acima do nível d'água máximo operacional normal	4,23	%	Martius <i>et al.</i> (12), pág. 527 para biomassa derrubada.
Percentual de decomposição por ação de térmitas abaixo da linha d'água do nível máximo operacional normal	0	%	Baseado em Walker <i>et al.</i> (1).
Taxa de quebra de troncos na altura da linha d'água para árvores DAP > 25 cm	0,063	Fração do estoque original/ano	Baseado em Walker <i>et al.</i> (1), pág. 245.
Taxa de troncos que quebram na linha de água para árvores DAP < 25 cm	0,113	Fração do estoque original/ano	Baseado em Walker <i>et al.</i> (1), pág. 245.
Taxa de queda de galhos (e presumida queda de troncos acima do primeiro galho)	0,094	Fração do estoque original/ano	Baseado em Walker <i>et al.</i> (1), pág. 245.
Percentual da biomassa acima do solo de madeira viva em galhos e tronco acima do primeiro galho	30,2	%	Fearnside (11), pág. 12 baseado em Klinge & Rodrigues (14).
Percentual da biomassa de madeira acima do solo em troncos	69,8	%	Fearnside (11), pág. 12 baseado em Klinge & Rodrigues (14).
Percentual da biomassa de tronco DAP > 25 cm	66,0	%	Calculado de Brown & Lugo (15).
10-25 cm DAP como percentual de biomassa de fuste total em árvores vivos DAP > 10 cm	22	%	Brown & Lugo (15).
0-10 cm DAP como percentual de biomassa vivo total	12	%	Jordan & Uhl (16).

acima do solo			
Tronco como percentual de biomassa total viva acima do solo	57,47	%	Baseado no fator de expansão de biomassa de 1,74 para biomassa de > 190 Mg/ha em árvores vivas de DAP > 10 cm (15).
em árvores vivas DAP > 10 cm			
Galhos como percentual de biomassa viva de troncos	51,4	%	Baseado em Brown & Lugo (15).
Fração das árvores que flutuam	0,4	Fração	Richard Bruce, comunicação pessoal 1993; veja Fearnside (15), pág.
Fração de galhos originais em árvores restantes que caem por ano	0,094	Fração	Calculado de Walker <i>et al.</i> (1).
Fração média de área de deplecionamento exposta anualmente	0,5	Fração	Estimativa aproximada baseado no nível do reservatório em 2000 em Balbina.

Outra fonte de emissões é de árvores perto da margem do reservatório, mortas quando o lençol d'água sobe e alcança suas raízes. Em Balbina, uma faixa de árvores mortas é evidente ao redor da margem do reservatório.(1) Porque o formato do contorno da margem é extremamente tortuoso e inclui as margens das muitas ilhas criadas pelo reservatório, esta faixa de mortalidade da floresta afeta uma área significativa. As árvores mortas se decompõem, liberando CO₂ e, ao longo de um período de décadas, uma floresta secundária se desenvolve, com uma absorção de carbono. A presente análise presume que a mortalidade é de 90% na faixa até 50 m além da margem do reservatório e de 70% na faixa entre 50 a 100 m dessa margem. A decomposição segue o mesmo curso que em áreas derrubadas para agricultura, e presume-se que a vegetação secundária cresça à mesma taxa que as capoeiras em pousios de agricultura itinerante.(3).

Emissões de Ecossistemas Pré-Represa

As emissões dos ecossistemas presentes antes das represas serem construídas devem ser deduzidas das emissões das represas para se obter uma avaliação justa do impacto líquido do desenvolvimento hidrelétrico. Os parâmetros para emissões de metano pela floresta não inundada (floresta de terra firme) são apresentados na Tabela 2. Estes indicam um efeito mínimo sobre o metano, com a perda de um sumidouro pequeno no solo quando inundado. Emissões de óxido nitroso (N₂O) em solo florestado não inundado são pequenas:

0,0087 Mg de gás/ha/ano (4), ou 0,71 Mg/ha/ano de carbono CO₂-equivalente, considerando o potencial de aquecimento global de 298.(5) Cálculos de óxido nitroso para floresta não inundada e para áreas inundadas também são apresentados na Tabela 2. Os parâmetros para os cálculos incluem o efeito da formação de poças temporárias em áreas de terra firme durante eventos periódicos de chuva intensa.

Tabela 2: Fluxo evitado de metano e fluxo de óxido nitroso da perda de floresta

Item	Valor	Unidades	Fonte
FLUXO DO SOLO EM FLORESTA NÃO INUNDADA			
Absorção anual média de CH ₄	-3,8	kg CH ₄ /ha/ano	Potter <i>et al.</i> (17) de 22 estudos
Emissão anual média de N ₂ O	8,7	kg N ₂ O/ha/ano	Verchot <i>et al.</i> (4), pág. 37
Fração do ano que a floresta ripária é inundada naturalmente	0,17	Fração	Presumido ser 2 meses, em média
Absorção por ha por ano em floresta ripária	-3,17	kg CH ₄ /ha/ano	Proporcional ao tempo não inundado
Emissão por ha por ano em floresta inundada	7,23	kg N ₂ O/ha/ano	Proporcional ao tempo não inundado
EMISSÃO ATRAVÉS DE TÉRMITAS DE FLORESTA			
Emissão/ha/ano	0,5	kg CH ₄ /ha/ano	Fearnside (9).
EMISSÕES DE INUNDAÇÃO NATURAL DE FLORESTA INUNDADA PRÉ-REPRESA			
Emissão de metano de floresta inundada durante inundação natural	103,8	mg CH ₄ /m ² /dia.	Media de cinco estudos em floresta de várzea de água barrenta: Wassmann & Martius (6), pág. 140.
Emissão de N ₂ O quando inundada	7,6	kg N ₂ O/km ² /dia	7.6 mg N ₂ O/m ² /dia (médias dos reservatórios de Tucuruí e Samuel (18)
Dias inundados por ano	59,4	dias	Presunção (representa a situação de Babaquara (19).
Emissão anual por km ²	6,2	Mg CH ₄ /ano/km ² .	Calculado a partir de informações acima
EMISSÕES DE EVENTOS PERIÓDICOS DE FORMAÇÃO DE POÇAS EM FLORESTA DE TERRA FIRME			
Formação de poças em florestas de terra firme-porcentagem inundada	5	porcentagem da área que inunda por evento	Baseado em Mori & Becker (20).
Frequência de eventos de formação de	5	anos entre eventos	Presunção

poças			
Duração de cada evento de formação de poças	30	dias	Presunção
Emissão de CH ₄ quando inundado ou com formação de poças	103,8	mg CH ₄ /m ² /dia.	Presumido ser o mesmo que em floresta de várzea (como acima).
Emissão de N ₂ O quando inundado	7,6	kg N ₂ O/km ² /dia	Presumido ser o mesmo que em reservatórios (como acima).

Para áreas inundadas (no ambiente pré-represa), é feita a suposição de que cada ponto inundado é submerso durante dois meses, em média, por ano. Claro que algumas partes da área ficariam submersas mais tempo e algumas durante períodos mais curtos, dependendo da altitude de cada ponto. O valor usado para emissões por hectare (103,8 mg CH₄/m²/dia, DP=74,1, variação=7-230) é a média de cinco estudos em floresta de várzea (de água barrenta) revisada por Wassmann e Martius (6). Um valor semelhante de 112 mg CH₄/m²/dia (n=68, DP=261) foi encontrado durante inundações em florestas de igapós (água preta) ao longo do rio Jaú, um afluente do rio Negro. Nas florestas de igapó na bacia do rio Jaú estudadas por Rosenqvist *et al.* (7) a taxa de emissão de metano das áreas inundadas é muito mais alta durante o período curto quando o nível d'água está caindo do que durante o resto do tempo que a área está debaixo d'água. Isto tenderia a fazer a emissão anual um pouco independente do período de tempo que as áreas são inundadas, e torna o resultado relativamente robusto quando extrapolado para outras bacias hidrográficas na Amazônia se a quantidade emitida é expressa em termos de emissão por ciclo de inundação.

Referências

- (1) Walker, I., R. Miyai & M.D.A. de Melo. 1999. Observations on aquatic macrophyte dynamics in the reservoir of the Balbina hydroelectric powerplant, Amazonas state, Brazil. *Acta Amazonica* 29: 243-265.
- (2) Fearnside, P.M. 1997. Wood density for estimating forest biomass in Brazilian Amazonia. *Forest Ecology and Management* 90(1): 59-89.
- (3) 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.
- (4) 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. (pág. 37).

- (5) 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. (p. 212).
- (6) Wassmann, R. & C. Martius. 1997. Methane emissions from the Amazon floodplain. In: Junk, W.J. (ed.) *The Central Amazon Floodplain – Ecology of a Pulsing System*. Springer-Verlag, Heidelberg, Alemanha. p. 137-143.
- (7) Rosenqvist, A., B.R. Forsberg, T.P. Pimentel, Y.A. Rausch & J.E. Richey. 2002. The use of spaceborne radar data to model inundation patterns and trace gas emissions in the Central Amazon floodplain. *International Journal of Remote Sensing* 7: 1303-1328. (pág. 1323).
- (8) 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.
- (9) Fearnside, P.M. 1996. Amazonia and global warming: Annual balance of greenhouse gas emissions from land-use change in Brazil's Amazon region. pp. 606-617 In: J. Levine (ed.) *Biomass Burning and Global Change. Volume 2: Biomass Burning in South America, Southeast Asia and Temperate and Boreal Ecosystems and the Oil Fires of Kuwait*. MIT Press, Cambridge, Massachusetts, E.U.A. 902 p.
- (10) Fearnside, P.M., N. Leal Filho & F.M. Fernandes. 1993. Rainforest burning and the global carbon budget: Biomass, combustion efficiency and charcoal formation in the Brazilian Amazon. *Journal of Geophysical Research (Atmospheres)* 98(D9): 16,733-16,743.
- (11) Fearnside, P.M. 1995. Hydroelectric dams in the Brazilian Amazon as sources of 'greenhouse' gases. *Environmental Conservation* 22(1): 7-19.
- (12) Martius, C., P.M. Fearnside, A.G. Bandeira & R. Wassmann. 1996. Deforestation and methane release from termites in Amazonia. *Chemosphere* 33(3): 517-536.
- (13) Martius, C., R. Wassmann, U. Thein, A.G. Bandeira, H. Rennenberg, W.J. Junk & W. Seiler. 1993. Methane emission from wood-feeding termites in Amazonia. *Chemosphere* 26 (1-4): 623-632.
- (14) Klinge, H. & W.A. Rodrigues. 1973. Biomass estimation in a central Amazonian rain forest. *Acta Cientifica Venezuelana* 24: 225-237.
- (15) Brown, S. & A.E. Lugo. 1992. Aboveground biomass estimates for tropical moist forests of the Brazilian Amazon. *Interciencia* 17(1): 8-18.
- (16) Jordan, C.T., C. Uhl. 1978. Biomass of a "tierra firme" forest of the Amazon Basin. *Oecologia Plantarum* 13(4): 387-400.
- (17) 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.

(18) de 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.

(19) Fearnside, P.M. 2005. Hidrelétricas Planejadas no Rio Xingu como Fontes de Gases do Efeito Estufa: Belo Monte (Kararaô) e Altamira (Babaquara). p. 204-241 In: Sevá Filho, A.O. (ed.) *Tenotã-mã: Alertas sobre as conseqüências dos projetos hidrelétricos no rio Xingu, Pará, Brasil*. International Rivers Network, São Paulo. 344 p.

(20) Mori, S.A. & P. Becker. 1991. Flooding affects survival of Lecythydaceae in terra firme forest near Manaus, Brazil. *Biotropica* 23: 87-90.

(Abreviada e atualizada de 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).

Mais informações estão disponíveis em <http://philip.inpa.gov.br>.

<http://colunas.globoamazonia.com/philipfearnside/>



Belo Monte e os Gases de Efeito Estufa. 7: Certezas e Incertezas sobre uma Fábrica de Metano

ter, 02/02/10

por Globo Amazônia /

categoria [Uncategorized](#)

A magnitude dos picos sazonais altos de CH_4 depende da relação entre a quantidade de carbono degradável e o estoque (e concentração) de CH_4 quando estas variáveis estavam em níveis altos nos primeiros anos em Petit Saut, *i.e.*, dados de Galy-Lacaux *et al.* (1,2). A natureza da fonte de carbono em Petit Saut durante esse período era diferente (acredita-se ter sido principalmente carbono do solo). A verdadeira quantidade de carbono degradada anaerobicamente em Petit Saut durante esse período é desconhecida, e, portanto, o escalamento que fornece confiabilidade aos resultados durante os anos iniciais após o enchimento do reservatório (quando as fontes de carbono eram do mesmo tipo) não fornece tanta confiança a estes resultados para os anos posteriores. Quantificar a relação entre a produção de CH_4 e a quantidade de decomposição de biomassa macia (como as macrófitas e especialmente a vegetação da zona de deplecionamento) deveria ser uma prioridade para pesquisa. No entanto, o resultado geral, isto é, que a vegetação da zona de deplecionamento produz um pulso grande e renovável de CH_4 dissolvido em reservatórios, explica o padrão observado em reservatórios reais.

Um caso relevante é a experiência na hidrelétrica de Três Marias, no Estado de Minas Gerais, onde uma flutuação vertical de 9 m no nível da água resultou na exposição e inundação periódica de uma zona de deplecionamento grande, com um pico grande subsequente de emissões de metano pela superfície do lago.(3) Até mesmo em idade muito avançada de 36 anos, o reservatório de Três Marias emite metano por borbulhamento em quantidades que excedem em muito as emissões de superfície de todos os outros reservatórios brasileiros que foram estudados, inclusive Tucuruí, Samuel e Balbina.(4) Um fator adicional no caso de Três Marias pode ser escoamento a partir de plantações de cana de açúcar, em parte da margem. Adubos presentes na água de escoamento, ou efluentes do processamento, provocam eutroficação e conseqüente fixação de carbono atmosférico por fotossíntese de algas e outras plantas no reservatório. Deve ser mencionado que, na medida que essa fonte contribui com a emissão de metano observado no reservatório, diminui o benefício de mitigação de aquecimento global fornecido pelo etanol produzido da cana.

Um segundo caso que segue o padrão previsto pelo modelo é a hidrelétrica de Petit Saut. Presumindo que a fonte de carbono seria o estoque inicial presente no solo, a previsão era para uma emissão declinante até níveis muito baixos que caracterizaram um reservatório velho estudado na África.(2) A amplitude das oscilações anuais de emissões seria reduzida ao longo do tempo até magnitudes muito pequenas. No entanto, medidas da concentração de CH₄ na água ao longo dos primeiros 10 anos em Petit Saut mostraram um padrão diferente, com a continuação de grandes oscilações e os picos se mantendo altos.(5) Isto é mais consistente com uma fonte renovável de carbono, como a vegetação da zona de deplecionamento considerada no atual trabalho.

Um terceiro caso, também consistente com o atual modelo, é o da hidrelétrica de Balbina. Este tem uma grande zona de deplecionamento devido à topografia relativamente plana do reservatório.(6) A concentração de metano a uma profundidade de 30 m sobe a valores altos durante os meses de nível de água mais alto no reservatório (julho-agosto).(7) Isto é consistente com uma fonte de carbono da inundação da vegetação na zona de deplecionamento.

As relações derivadas aqui fornecem um arcabouço para avaliar as emissões de gases de efeito estufa liberados por represas hidrelétricas existentes e planejadas na Amazônia brasileira. Muitas das informações também podem ser aplicadas a outras áreas tropicais, embora serão maiores as incertezas e as necessidades de informações adicionais específicas a cada local. O arcabouço proposto aqui permite o cálculo das emissões líquidas das fontes principais de emissões, tais como os fluxos de metano pela superfície do lago por borbulhamento e difusão e pela água que passa nas turbinas e

vertedouros, e a emissão de gás carbônico da decomposição acima d'água da biomassa da floresta original. Estes cálculos indicam liberações significativas de gases de efeito estufa. Embora essas emissões sejam maiores nos primeiros anos após a formação de um reservatório, a entrada contínua de carbono no reservatório por meio da decomposição da vegetação herbácea na zona de deplecionamento quando inundada anualmente, indica que um nível apreciável de emissões será sustentado a longo prazo. Esta emissão se deve ao fato de as hidrelétricas funcionarem como “fábricas de metano”, na transformação de carbono em CH₄ a partir da matéria orgânica presente ou aportada para o reservatório e do CO₂ retirado da atmosfera pela fotossíntese no reservatório e na sua zona de deplecionamento.

Referências

- (1) 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.
- (2) 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.
- (3) Bodhan Matvienko, comunicação pessoal, 2000.
- (4) 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. 119 p. (pág. 72). http://www.mct.gov.br/clima/comunic_old/pdf/metano_p.pdf
- (5) 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-year old tropical reservoir (Petit Saut, French Guiana). *Global Biogeochemical Cycles* 19, GB4007, doi: 10.1029/2005GB002457. (pág. 6).
- (6) 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. Epiphânio,

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.
(<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.13.15.55/doc/6713-6720.pdf>)

(7) 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.

(Abreviada e atualizada de 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).

Mais informações estão disponíveis em <http://philip.inpa.gov.br>

<http://colunas.globoamazonia.com/philipfearnside/>



Belo Monte e os gases de efeito estufa 8: como escolher o cenário mais provável

qua, 24/02/10

por Globo Amazônia /

categoria Uncategorized

A proposta da hidrelétrica de Belo Monte, no Rio Xingu (um afluente do Rio Amazonas no estado de Pará), é o foco de intensa controvérsia devido à magnitude e à natureza dos seus impactos. A hidrelétrica de Belo Monte ficou conhecida pela ameaça que representa aos povos indígenas por facilitar uma série de represas planejadas rio acima em áreas indígenas. O impacto de Belo Monte sobre o efeito estufa provém das represas a montante, projetadas para aumentar substancialmente a produção elétrica de Belo Monte e para regularizar a vazão do rio Xingu, altamente sazonal. O reservatório de Belo Monte é pequeno relativamente à capacidade de suas duas casas de força, mas os cinco reservatórios rio acima seriam grandes, até mesmo pelos padrões amazônicos. O maior desses reservatórios é a represa de Babaquara, recentemente renomeada de “Altamira”, num esforço aparentemente com o propósito de escapar do ônus da crítica que os planos para Babaquara atraíram ao longo das últimas décadas (o inventário inicial para a obra começou em outubro de 1975). A ELETRONORTE (Centrais Elétricas do Norte do Brasil) primeiro propôs a hidrelétrica de Kararaô (agora chamada de “Belo Monte”) com cálculos de geração de energia que presumiram a regularização da vazão a montante por, pelo menos, uma represa (Babaquara).(1) A série de represas no rio Xingu teria consequências sérias para os povos indígenas e para as grandes áreas de floresta tropical que os reservatórios inundariam.(2,3) Dificuldades na obtenção de aprovação ambiental levaram à formulação de um segundo plano para Belo Monte, com cálculos que não

presumiram nenhuma regularização da vazão rio acima.(4) O estudo de viabilidade para o segundo plano deixou claro que a necessidade para uma análise sob da suposição de vazão não regularizada originou “*da necessidade de reavaliação deste inventário sob uma nova ótica econômica e sócio-ambiental*” (por exemplo devido a considerações políticas), e que “*a implantação de qualquer empreendimento hidrelétrico com reservatório de regularização a montante de Belo Monte aumentará o conteúdo energético dessa usina*”(5)

Mais tarde, dificuldades na obtenção de aprovação ambiental levaram a ELETRONORTE a iniciar uma terceira análise com várias possíveis capacidades instaladas menores: 5.500, 5.900 e 7.500 MW.(6) A potência menor seria mais compatível com a hipótese de ter uma única barragem (Belo Monte) no Rio Xingu, que tem um vazão altamente sazonal que deixaria muitas das turbinas ociosas durante a maior parte do ano no caso de ter mais de 11 mil MW instalados. No entanto, a elaboração de planos mais modestos não implicavam de nenhuma maneira que uma decisão foi tomada para não construir a barragem de Babaquara (Altamira) a montante de Belo Monte. Pelo contrário, preparações para a construção de Babaquara (Altamira) foram incluídas no Plano Decenal 2003-2012 do setor elétrico (7) e planos para a represa foram apresentados por ELETRONORTE como progredindo normalmente rumo à construção.(8)

Após a aprovação pelo Congresso Nacional da construção de Belo Monte, em 2005, os desenhos revisados com potências mais modestas para Belo Monte foram abandonados, com o plano atual até ultrapassando um pouco a potência prevista no plano de 2002, ficando em 11.233,1 MW.(9) A pequena diferença da potência no plano de 2002 é devido ao aumento da capacidade instalada da usina suplementar (que turbina água destinada para a vazão sanitária na Volta Grande do Rio Xingu) de 181,3 para 233,1 MW.

O cenário de uma só barragem retratado no estudo de viabilidade de Belo Monte (4) e nos dois estudos de impacto ambiental (9,10) parece representar uma ficção burocrática que foi traçada com a finalidade de ganhar a aprovação ambiental para Belo Monte.(11) O cenário usado, então, no atual trabalho se aparece bem mais provável como uma representação do impacto real do projeto, com Belo Monte sendo construída de acordo com o estudo de viabilidade (4), seguido por Babaquara (Altamira), conforme os planos anteriores.(12) Belo Monte não pode ser considerado sozinho sem levar em conta os impactos das represas a montante, especialmente a Babaquara (Altamira). Entre os muitos impactos das represas a montante que devem ser avaliados, um é o papel delas na emissão de gases de efeito estufa. Na presente análise, serão apresentadas estimativas preliminares para as emissões de Belo Monte e de Babaquara. Se as outras quatro barragens planejadas forem construídas, elas teriam impactos adicionais a serem considerados.

Referências

- (1) CNEC. 1980. Estudo de Inventário Hidrelétrico da Bacia Hidrográfica do Rio Xingu. Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. (ELETRONORTE), Brasília, DF, Brazil and Consórcio de Engenheiros Consultores (CNEC), São Paulo, SP.
- (2) Santos, L.A.O. & de Andrade, L.M.M. (eds.) (1990) Hydroelectric Dams on Brazil's Xingu River and Indigenous Peoples. Cultural Survival Report 30. Cultural Survival, Cambridge, Massachusetts, E.U.A. 192 p.
- (3) Sevá Filho, A.O. (ed.) 2005. Tenotã-mõ: Alertas sobre as conseqüências dos projetos hidrelétricos no rio Xingu, Pará, Brasil”, International Rivers Network, São Paulo, SP. 344 p.
- (4) Brasil, ELETRONORTE. 2002. Complexo Hidrelétrico Belo Monte: Estudos De Viabilidade, Relatório Final. Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. (ELETRONORTE), Brasília, DF. 8 vols.
- (5) Ref. 4, pág. 6-82.
- (6) Pinto, L.F. 2003. Corrigida, começa a terceira versão da usina de Belo Monte. Jornal Pessoal [Belém] 28 de novembro de 2003. (http://www.amazonia.org.br/opiniaio/artigo_detail.cfm?id=90328)
- (7) Brasil, MME-CCPESE. 2002. Plano Decenal de Expansão 2003-2012: Sumário Executivo. Ministério das Minas e Energia, Comitê Coordenador do Planejamento da Expansão dos Sistemas Elétricas (MME-CCPESE), Brasília, DF. 75 p.
- (8) Santos, W.F. 2004. Os empreendimentos hidrelétricos na Amazônia. II Feira Internacional da Amazônia, II Jornada de Seminários Internacionais sobre Desenvolvimento Amazônico, Manaus, Amazonas, 17 de setembro de 2004 (apresentação powerpoint).
- (9) Brasil, ELETROBRÁS. 2009. Aproveitamento Hidrelétrico Belo Monte: Estudo de Impacto Ambiental. Fevereiro de 2009. Centrais Elétricas Brasileiras (ELETROBRÁS). Rio de Janeiro, RJ. 36 vols.
- (10) Brasil, ELETRONORTE. s/d [C. 2002]. Complexo Hidrelétrico Belo Monte: Estudo de Impacto Ambiental- E I A. Versão preliminar. Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. (ELETRONORTE), Brasília, DF. 6 vols.

(11) Fearnside, P.M. 2006. Dams in the Amazon: Belo Monte and Brazil's Hydroelectric Development of the Xingu River Basin. *Environmental Management* 38(1): 16-27.

(12) Brasil, ELETRONORTE. s/d [C. 1988]. The Altamira Hydroelectric Complex. Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. (ELETRONORTE), Brasília, DF. 16 pp.

(Abreviada de Fearnside, P.M. 2009. As Hidrelétricas de Belo Monte e Altamira (Babaquara) como Fontes de Gases de Efeito Estufa. *Novos Cadernos NAEA* 12(2)).

Mais informações estão disponíveis em <http://philip.inpa.gov.br>.



Belo Monte e os gases de efeito estufa 9: estimando os impactos das emissões

sex, 12/03/10

por Globo Amazônia /

categoria [Uncategorized](#)

Belo Monte está no centro das controvérsias em curso sobre a magnitude do impacto no aquecimento global das represas hidrelétricas e sobre a maneira apropriada deste impacto ser quantificado e considerado no processo de tomada de decisão. Quando os primeiros cálculos de emissão de gases de efeito estufa das represas existentes na Amazônia brasileira indicaram impacto significativo (1), esta conclusão foi atacada, apresentando um caso hipotético que correspondeu a Belo Monte, com uma densidade energética de mais de 10 Watts de capacidade instalada por m² de área de superfície de reservatório.(2) Além de a metodologia adotada provocar cálculos hipotéticos que subestimem o impacto sobre emissão de gases de efeito estufa, o problema principal é omitir as emissões da hidrelétrica de Babaquara, com 6.140 km² rio acima de Belo Monte.(3) Este problema básico permanece hoje, mesmo depois de muitos avanços em estimativas de emissões de gases de efeito estufa.

A área relativamente pequena da hidrelétrica de Belo Monte, sozinha, indica que as emissões de gases de efeito estufa da superfície do reservatório serão modestas, e quando estas emissões são divididas pelos 11.181 MW de capacidade instalada da barragem, o impacto parece ser baixo em comparação aos benefícios. Esta é a razão de se usar a “densidade energética” (watts de capacidade instalada por metro quadrado de área d’água) como a medida do impacto de uma represa sobre o aquecimento global. Apresentando a Belo Monte como uma represa ideal sob uma perspectiva de aquecimento global, Luis Pinguelli Rosa e colaboradores (2) calcularam esta relação como excedendo ligeiramente 10 W/m², baseado na área do reservatório originalmente planejada de 1.225 km² (o índice seria de 25 W/m² sob as mesmas hipóteses, quando considerada a área atualmente planejada de 440 km²).

Os regulamentos do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) do Protocolo de Kyoto atualmente permitem crédito de carbono para grandes represas sem restrições, mas foi proposto pelo conselho executivo do MDL, reunido em Buenos Aires em dezembro de 2004, que estes créditos sejam restritos a barragens com densidades energéticas de pelo menos 10 W/m² de área de reservatório(4), coincidentemente a marca alcançada para Belo Monte segundo o cálculo de Rosa et al. (2). A possibilidade de reivindicar crédito de carbono para Belo Monte foi levantada em várias ocasiões tanto por funcionários do governo brasileiro como do Banco Mundial. Uma densidade energética tão alta quanto 10 W/m² para Belo Monte requer que esta barragem seja considerada independente da represa de Babaquara que regularizaria a vazão em Belo Monte, armazenando água rio acima. A configuração de 2002 para as duas barragens juntas, com 11.000 + 181,3 + 6.274 = 17.455 MW de capacidade instalada, e 440 + 6.140 = 6.580 milhões de m² de área de reservatório é de 2,65 W/m² de reservatório. Isto não é muito melhor que a densidade energética de Tucuruí-I (1,86 W/m²), e muito inferior a 10 W/m². Posteriormente, o limite para crédito para hidrelétricas no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo foi fixado em 4 W/m², também um valor bem acima da densidade energética para as duas barragens juntas.

No caso de Belo Monte, duas razões fazem com que este índice seja altamente enganador como medida do impacto do projeto sobre o efeito estufa. Primeiro, as emissões de superfície (que são proporcionais à área do reservatório) representam apenas uma parte do impacto de aquecimento global de projetos hidrelétricos: as quantidades de metano liberadas pela passagem da água pelas turbinas (e vertedouros) dependem muito dos volumes de água que atravessam estas estruturas. O volume deste fluxo pode ser grande, até mesmo quando a área do reservatório é pequena, como em Belo Monte. A segunda razão é que o maior impacto do projeto global é das represas rio acima. Para cumprir o papel de armazenamento e liberação da água para abastecer Belo Monte durante a estação seca, as represas a montante devem ser manejadas com a maior oscilação possível nos seus níveis d'água. Afinal de contas, se estas barragens fossem usadas "a fio d'água" (i.e., sem oscilações do nível d'água no reservatório) o resultado não seria nada melhor que o rio sem a vazão regulada, do ponto de vista de aumentar a produção de Belo Monte. É esta flutuação no nível d'água que faz das represas rio acima fontes potencialmente grandes de gases de efeito estufa, especialmente a de Babaquara. É esperada uma variação no nível d'água do reservatório de Babaquara de 23 m ao longo do curso de cada ano.(5) Para fins de comparação, o nível d'água no reservatório de Itaipu varia em apenas 30-40 cm. Cada vez que o nível d'água em Babaquara atingisse seu nível mínimo operacional normal, seria exposto um vasto lamaçal de 3.580 km² (aproximadamente o tamanho do reservatório de Balbina inteiro!). Vegetação herbácea, de fácil decomposição, cresceria rapidamente nesta zona, conhecida como a zona de "deplecionamento", ou de "drawdown". Quando o nível d'água subisse subsequente, conseqüentemente a biomassa se decomporia no fundo do reservatório, produzindo metano.

Deve ser enfatizado que os valores calculados a seguir para o impacto das emissões dessas barragens são bastante subestimados devido a revisões na conversão entre metano e o seu equivalente em CO₂. Aqui os cálculos usam o potencial de aquecimento global (GWP) de 21 para metano do segundo relatório do Painel Intergovernamental de

Mudanças Climáticas-IPCC.(6) Este é o valor adotado pelo Protocolo de Kyoto para seu primeiro período de compromisso, de 2008 a 2012, e significa que 1 t de metano tem o impacto sobre aquecimento global, ao longo de 100 anos, igual a 21 t de gás de CO₂. O valor do IPCC para este parâmetro aumentou para 23 no terceiro relatório e para 25 no quarto e mais recente relatório.(7) Um estudo mais recente, que inclui importantes efeitos de interações gás-aerosol, indica um valor de 34 para o mesmo período de cálculo, de 100 anos.(8) Isto representa um aumento de 62% sobre o valor de 21 usado no atual trabalho, indicando que o impacto verdadeiro dessas hidrelétricas seria bem maior.

Referências

- (1) Fearnside, P.M. 1995. Hydroelectric dams in the Brazilian Amazon as sources of 'greenhouse' gases. *Environmental Conservation* 22(1): 7-19.
- (2) Rosa, L.P., R Schaeffer. & M.A. dos Santos. 1996. Are hydroelectric dams in the Brazilian Amazon significant sources of 'greenhouse' gases?. *Environmental Conservation* 23(2): 2-6.
- (3) Fearnside, P.M. 1996. Hydroelectric dams in Brazilian Amazonia: Response to Rosa, Schaeffer & dos Santos. *Environmental Conservation* 23(2): 105-108.
- (4) UN-FCCC. 2004. Executive Board of the Clean Development Mechanism Seventeenth Meeting Report. CDM-EB-17, 6 Dec. 2004. United Nations Framework Convention on Climate Change (UN-FCCC), Bonn, Alemanha. 9 p. (pág. 4) <http://cdm.unfccc.int/EB/meetings/017/eb17rep.pdf>
- (5) Brasil, ELETRONORTE. s/d [C. 1989]. Altamira.txt. Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. (ELETRONORTE), Brasília, DF, Brazil. 6 p. (disponível de: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP, Campinas, SP)
- (6) 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.
- (7) Forster, P. & 50 outros, 2007. Changes in atmospheric constituents and radiative forcing. pp. 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.
- (8) 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.

(Abreviada de Fearnside, P.M. 2009. As Hidrelétricas de Belo Monte e Altamira (Babaquara) como Fontes de Gases de Efeito Estufa. Novos Cadernos NAEA 12(2)).

Mais informações estão disponíveis em <http://philip.inpa.gov.br>.



Belo Monte e os gases de efeito estufa 10: características das barragens no Rio Xingu

seg, 12/04/10

por Globo Amazônia /

categoria [Uncategorized](#)

A configuração do reservatório de Belo Monte é altamente incomum, e os cálculos de gases de efeito estufa deveriam ser desenvolvidos especificamente para estas características. O reservatório é dividido em duas partes independentes. O “Reservatório da Calha do Rio Xingu” ocupa o curso do rio Xingu acima da barragem principal, localizada em Sitio Pimentel (Figura 1).

O vertedouro principal tira água deste reservatório, assim como uma pequena “casa de força complementar” (181,3 MW de capacidade instalada no plano de 2002, aumentado para 233,1 MW no plano de 2009) que, em períodos de alta vazão, fará uso de parte da água que não pode ser usada pela casa de força principal. Quantidade maior da água será desviada a partir da lateral do Reservatório da Calha, por meio de canais de adução, até o Reservatório dos Canais, ao término do qual se encontram as tomadas d’água para as turbinas na casa de força principal (11.000 MW). O Reservatório dos Canais também dispõe de pequeno vertedouro para casos de emergência. São apresentadas as características dos reservatórios na Tabela 1.

Tabela 1: Características Técnicas das Represas de Belo Monte (Kararaô) e Babaquara (Altamira)

Item	Unidades	Belo Monte (Kararaô) Reservatório da Calha	Reservatório dos canais	Total Belo Monte	Babaquara (Altamira)	Nota
Área do reservatório no nível máximo operacional normal	km ²	333	107	440	6,140	
Área do reservatório no nível mínimo operacional normal	km ²	333	102	438	2,560	
Área de deplecionamento	km ²	0	5	5	3,580	
Variação do nível d'água	m	0	1		23	
Volume no nível máximo operacional normal	Bilhão de m ³	2.07	1.89	3.96	143.5	
Volume no nível mínimo operacional normal	Bilhão de m ³	2.07	1.79	3.86	47.16	
Volume de armazenamento vivo	Bilhão de m ³	0	0.11	0.11	96.34	
Profundidade média	m	6.2	17.7	9.0	23.4	
Tempo de residência média	dias	3.1	2.8	5.8	211.6	(a)
Comprimento do reservatório	km	60	87	147	564	
Comprimento do perímetro da margem	km	361	268	629	2,413	(b)
Número de turbinas	Número	7	20	27	18	
Produção de máximo por turbina	MW	25.9	550	–	348.6	
Capacidade instalada	MW	181.3	11,000	11,181.3	6,274	
Consumo de água por turbina	m ³ /s	253	695	–	672	
Consumo de água total	m ³ /s	1,771	13,900	15,671	12,096	
Vazão médio	m ³ /s			7,851	7,851	(c)

Elevações

Nível máximo operacional normal	m sobre o mar	97	97	–	165	
Nível mínimo operacional normal	m sobre o mar	97	96	–	142	(d)
Nível do vertedouro	m sobre o mar	76	79.52	–	145	(e)
Nível do canal de adução	m sobre o mar	–	84	–	–	
Eixo da entrada das turbinas	m sobre o mar	80	65	–	116.5	
Outros parâmetros						
Área de drenagem	km ²				447,719	
Evaporação anual	mm				1,575	
Precipitação anual	mm				1,891	
Localização	Latitude	03° 26 ‘ S	3° 7 ‘ 35 ” S			3° 18 ‘ 0 ” S
	Longitude	51° 56 ‘ O	51° 46 ‘ 30 ” O			52° 12’30”O

Notas

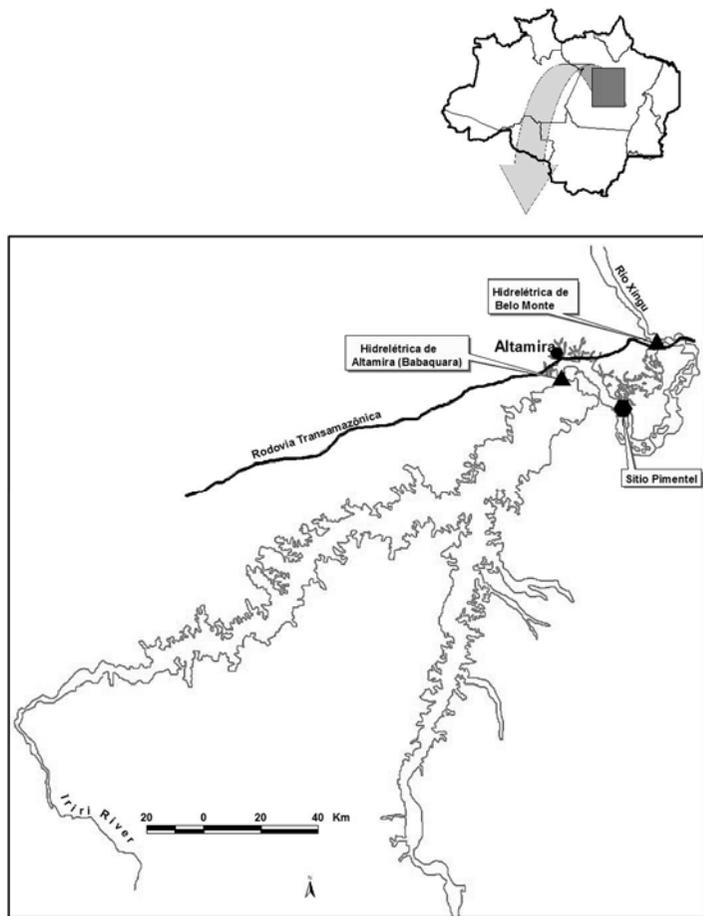
(a) Presume que toda a água é usada pela casa de força principal em Belo Monte.

(b) Presume-se que Babaquara tem a mesma a relação entre o perímetro da margem e o comprimento que em Belo Monte.

(c) Vazão é a média para 1931-2000 calculada no EIA para Belo Monte. Um vazão “sintético” mais alto ” de 8.041 m³/s foi calculado por Maceira & Damázio (4) para Babaquara.

(d) O Reservatório dos Canais terá um manejo de água incomum, com o nível mantido em 96 m durante a estação de alto fluxo e 97 m durante a estação de baixa vazão.(6)

(e) Solteira do vertedouro de Babaquara presumida a ser 20 m abaixo do nível operacional normal.



1a

Fig 1-b

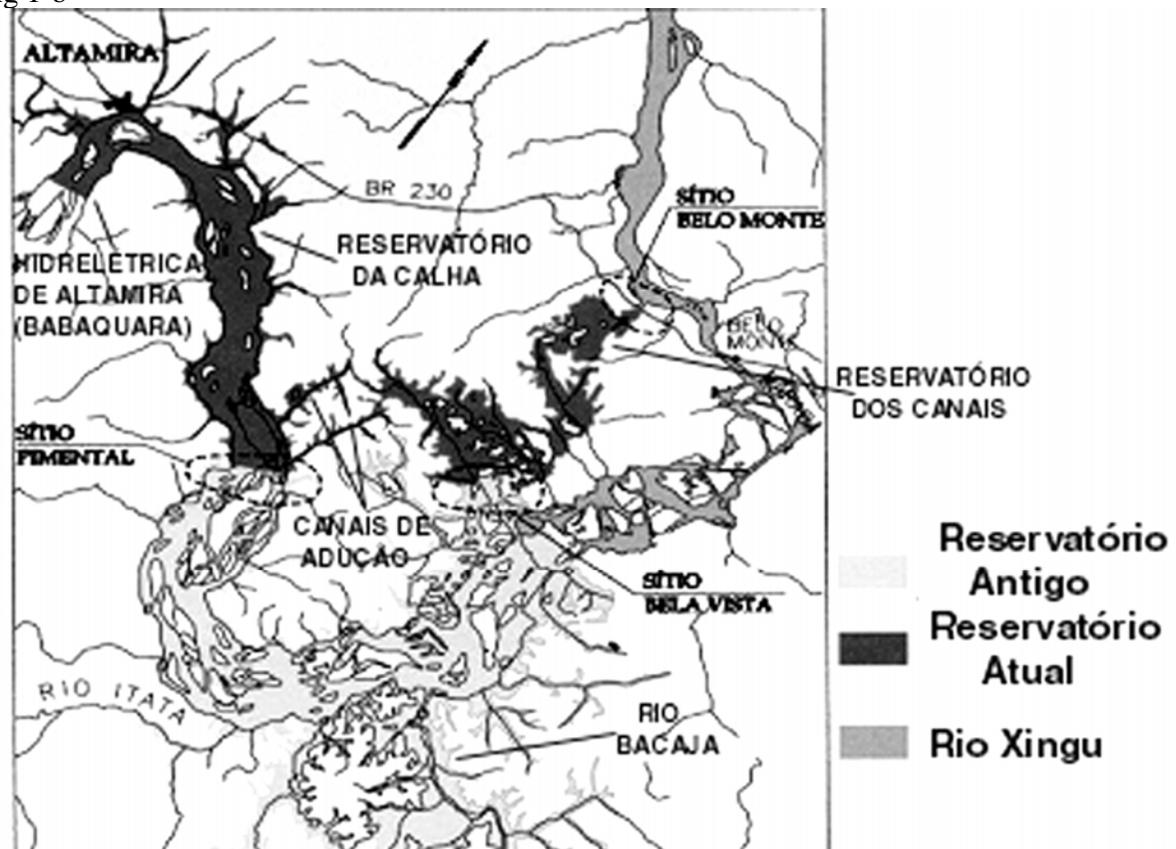


Figura 1. A.) Babaquara (Altamira) Reservatório; B.) Reservatórios de Belo Monte da Calha e dos Canais. Fontes: Babaquara: Ref. 2; Belo Monte: Ref. 7.

Para abastecer as turbinas da principal casa de força, com capacidade de turbinar 13.900 m³/segundo, água entrando nos canais fluiria numa velocidade média de 7,5 km/hora num canal de 13 m de profundidade, levando aproximadamente 2,3 horas para percorrer os 17 km do Reservatório da Calha até o Reservatório dos Canais. Isto será semelhante a um rio, ao invés de um reservatório. O Reservatório dos Canais, pelo qual a água levará, em média, 1,6 dia para passar, é de uma forma talvez sem igual na história de construção de barragens. Em vez do habitual vale inundado, onde a água flui pelo reservatório que segue a topografia descendente natural de um rio e seus afluentes, a água no Reservatório dos Canais estará fluindo por uma série de vales perpendiculares à direção normal de fluxo d'água. A água passará entre cinco bacias diferentes, na medida em que atravessa os cursos dos igarapés que terão sido inundados, passando por gargalos rasos quando a água cruza cada um dos antigos interflúvios. Cada uma destas passagens, algumas das quais serão em canais escavados como parte do projeto de construção, oferecerá a oportunidade para quebrar qualquer termoclina que possa ter-se formado nos fundos de vale. É possível que só água da superfície, relativamente bem oxigenada e de baixo teor de metano, fará a passagem por estes gargalos, deixando camadas relativamente permanentes de água rica em metano no fundo de cada vale. Portanto, o Reservatório dos Canais, de 60 km de comprimento, é uma cadeia de cinco reservatórios, cada um com um diferente tempo de reposição, sistema associado de "braços mortos" e potencial para estratificação. Quando a água alcançar o trecho final antes das tomadas d'água das turbinas, permanecerá lá apenas durante um tempo curto.

Babaquara (Altamira)

Em contraste com o volume pequeno do reservatório e tempo curto de reposição dos dois reservatórios de Belo Monte, o reservatório de Babaquara tem várias características que o fazem excepcionalmente nocivo como fonte de metano. Uma é a sua área enorme, do tamanho de Tucuruí e Balbina juntos. Outra é a área de deplecionamento extraordinariamente grande que será alternadamente inundada e exposta: 3.580 km².(1)

O reservatório de Babaquara é dividido em dois braços, um dos quais terá um tempo de reposição muito lento. O reservatório inundará os vales dos Rios Xingu e Iriri. Medidas grosseiras das áreas do reservatório (a partir de um mapa na ref. 2) indicam que 27% da área de reservatório, aproximadamente, se encontra na bacia do rio Xingu abaixo da confluência dos dois rios, outros 27%

na bacia do Xingu acima do ponto de confluência e 26% na bacia do rio Iriri. A vazão média (1976-1995) do rio Iriri é de 2.667 m³/segundo (3), enquanto a vazão no local da barragem de Babaquara (*i.e.*, abaixo da confluência) é de 8.041 m³/segundo.(4) Presumindo que a porção do reservatório abaixo da confluência (a porção mais próxima à represa) é três vezes mais funda, então, em média, com os outros dois segmentos, o tempo de residência no reservatório de Babaquara da água que desce o Rio Xingu é de 164 dias e de 293 dias para a água que desce do Rio Iriri. Embora o tempo de residência seja muito longo em ambos os casos, tempo bastante para acumular uma grande carga de metano, o tempo para a parte no Iriri quase alcança o do tempo de residência de 355 dias da notória represa de Balbina!

A tremenda diferença entre Babaquara e Belo Monte, com oscilações verticais em níveis d'água que variam desde zero no Reservatório dos Canais de Belo Monte até 23 m em Babaquara, indica que um modelo explícito dos estoques de carbono e da sua decomposição é necessário, em lugar de uma extrapolação simples de medidas de concentrações de CH₄ e emissões em outras represas. O modelo desenvolvido para este propósito é descrito nas seções seguintes.

As relações entre a concentração de metano a profundidades diferentes e a concentração a 30 metros dependem da idade do reservatório. Estas relações são derivadas separadamente.(5) Podem ser usadas as concentrações calculadas à profundidade unificada de 30 m para calcular às emissões de ebulição e de difusão, que apresentam relações regulares com a concentração a 30 m. Também podem ser calculadas as concentrações aos níveis do vertedouro e da tomada d'água das turbinas. Após a construção de Babaquara, a água que entra no reservatório de Belo Monte vai ter saída diretamente das turbinas de Babaquara, e, portanto, conterá quantidades apreciáveis de CH₄.

É presumida que o manejo de água em Babaquara segue uma lógica baseada em fornecer, anualmente, para Belo Monte a quantidade máxima possível de água, dentro das limitações posadas por: 1) o ciclo sazonal de vazões do rio, 2) o máximo que pode ser usado pelas turbinas em Babaquara, e 3) o volume de armazenamento vivo do reservatório de Babaquara. Isto resulta na esperada subida e descida anual do nível d'água. Durante cada mês ao longo de um período de 50 anos um cálculo é feito da área da zona de deplecionamento que permaneceu exposta durante um mês, dois meses, e assim sucessivamente até um ano, e uma categoria separada é mantida para área de deplecionamento exposta durante mais de um ano. A área que é submersa em cada classe de idade é calculada para cada mês. Isto permite um cálculo da quantidade de biomassa macia que é inundada, baseado em suposições relativo à taxa de crescimento da vegetação na zona de

deplecionamento. A categoria para vegetação com mais de um ano de idade contém biomassa menos macia, já que o crescimento depois do primeiro ano é, em grande parte, alocado para a produção de madeira em lugar de para material mais macio (a biomassa foliar da floresta é usada para esta categoria).

A fração do CH₄ dissolvido que é liberado, entretanto, em transcurso de água pelo vertedouro e pelas turbinas dependerá da configuração dessas estruturas. No caso do vertedouro em Babaquara, a queda de 48 m depois de emergir das comportas (Tabela 1) deveria garantir uma liberação praticamente completa. No caso das turbinas, no entanto, alguma parte do conteúdo de CH₄ provavelmente será repassada para o reservatório de Belo Monte, localizado imediatamente a jusante de Babaquara. O reservatório da calha de Belo Monte é planejado a se encostar contra a barragem de Babaquara, fazendo com que a água que emerge das turbinas de Babaquara será injetada diretamente no reservatório de Belo Monte, em lugar de fluir em um trecho de rio normal antes de entrar no reservatório. Porque a água puxada de fundo da coluna d'água do reservatório de Babaquara estará de baixa temperatura, provavelmente afundará imediatamente para o hipolimnion quando entra no reservatório de Belo Monte. Seu conteúdo de CH₄ seria, então, parcialmente preservado, e este metano estaria sujeito à liberação quando a água emergir posteriormente das turbinas de Belo Monte.

Referências

- (1) Brasil, ELETRONORTE. s/d [C. 1989]). Altamira.txt. Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. (ELETRONORTE), Brasília, DF, 6 p. (disponível de: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP, Campinas, SP)
- (2) Brasil, ELETRONORTE.s/d [C. 1988]. *The Altamira Hydroelectric Complex*. Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. (ELETRONORTE), Brasília, DF. 16 p.
- (3) Brasil, ANEEL. 2001. Descargas médias de longo período: Bacia do Amazonas-Rios Tapajós/Amazonas/Iriri/Xingu. Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), Brasília, DF. http://www.aneel.gov.br/cgrh/atlas/subbac/sub18_f.jpg

(4) Maceira, M.E.P., J.M. Damázio. s/d. Analysis of the streamflow record extension for the Xingu River at Babaquara. Electrical Power Research Center – CEPEL, Rio de Janeiro, RJ. (<http://www.unesco.org/uy/phi/libros/manaos/3.html>)

(5) 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.

(6) Brasil, ELETRONORTE. 2002. *Complexo Hidrelétrico Belo Monte: Estudos De Viabilidade, Relatório Final*. Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. (ELETRONORTE), Brasília, DF. 8 vols.

(7) Brasil, ELETRONORTE. s/d [C. 2002]. *Complexo Hidrelétrico Belo Monte: Estudo de Impacto Ambiental- E I A. Versão preliminar*. Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. (ELETRONORTE), Brasília, DF. 6 vols.

(Abreviada de Fearnside, P.M. 2009. As Hidrelétricas de Belo Monte e Altamira (Babaquara) como Fontes de Gases de Efeito Estufa. *Novos Cadernos NAEA* 12(2).

Mais informações estão disponíveis em <http://philip.inpa.gov.br>

- <http://colunas.globoamazonia.com/philipfearnside/>



Belo Monte e os gases de efeito estufa 11: Fontes de Carbono e Caminhos de Liberação de Gases

seg, 12/04/10

por Globo Amazônia /

categoria [Uncategorized](#)

Gás carbônico das árvores mortas

As muitas árvores deixadas em um reservatório que projetam acima d'água emitem CO₂ quando apodrecem. Parâmetros para a dinâmica e decomposição aeróbica da biomassa acima d'água são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Parâmetros para a emissão gases da biomassa acima da água no reservatório de Babaquara

Parâmetro	Valor	Unidades	Fonte
Fração acima do solo	0,759		Ref. 5.
Profundidade médio de zona de água de superfície	1	metro	Suposição, baseado em deterioração de madeira comercial.
Taxa de decomposição de folhas na zona sazonalmente inundada	-0,5	Fração/ano	Suposição.
Taxa de decomposição acima d'água (0-4 anos)	-0,1680	Fração/ano	Presumido mesmo como floresta derrubada (6) ^(*)
Taxa de decomposição acima d'água (5-7 anos)	-0,1841	Fração/ano	Presumido mesmo como floresta derrubada (6)
Taxa de decomposição acima d'água (8-10 anos)	-0,0848	Fração/ano	Presumido mesmo como floresta derrubada (6)
Taxa de decomposição acima d'água (>10 anos)	-0,0987	Fração/ano	Presumido mesmo como floresta derrubada (6)
Conteúdo de carbono de madeira	0,50		Ref. 7.
Biomassa total médio de floresta a Babaquara	244	Mg/ha	Ref. 8 para biomassa acima do solo; Fração acima do solo como acima.
Profundidade média da água ao nível mínimo operacional normal	18,4	metros	A 142 m sobre o mar.
Profundidade média da água ao nível operacional normal	23,4	metros	A 165 m sobre o mar.
Biomassa inicial presente: folhas	4,1	Mg/ha	Calculado de biomassa total e de Ref. 9.
Biomassa inicial presente: madeira acima d'água	138,8	Mg/ha	Calculado de biomassa total e de Ref. 9.
Biomassa inicial presente: debaixo do solo	58,8	Mg/ha	Calculado de biomassa total e de Ref. 9.
Liberção de metano por térmitas em floresta	0,687	kg CH ₄ /ha/ano	Ref. 10.
Liberção de metano por térmitas em biomassa acima d'água por Mg C se deteriorado por térmitas	0,0023	Mg CH ₄	Ref. 11.

Por cento de decomposição mediado por térmitas acima do nível d'água máximo operacional normal	4,23	%	Ref. 10 para biomassa derrubada.
Por cento de decomposição mediado por térmitas abaixo da linha d'água do nível máximo operacional normal	0	%	Baseado em Ref. 12.
Área total do reservatório ao nível operacional normal	6.140	km ²	
Área do leito fluvial	136	km ²	Ref. 8.
Área desmatada antes de inundar (zona de inundação permanente)	0	km ²	
Área total de floresta inundada	6.004	km ²	Calculado por diferença.
Área de floresta original na zona de inundação permanente	2.424	km ²	Área da zona, menos o leito fluvial e a área previamente desmatada.
Área de floresta original de zona de deplecionamento	3.580	km ²	Calculado por diferença entre a área de floresta e o total.
Taxa de quebra de troncos na altura da linha d'água para árvores > 25 cm DAP	0,063	Fração do estoque original/ano	Baseado em Ref. 12, pág. 245.
Taxa de troncos que quebram na linha de água para árvores < 25 cm DAP	0,113	Fração do estoque original/ano	Baseado em Ref. 12, pág. 245.
Taxa de queda de galhos (e presumida queda de troncos acima do primeiro galho)	0,094	Fração do estoque original/ano	Baseado em Ref. 12, pág. 245.
Por cento da biomassa acima do solo de madeira viva em galhos e troncos acima do primeiro galho	30,2	%	Ref. 9 baseado em Ref. 13.
Por cento da biomassa de madeira acima do solo em troncos	69,8	%	Ref. 9 baseado em Ref. 13.
Por cento de biomassa de troncos > 25 cm DAP	66,0	%	Calculado abaixo.
10-25 cm DAP como por cento de biomassa de fuste total em árvores vivas > 10 cm DAP	22	%	Ref. 14.
0-10 cm DAP como por cento de biomassa viva total acima do solo	12	%	Ref. 15.
Fuste como por cento de biomassa viva total acima do solo	57,47	%	Baseado no fator de expansão de biomassa de 1,74 para

em árvores vivas > 10 cm DAP

Biomassa viva acima do solo < 10 cm DAP	22,2	Mg/ha	biomassa de fuste > 190 Mg/ha em árvores vivas > 10 cm DAP (14).
Galhos como porcentagem de biomassa viva de fuste	51,4	%	Calculado a partir de informações acima.
Biomassa de galhos	55,9	Mg/ha	Baseado em Ref. 14.
Biomassa acima do solo de floresta	185,3	Mg/ha	Calculado a partir de informações acima.
Biomassa de madeira viva acima do solo	155,5	Mg/ha	Calculado de total e fração acima do solo.
Biomassa de madeira morta acima do solo	25,6	Mg/ha	Biomassa total, menos o peso das folhas e da biomassa morta.
Biomassa viva de fuste	108,6	Mg/ha	Ref. 16.
Biomassa viva de fuste 10-25 cm DAP	23,9	Mg/ha	Partilha baseada em Ref. 14.
Biomassa viva de fuste < 10 cm DAP	13,0	Mg/ha	Partilha baseada em Ref. 14.
Biomassa viva de fuste 0-25 cm DAP	36,9	Mg/ha	Ref. 15.
Biomassa viva de fuste > 25 cm DAP	71,7	Mg/ha	Somado dos dados acima.
Biomassa viva de fuste: acima da linha d'água	96,4	Mg/ha	Partilha baseada em Ref. 14.
Biomassa viva de fuste: 0-25 cm DAP: acima da linha d'água	32,8	Mg/ha	Distribuição vertical interpolada de Ref. 13.
Biomassa viva de fuste: > 25 cm DAP: acima da linha d'água	63,6	Mg/ha	Distribuição vertical interpolada de Ref. 13.
Fração das árvores que flutuam	0,4	Fração	Distribuição vertical interpolada de Ref. 13.
Fração de galhos originais em árvores restantes que caem por ano	0,094	Fração	Ref. 17.
Fração médio de área de deplecionamento exposta anualmente	0,5	Fração	Calculado de Ref. 12.

Estimativa aproximada baseado no nível do reservatório em 2000 em Balbina.

As emissões de biomassa acima d'água consideradas aqui são conservadoras por duas razões. Uma é que elas estão baseadas na vazão média do rio em cada mês e na suposição de que o manejo da água respeite o limite do nível mínimo normal previsto para o reservatório. Nenhuma consideração foi feita quanto à possibilidade de que o nível da água poderia ser abaixado além deste nível mínimo em anos extremamente secos, como em eventos de El Niño. A outra suposição conservadora é que a biomassa na zona de deplecionamento nunca se queima. Queimar é um evento ocasional, mas afeta quantidades significativas de biomassa quando isso acontecer. Durante a seca do El Niño de 1997-1998, os reservatórios de Balbina e de Samuel atingiram cotas muito inferiores aos níveis de operação oficialmente tidos como “mínimos”, e áreas grandes das zonas de deplecionamento expandidas se queimaram. Embora seja provável que tais emissões às vezes acontecerão em Babaquara, elas não foram considerados nesta análise.

Emissões de Ecossistema de Pré-represa

As áreas dos ecossistemas naturalmente inundados e não inundados são apresentadas na Tabela 2. Os tipos de floresta sazonalmente inundados são considerados como pertencendo à “área inundada”. No entanto, isto pode representar uma superestimativa da extensão verdadeira “área inundada”, sendo que imagens de radar do Satélite de Recursos da Terra Japonês (JERS) indicam que praticamente nada da área do reservatório planejado tem inundação abaixo da cobertura da floresta.(1) No entanto, deveria ser lembrado que lagos temporários ao longo dos rios Xingu e Iriri existem: mapas analisados por de Miranda *et al.* (2) indicam de 28 a 52 lagos na área a ser inundada por Babaquara, dependendo do mapa usado na análise.

Tabela 2: Área e Biomassa de vegetação ao Belo Monte e Babaquara^(a)

Tipo de vegetação	BABAQUARA			BELO MONTE		
	Área (km ²)	Por cento	Biomassa acima do solo ^(b) (Mg/ha peso seco)	Área (km ²)	Por cento	Biomassa acima do solo ^(b) (Mg/ha peso seco)
Vegetação não inundada						
Floresta aberta de terra firme	3.565,3	58,0	175,2			
[floresta aberta mista (FA)+ floresta aberta submontana (FS)]						
Floresta aberta de terra firme				205,7	46,7	125,27
sobre revelo acidentado						
Floresta aberta de terra firme				11,9	2,7	201,9
sobre revelo ondulado						
Floresta secundária latifoliada	10,9	0,2	20,0	11,0	2,5	20,0
Vegetação inundada						
Floresta densa ciliar estacionalmente	2.421,9	39,3	201,2	191,5	43,6	121,2
inundável ou Floresta Densa Ciliar (FC)						

^(c)

	Floresta Aberta ciliar estacionalmente	5,6	0,1	60,0			
	submersa (Formações pioneiras						
	aluviais campestres)						
	Sem vegetação (canal fluvial)						
	Áreas sem cobertura vegetal	136,3	2,4	0,0	20,0	4,5	0,0
Totais	Total de vegetação não inundada	3.576,3	58,2		228,5	51,9	
	Total de vegetação inundada	2.427,5	39,4		191,5	43,6	
	Vegetação total	6.003,7	97,6	185,3	420,0	95,5	122,8
	Reservatório total	6.140,0	100,0		440,0	100,0	

(a) Dados de Revilla Cardenas (19, p.55; 8, pág. 87), com áreas ajustadas em proporção à estimativa de área de reservatório atual (6.140 km² para Babaquara; 440 km² para Belo Monte).

(b) Valores incluem Biomassa morto (liteira e madeira morta), cipós, e o tapete de raízes.

(c) Valor para biomassa de floresta secundária acima do solo é aquele usado por Revilla Cardenas (8) para Babaquara, baseado em dados de Tucuruí.

Os parâmetros para emissões de metano pela floresta não inundada (floresta de terra firme) são apresentados na Tabela 3. Estes indicam um efeito mínimo sobre o metano, com a perda de um sumidouro pequeno no solo quando inundado. Emissões de óxido nitroso (N_2O) em solo florestado não inundado são pequenas: 0,0087 Mg de gás/ha/ano (3), ou 0,74 Mg/ha/ano de carbono CO_2 -equivalente, considerando o potencial de aquecimento global de 310.(4) Cálculos de óxido nitroso para floresta não inundada e para áreas inundadas são apresentados na Tabela 4. Os cálculos incluem o efeito da formação de poças temporárias em áreas de terra firme durante eventos periódicos de chuva pesada (Tabela 4).

Tabela 3: Fluxo evitado de metano da perda de floresta em Babaquara

Item	Valor	Unidades	Fonte
ABSORÇÃO PELO SOLO EM FLORESTA NÃO INUNDADA			
Absorção anual médio de gás de CH ₄ em florestas não inundada	-3,8	kg CH ₄ /ha/ano	Ref. 20, a partir de 22 estudos.
Área total de floresta inundada por reservatório	6.004	km ²	Baseado na área de reservatório de 6.140 km ² e a área do leito do rio, pág. 87.
Área de floresta ribeirinha inundada por reservatório	2.427	km ²	Ref. 8, pág. 87.
Área de floresta de terra firme inundada por reservatório	3.576	km ²	Calculado por diferença.
Fração de ano que floresta ribeirinha inunda naturalmente	0,17	Fração	presumido ser 2 meses, em média.
Absorção por ha por ano em floresta ribeirinha	-3,17	kg CH ₄ /ha/ano	Proporcional ao tempo não inundado.
Absorção por ano em floresta ribeirinha	-768,70	Mg CH ₄ /ano	Absorção por ha X área de floresta ribeirinha.
Absorção por ano em floresta de terra firme	-1.358,98	Mg CH ₄ /ano	Absorção por ha X área de floresta de terra firme.
Absorção total por ano	-2.127,68	Mg CH ₄ /ano	Somado por tipo de floresta .
Potencial de aquecimento global (GWP) de CH ₄	21	Mg gás de CO ₂ equivalente / Mg gás de CH ₄	Ref. 4.
CO ₂ carbono equivalente/ano	-0,012	Milhões de Mg CO ₂ – C equivalente /ano	Calculado de emissão de CH ₄ , GWP, peso atômico de C (12) e peso molecular de CO ₂ (44).
EMISSÃO ATRAVÉS DE TÉRMITAS DE FLORESTA			
Emissão/ha/ano	0,5	kg CH ₄ /ha/ano	Ref. 6.
Equivalentes de ha-ano de floresta	0,6	Milhões de equivalentes de ha-ano	Calculado a partir de informações acima.
Emissão/ano	317,0	Mg CH ₄ /ano	Calculado a partir de informações acima.
CO ₂ carbono equivalente/ano	0,0018	Milhões de Mg CO ₂	Calculado como acima.

equivalente/ano

Tabela 4: EMISSÕES DE INUNDAÇÃO NATURAL DE FLORESTA INUNDADA PRÉ-REPRESA

Emissão de metano de floresta inundada durante inundação natural	103,8	mg CH ₄ /m ² /dia	Media de cinco estudos em floresta em várzea de água branca (140).
Dias inundados por ano	59,4	dias	Suposição como acima
Emissão anual por km ²	6,2	Mg CH ₄ /ano/km ² .	Calculado a partir de informações acima.
Emissão natural anual através de floresta inundada	14.961	Mg CH ₄ /ano.	Calculado a partir de informações acima.
CO ₂ carbono equivalente/ano	0,086	Milhões de Mg CO ₂ – equivalente C/ano	Calculado a partir de informações acima.
Emissão anual ajustada para comprimento de ciclo		Mg CH ₄ /ano	considerando a emissão por ciclo (2 meses vs 6 meses).
CO ₂ carbono equivalente/ano		Milhões de Mg CO ₂ -equivalente C/ano	calculado acima.
EMISSÕES DE EVENTOS PERIÓDICOS DE FORMAÇÃO DE POÇAS EM FLORESTA DE TERRA FIRME			
Formação de poças em florestas de terra firme	1.801	km ² -dias/ano.	Calculado da área: 5% inundam por evento (baseado em Ref. 1) frequência de 5 anos e duração de 30 dias.
Emissão quando inundado ou com formação de poças	103,8	mg CH ₄ /m ² /dia.	Presumido ser o mesmo que a floresta de várzea (como acima)
Emissão natural anual através de formação de poças	187,0	Mg CH ₄ /ano.	Calculado a partir de informações acima.
CO ₂ carbono equivalente/ano	0,001	Milhões de Mg CO ₂ – equivalente /ano	Calculado a partir de informações acima.
TOTAIS			
Emissão total de metano	43.259	Mg CH ₄ /ano	Calculado a partir de informações acima, incluindo ajuste para o ciclo.

CO₂ carbono equivalente/ano

0,248

Milhões de Mg CO₂ -
equivalente C/ano.

Calculado a partir de informações acima.

Presumindo as mesmas taxas de emissão como as medidas nos estudos de várzea de água branca (o Xingu é considerado um rio de água clara, mais semelhante à água branca do que água preta), a emissão anual seria equivalente a apenas 0,043 milhões de toneladas de carbono equivalente a carbono de CO₂ em Babaquara em uma base diária, ou 0,248 milhões de toneladas de carbono CO₂-equivalente se este resultado for multiplicado por três para aproximar o efeito da estação de enchente mais curta (2 meses contra 6 meses). Os ajustes resultantes para o efeito dos ecossistemas pré-represa são muito pequenos, como será mostrado mais adiante quando serão calculadas as emissões líquidas para as duas represas.

Referências

- (1) Melack, J.M. & L.L. Hess. 2004. Remote sensing of wetlands on a global scale. *SILnews*, No. 42: 1-5. <http://www.limnology.org/news/silnews42.pdf>
- (2) de Miranda, E.E., J.R. de Miranda & P.F. dos Santos. 1988. Efeitos ecológicos das barragens do Xingu: Uma avaliação preliminar. p. 83-102. In: L.A.O. Santos & L.M.M. de Andrade (eds.) *As Hidrelétricas do Xingu e os Povos Indígenas*. Comissão Pró-Índio de São Paulo, São Paulo, SP. (pág. 88).
- (3) 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. (pág. 37).
- (4) 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. (pág. 121).
- (5) Fearnside, P.M. 1997. Greenhouse gases from deforestation in Brazilian Amazonia: Net committed emissions. *Climatic Change* 35(3): 321-360. (pág. 337).
- (6) Fearnside, P.M. 1996. Amazonia and global warming: Annual balance of greenhouse gas emissions from land-use change in Brazil's Amazon region. p. 606-617 In: J. Levine (ed.), *Biomass Burning and Global Change. Volume 2: Biomass Burning in South America, Southeast Asia and Temperate and Boreal Ecosystems and the Oil Fires of Kuwait*. MIT Press, Cambridge, Massachusetts, E.U.A. (pág. 611).

- (7) Fearnside, P.M., N. Leal Filho & F.M. Fernandes. 1993. Rainforest burning and the global carbon budget: Biomass, combustion efficiency and charcoal formation in the Brazilian Amazon. *Journal of Geophysical Research (Atmospheres)* 98(D9): 16.733-16.743.
- (8) Revilla Cardenas, J.D. 1988. *Relatório: Levantamento e Análise da Fitomassa da UHE de Babaquara, Rio Xingú*. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Manaus, AM.
- (9) Fearnside, P.M. 1995. Hydroelectric dams in the Brazilian Amazon as sources of 'greenhouse' gases. *Environmental Conservation* 22(1): 7-19. (pág. 12).
- (10) Martius, C., P.M. Fearnside, A.G. Bandeira & R. Wassmann. 1996. Deforestation and methane release from termites in Amazonia. *Chemosphere* 33(3): 517-536. (pág. 527).
- (11) Martius, C., R. Wassmann, U. Thein, A.G. Bandeira, H. Rennenberg, W.J. Junk & W. Seiler. 1993. Methane emission from wood-feeding termites in Amazonia. *Chemosphere* 26 (1-4): 623-632.
- (12) Walker, I., R. Miyai & M.D.A. de Melo. 1999. Observations on aquatic macrophyte dynamics in the reservoir of the Balbina hydroelectric powerplant, Amazonas state, Brazil. *Acta Amazonica* 29: 243-265.
- (13) Klinge, H. & W.A. Rodrigues. 1973. Biomass estimation in a central Amazonian rain forest. *Acta Científica Venezolana* 24: 225-237.
- (14) Brown, S. & A.E. Lugo, 1992. Aboveground biomass estimates for tropical moist forests of the Brazilian Amazon. *Interciencia* 17(1): 8-18.
- (15) Jordan, C.T. & C. Uhl. 1978. Biomass of a "tierra firme" forest of the Amazon Basin. *Oecologia Plantarum* 3(4): 387-400.
- (16) Klinge, H. 1973. Biomasa y materia orgánica del suelo en el ecosistema de la pluviselva centro-amazónico. *Acta Científica Venezolana* 24: 174-181. (pág. 179).
- (17) R. Bruce, comunicação pessoal, 1993; veja Ref. 18, pág. 61.
- (18) Fearnside, P.M. 1997. Wood density for estimating forest biomass in Brazilian Amazonia. *Forest Ecology and Management* 90(1): 59-89.

(19) Revilla Cardenas, J.D. 1987. *Relatório: Levantamento e Análise da Fitomassa da UHE de Kararaô, Rio Xingú*. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Manaus, AM.

(20) 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.

(21) 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. (pág. 140).

(22) Mori, S.A. & P. Becker. 1991. Flooding affects survival of Lecythidaceae in terra firme forest near Manaus, Brazil. *Biotropica* 23: 87-90.

(23) de 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.

(Abreviada de Fearnside, P.M. 2009. As Hidrelétricas de Belo Monte e Altamira (Babaquara) como Fontes de Gases de Efeito Estufa. *Novos Cadernos NAEA* 12(2)).

Mais informações estão disponíveis em <http://philip.inpa.gov.br>.

- <http://colunas.globoamazonia.com/philipfearnside/>



Belo Monte e os gases causadores de efeito estufa 12 – emissões de construção

sex, 16/04/10

por Globo Amazônia /

categoria [Uncategorized](#)

Barragens requerem muito mais materiais, como aço e cimento, do que instalações equivalentes movidas a combustível fóssil, como as usinas termoeletricas a gás que estão sendo construídas atualmente em São Paulo e em outras cidades no Centro-Sul brasileiro.

Belo Monte é excepcionalmente modesta no uso de cimento porque o local permite que a barragem principal (Sitio Pimental) seja construída em um local que é mais alto em elevação que a casa de força principal (o Sitio Belo Monte). A barragem principal tem uma altura máxima de apenas 35 metros, enquanto a casa de força principal aproveita uma queda de 87,5 metros.

A maioria dos projetos hidrelétricos, como Babaquara ou Tucuruí, tem a casa de força localizada ao pé da própria barragem, e, portanto, só gera energia de uma queda que corresponde à altura da barragem menos uma margem pequena para borda livre ao topo.

Tucuruí, que é até agora a “campeã” de todas as obras públicas brasileiras em termos de uso de cimento, usou três vezes mais cimento do que a quantidade prevista para Belo Monte. Babaquara usaria 2,6 vezes mais cimento por Megawatt de capacidade instalada do que Belo Monte.

Belo Monte exige uma quantidade bastante grande de escavação por causa da necessidade para cavar o canal de adução que conecta o Reservatório da Calha ao Reservatório dos Canais, e várias escavações menores são projetadas nos galgals dentro do Reservatório dos Canais.

A quantidade esperada de escavação para estes canais aumentou substancialmente entre a versão do estudo de viabilidade de 1989 e a de 2002 porque foram descobertos erros na cartografia topográfica da área.

Para Babaquara presume-se que o uso de diesel será proporcional à quantidade de escavação planejada naquela represa.

Clique abaixo para acessar o artigo completo com detalhamento científico. Barragens, obviamente, requerem muito mais materiais, como aço e cimento, do que instalações equivalentes movidas a combustível fóssil, como as usinas termoeletricas a gás que estão sendo construídas atualmente em São Paulo e em outras cidades no Centro-Sul brasileiro. São calculadas as quantidades de aço usadas na construção de Belo Monte baseado nos pesos dos itens listados no estudo de viabilidade.(1) Para Babaquara, supõe-se que a quantidade de aço usada em equipamento eletromecânico é proporcional à capacidade instalada, enquanto presume-se que a quantidade de aço em concreto armado é proporcional ao volume de concreto.(2) São calculadas as quantidades em Babaquara proporcionalmente às quantidades usadas em Belo Monte. Uso de aço calculado em Belo Monte totaliza 323.333 Mg, enquanto o uso em Babaquara totaliza 303.146 Mg.

A quantidade de cimento usada em cada barragem é estimada em 848.666 Mg, baseado no total dos itens listados no estudo de viabilidade.(1) Para Babaquara, uso de cimento é calculado em 1.217.250 Mg baseado no volume de concreto (dados de Ref. 2) e a média de conteúdo de cimento presumido de 225 kg/m³ de concreto.(3) A Belo Monte é excepcionalmente modesta no uso de cimento porque o local permite que a barragem principal (Sitio Pimentel) seja construída em um local que é mais alto em elevação que a casa de força principal (o Sitio Belo Monte). A barragem principal tem uma altura máxima de apenas 35 m (4), enquanto a casa de força principal aproveita uma queda de referência de 87,5 m.(5) A maioria dos projetos hidrelétricos, como Babaquara ou Tucuruí, tem a casa de força localizada ao pé da própria barragem, e, portanto, só gera energia de uma queda que corresponde à altura da barragem menos uma margem pequena para borda livre ao topo. Tucuruí, que é até agora a “campeã” de todas as obras públicas brasileiras em termos de uso de cimento, usou três vezes mais

cimento do que a quantidade prevista para Belo Monte.(6) Babaquara usaria 2,6 vezes mais cimento por MW de capacidade instalada do que Belo Monte.

É esperado que a quantidade de diesel usada para Belo Monte seja 400×10^3 Mg.(7) Isto inclui um ajuste das unidades (como informado no estudo de viabilidade) para trazer os valores dentro da faixa geral de uso de combustível em outras barragens (por exemplo, Dones & Gantner (3) calcularam um uso médio de 12 kg diesel/TJ para barragens na Suíça). O estudo de viabilidade contém várias inconsistências internas nas unidades, que presumivelmente resultaram de erros tipográficos. A Belo Monte exige uma quantidade bastante grande de escavação por causa da necessidade para cavar o canal de adução que conecta o Reservatório da Calha ao Reservatório dos Canais, e várias escavações menores são projetadas nos gargalos dentro do Reservatório dos Canais. A quantidade esperada de escavação para estes canais aumentou substancialmente entre a versão do estudo da viabilidade de 1989 e a de 2002 porque foram descobertos erros na cartografia topográfica da área.(8) Para Babaquara presume-se que o uso de diesel será proporcional à quantidade de escavação planejada naquela represa.(2)

As estimativas de materiais para construção de represas e linhas de transmissão são apresentadas na Tabela 1. Os totais resultantes (0,98 milhões de Mg C para a Belo Monte e 0,78 milhões de Mg C para Babaquara) são muito pequenos comparado às emissões posteriores dos reservatórios. Não foram deduzidas destes totais as emissões da construção das termoelétricas a gás equivalentes. A emissão de construção de instalações de gás natural é mínima: uma análise de ciclo de vida de usinas a gás de ciclo combinada em Manitoba, Canadá indica emissões de CO₂ de construção de apenas 0,18 Mg equivalente/GWh.(9)

Tabela 1: Emissões de gás de efeito estufa de construção das represas e da linha transmissão

Item	Unidades	Belo Monte				Babaquara						
		Emissão por unidade (kg CO ₂ -C equivalente)	Ref - erência	Nota	No. de unidades	Ref - erência	Emissão (milhões de Mg CO ₂ -C equivalente)	Nota	No. de unidades	Ref - erência	Emissão (milhões de Mg CO ₂ -C equivalente)	
Construção de represa												
Aço	Mg	600,0 (a)	(b)		323.333 (c)		0,194 (a)			303.146 (c)		0,182
Cimento	kg	0,207 (a)	(c)		848.666.000 (e)		0,176 (a)			1.217.250.000 (e)		0,252
Diesel	milhões de kg	863.280 (d)			135,1 (f)		0,117			76,8 (f)		0,066
Eletricidade	TWh	139.903.200 (g)			3,15 (h)		0,441			1,79 (h)		0,251
Sub-total de construção represa							0,928					0,751
Construção de linha de transmissão												
	km-MW instalado	1,9 (i)			29.596.901 (j)		0,055 (a)			17.046.458 (j)		0,032
Total de projeto							0,983					0,783

(a) Ref. 10.

(b) Usa GWPs de 100 anos de IPCC 1994: CO₂=1, CH₄=24,5, N₂O=320 (11).

(c) Baseado em proporções relativos a Belo Monte (veja texto).

(d) Usa GWPs de 100 anos de IPCC 1995 [valores do Protocolo de Kyoto]: CO₂=1, CH₄=21, N₂O=310 (12).

(e) Baseado e volume de concreto (Ref. 2, pág. 18)(veja texto).

(f) Uso de diesel em Babaquara considerado proporcional à escavação planejada.

(g) Baseado em substituição de gás de ciclo combinado em São Paulo (veja texto).

(h) Uso de eletricidade na construção baseado em 290 kWh de eletricidade por TJ (3) Emissões de eletricidade consideram a linha de base de geração de gás natural em São Paulo (veja texto).

(i) Média em Québec, Canadá. (13)

(j) A linha de transmissão de Belo Monte até a rede do centro-sul brasileiro vai para três destinos com uma distância má de 2.647 km: Cachoeira Paulista-SP (2.652 km), Campinas-SP (2.599 km) e Ouro Preto-MG (2.680 km). (14)

Babaquara tem 70 km adicionais de linha.

Referências

(1) Brasil, ELETRONORTE. 2002. Complexo Hidrelétrico Belo Monte: Estudos De Viabilidade, Relatório Final. Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. (ELETRONORTE), Brasília, DF. 8 vols.

(3) Dones, R. & U. Gantner. 1996. Greenhouse gas emissions from hydropower full energy chain in Switzerland. In: Assessment of Greenhouse Gas Emissions from the Full Energy Chain for Hydropower, Nuclear Power and Other Energy Sources. Papers Presented at an IAEA Advisory Group Meeting Jointly Organized by Hydro-Québec and the International Atomic Energy Agency, Hydro-Québec Headquarters, Montreal (Canada) 12-14 March 1996. IAEA, Vienna, Austria. Paginação irregular.

(4) Ref. 1, Tomo I, pág. 6-33.

(5) Ref. 1, Tomo I, pág. 3-52.

(6) Pinto, L.F. 2002. Hidrelétricas na Amazônia: Predestinação, Fatalidade ou Engodo? Edição Jornal Pessoal, Belém, PA. 124 p. (pág. 32).

(7) Ref. 1, Tomo II, pág. 8-145..

(8) Ref. 1, Tomo I, pág. 8-22.

(9) McCulloch, M. & J. Vadgama. 2003. Life-cycle evaluation of GHG emissions and land change related to selected power generation options in Manitoba. Project 256-001, Pembina Institute for Appropriate Development, Calgary, Alberta, Canadá. 51 p. <http://www.pembina.org>. (pág. 11).

(10) Van de Vate, J. F. 1995. The IAEA investigations into studies on comparative assessment of FENCH emissions of GHGs of different energy sources: An update. Assessment of Greenhouse Gas Emission from the Full Energy Chain for Nuclear Power and Other Energy Sources. IAEA, Vienna. 26-28 September 1995. International Atomic Energy Agency (IAEA), Vienna, Austria. Paginação irregular.

(11) 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, Hoesung 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.

(12) 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.

(13) Peisajovich, A., A. Chamberland & L. Gagnon. 1996. Greenhouse gases from full energy cycle of northern hydro-electricity (preliminary assessment of production and transportation). In: Assessment of Greenhouse Gas Emissions from the Full Energy Chain for Hydropower, Nuclear Power and Other Energy Sources. Papers Presented at an IAEA Advisory Group Meeting Jointly Organized by Hydro-Québec and the International Atomic Energy Agency, Hydro-Québec Headquarters, Montreal (Canada) 12-14 March 1996. IAEA, Vienna, Áustria. Paginação irregular.

(14) Brasil, MME-CCPESE. 2002. Plano Decenal de Expansão 2003-2012: Sumário Executivo. Ministério das Minas e Energia, Comitê Coordenador do Planejamento da Expansão dos Sistemas Elétricas (MME-CCPESE), Brasília, DF. 75 p

(15) da Cruz, P.T. 1996.100 Barragens Brasileiras: Casos Históricos, Materiais de Construção, Projeto. Oficina de Texto, São Paulo, SP, 648 p. (pág. 18).

(Abreviada de Fearnside, P.M. 2009. As Hidrelétricas de Belo Monte e Altamira (Babaquara) como Fontes de Gases de Efeito Estufa. Novos Cadernos NAEA 12(2)).

<http://colunas.globoamazonia.com/philipfearnside/>



Belo Monte e os gases de efeito estufa 13: emissões calculadas de Belo Monte e Babaquara

seg, 26/04/10

por Globo Amazônia /

categoria [Uncategorized](#)

O cálculo das emissões de gases de efeito estufa em Belo Monte e Babaquara (Altamira) requer um cenário realista para o cronograma do enchimento e da instalação das turbinas, e para as políticas de manejo de água nas duas represas. Presume-se que Babaquara será enchida sete anos após Belo Monte, o que corresponde ao cenário menos otimista no plano original das usinas. A previsão é de que as turbinas em ambas as represas serão instaladas uma a cada três meses.

Cinquenta anos geralmente é o período adotado pela indústria hidrelétrica em discussões da “vida útil” de represas, e cálculos relativos a este tipo de obra são feitos frequentemente, financeiro e ambiental, neste horizonte de tempo.

As fontes emissoras de carbono das duas usinas são muito mais altas nos primeiros anos do que nos anos posteriores. Os estoques de carbono instável do solo, biomassa de madeira acima d’água e árvores mortas ao longo da margem diminuem, reduzindo assim as emissões.

As macrófitas (plantas aquáticas flutuantes ou, às vezes, enraizadas no fundo em água rasa) diminuem com o tempo, mas não desaparecem, provendo assim uma fonte a longo prazo de carbono

que, nos anos posteriores, é de maior importância relativa, embora menor em termos absolutos. O crescimento da vegetação terrestre na zona em que a água desce e sobe (zona de deplecionamento) representa uma outra fonte estável a longo prazo de carbono de fácil degradação que aumenta em importância relativa à medida que as outras fontes caem.

A biomassa acima d'água e a mortalidade de árvores na margem diminuem até níveis insignificantes como fontes de emissões de carbono ao longo do período de 50 anos, mas a grande magnitude das emissões de biomassa acima d'água nos primeiros anos dá para esta fonte um lugar significativo na média de 50 anos.

Clique abaixo para ler o artigo com detalhamento científico.

Belo Monte e os Gases de Efeito Estufa. 13:

Emissões Calculadas de Belo Monte e Babaquara

O cálculo das emissões de gases de efeito estufa requer um cenário realista para o cronograma do enchimento e da instalação das turbinas em Belo Monte e Babaquara, e para as políticas de manejo de água nas duas represas. Aqui se presume que Babaquara será enchida sete anos após Belo Monte (*i.e.*, que Belo Monte opera usando a vazão não regularizada do rio antes deste tempo). Este cronograma corresponde ao cenário menos-otimista no plano original (veja Ref. 1). As turbinas em ambas as represas serão instaladas a uma taxa de uma a cada três meses, ritmo (talvez otimista) previsto no estudo de viabilidade.(2)

O presente cálculo segue os planos para enchimento do reservatório indicados no estudo de viabilidade. O Reservatório dos Canais será enchido primeiro até um nível de 91 m sobre o nível médio do mar. Isto será feito depois que a primeira enchente passar pelo vertedouro.(2) Presume-se que isto aconteça no mês de julho. A casa de força complementar será usada, então, a este nível reduzido do reservatório durante um ano antes da casa de força principal estar pronta para uso, como planejado no Plano Decenal de ELETROBRÁS.(3) O cenário de referência do Plano Decenal 2003-2012 estimou o começo de operação da casa de força complementar para fevereiro de 2011 e da casa de força principal para março de 2012.

Os resultados de um cálculo de 50 anos das fontes de carbono em formas facilmente degradadas para cada reservatório são apresentados na Figura 1. É evidente que todas as fontes são muito

mais altas nos primeiros anos do que nos anos posteriores. Os estoques de carbono instável do solo, biomassa de madeira acima d'água e árvores mortas ao longo da margem diminuem, reduzindo assim as emissões destas fontes. As macrófitas diminuem, mas não desaparecem, provendo assim uma fonte a longo prazo que, nos anos posteriores, é de maior importância relativa, embora de menor em termos absolutos. O recrescimento da vegetação na zona de deplecionamento representa uma fonte estável a longo prazo de carbono de fácil degradação que aumenta em importância relativa à medida que as outras fontes declinem.

Fig. 1a

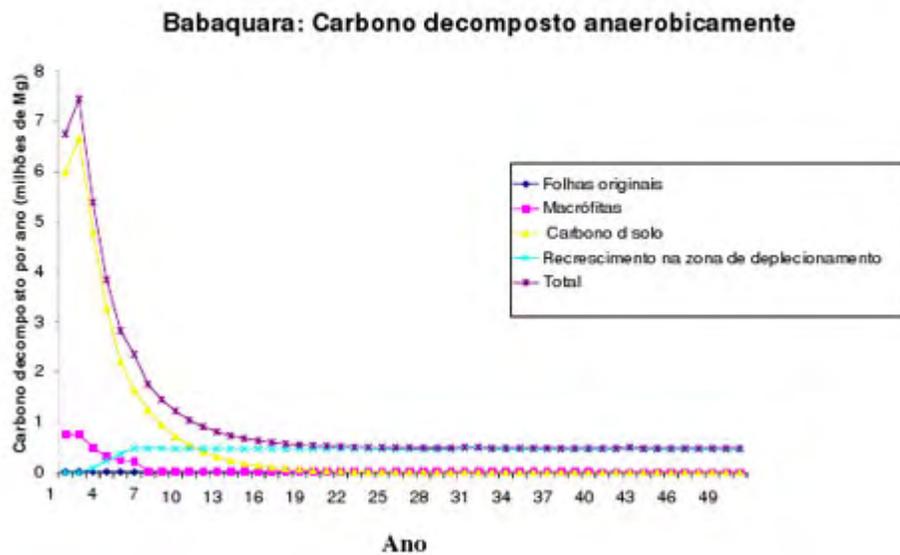


Fig. 1b

Belo Monte-Reservatório da Calha: Carbono decomposto anaerobicamente

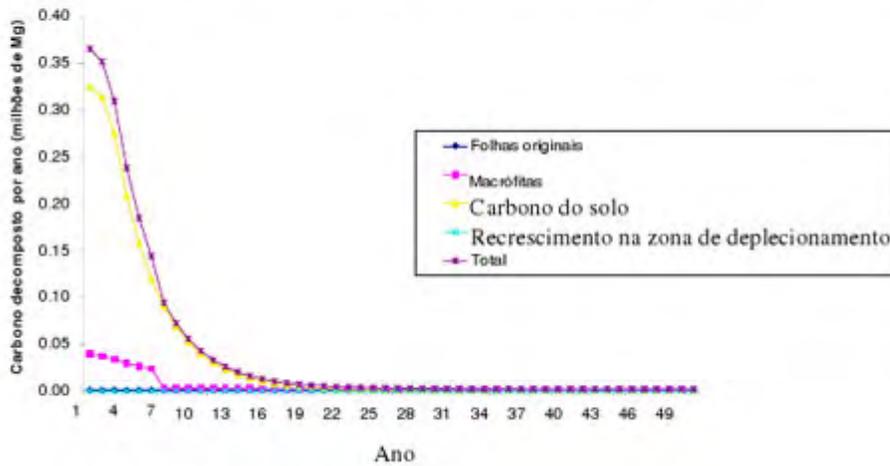


Fig. 1c

Belo Monte Reservatório dos Canais: Carbono decomposto anaerobicamente

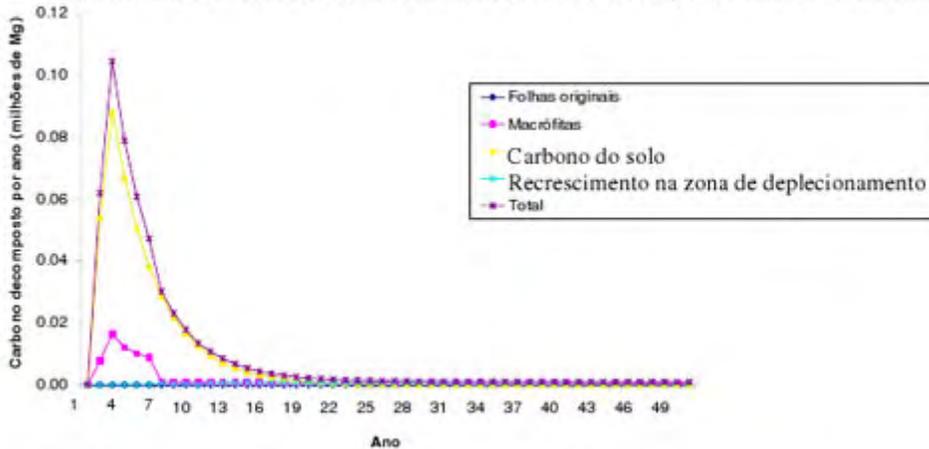


Figura.1. Fontes de carbono decomposto anaerobicamente: A.) Babaquara (Altamira) reservatório; B.) Belo Monte Reservatório da Calha; C.) Belo Monte Reservatório dos Canais.

São mostradas as concentrações de metano calculadas a uma profundidade padronizada de 30 m para cada reservatório na Figura 2. Estas concentrações calculadas seguem a tendência geral de oscilação sazonal e declínio assintótico observada em valores medidos em Petit Saut (4). As oscilações são muito grandes em Babaquara depois que as diferentes fontes de carbono da vegetação de deplecionamento diminuíssem em importância (Figura 2a). São mantidos os picos grandes em concentração de metano em Babaquara, seguido por uma diminuição das

concentrações durante o resto de cada ano. Os picos altos são mantidos porque o carbono vem da inundação de vegetação de deplecionamento quando a água sobe. Os picos de concentração resultam em emissões significativas porque estes períodos correspondem a períodos de fluxo alto de turbina para maximizar produção de energia.

Fig. 2a

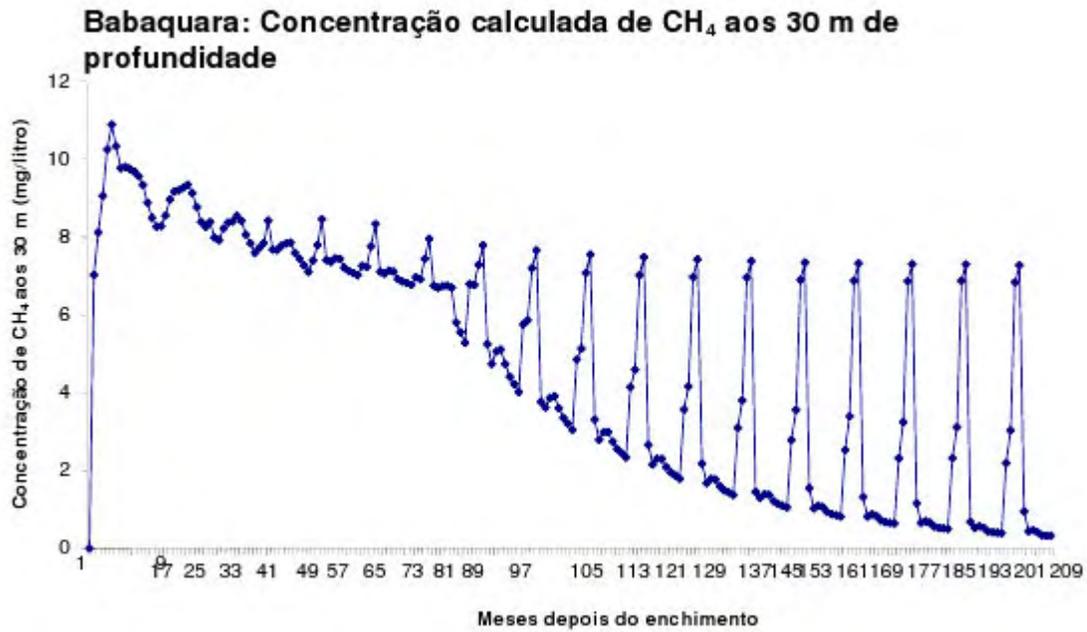


Fig. 2b

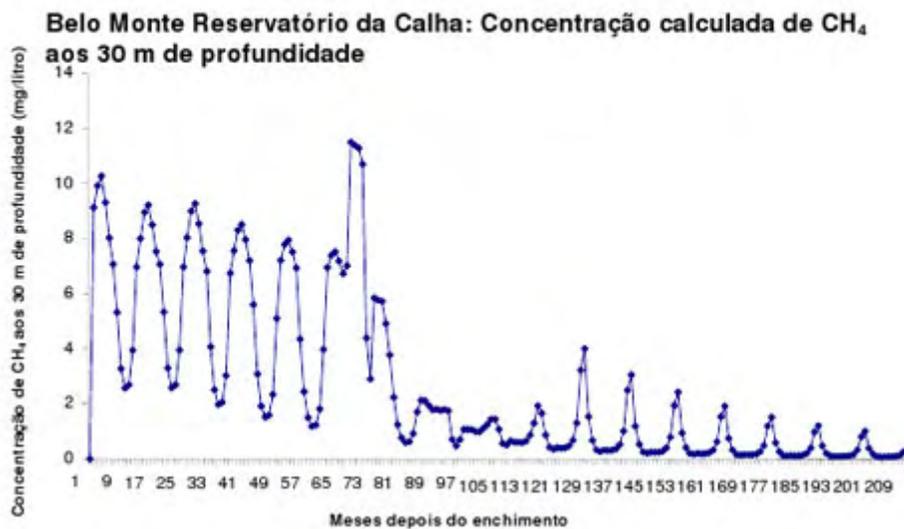


Fig. 2c

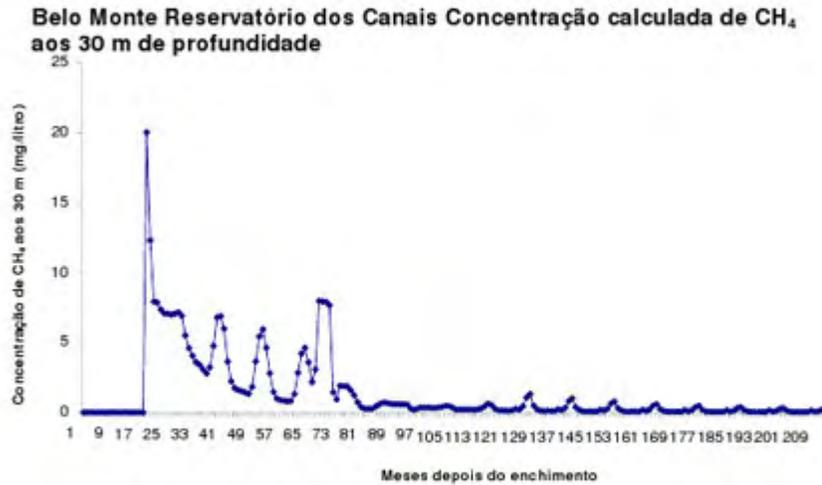


Figura 2. Metano calculado a 30 m de profundidade: A.) Reservatório de Babaquara (Altamira); B.) Belo Monte Reservatório da Calha; C.) Belo Monte Reservatório dos Canais.

As emissões por diferentes caminhos para o complexo Belo Monte/Babaquara como um todo são mostradas na Figura 3. Biomassa acima d'água e mortalidade de árvores na margem diminuem até níveis insignificantes ao longo do período de 50 anos, mas a grande magnitude das emissões de biomassa acima d'água nos primeiros anos dá para esta fonte um lugar significativo na média de 50 anos. Cinquenta anos geralmente são o período de tempo adotado pela indústria hidrelétrica em discussões da “vida útil” de represas, e cálculos são feitos freqüentemente, financeiro e ambiental, neste horizonte de tempo, como nos regulamentos aplicáveis em estudos de viabilidade para represas no Brasil.(5) As represas amazônicas existentes, particularmente Tucuruí, Balbina e Samuel, eram relativamente jovens em 1990, o ano padrão mundial de referência para os inventários dos gases de efeito estufa, designados pela Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima e o ano usado para vários cálculos anteriores de emissões de gases de efeito estufa.(6-11) As emissões em 1990 eram então bastante altas, e a indústria hidrelétrica freqüentemente tem contestado que estas estimativas dão um quadro negativo demais ao papel de hidrelétricas no efeito estufa (por exemplo, Ref. 12). Os cálculos atuais mostram que, mesmo ao longo de um horizonte de tempo de 50 anos, o impacto sobre o aquecimento global de uma represa como Babaquara é significativo. A manutenção de picos anuais de concentração de metano, como na Figura 2a, tem sido corroborado pela evolução da

concentração de metano observada no reservatório de Petit Saut (13,14), diferente do declínio inicialmente antecipado em Petit Saut (15).

Fig. 3

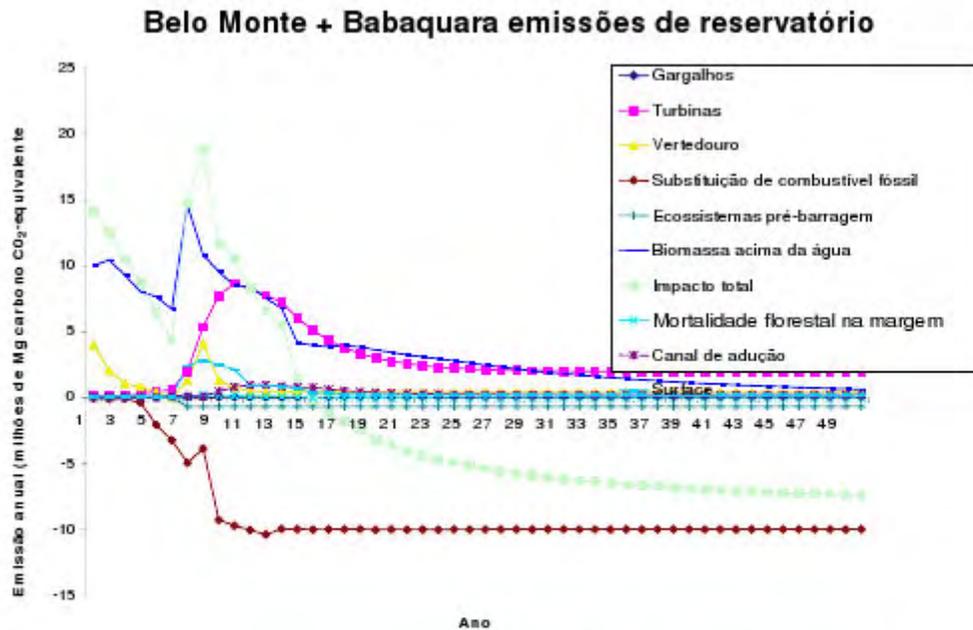


Figura 3. Emissões por caminho para o complexo Belo Monte/Babaquara (Altamira). O complexo começa a reembolsar sua dívida de emissões de gás de efeito estufa após o 15º ano depois de encher o primeiro reservatório.

São apresentadas médias a longo prazo de emissões líquidas de gases de estufa na Tabela 7 para horizontes de tempo diferentes. São apresentadas médias a longo prazo de emissões líquidas de gases de efeito estufa na Tabela 1 para horizontes de tempo diferentes. Emissões estão separadas naquelas consideradas sob a rubrica de represas hidrelétricas nos inventários nacionais que estão sendo preparados pelos países sob a Convenção de Clima (UN-FCCC), e os outros fluxos que também são parte do impacto e benefício líquido da represa, incluindo emissões evitadas. O impacto total calculado para Belo Monte e Babaquara é, em média 11,2 milhões de carbono CO₂-equivalente por ano ao longo do período de 1-10 anos, diminuindo para 6,1 milhões de Mg por ano como média para o período de 1-20 anos -1,4 milhões de Mg para o período de 1-50 anos.

Tabela 1: Médias a longo prazo de emissão líquida de gases de efeito estufa para o complexo Belo Monte/Babaquara

	Emissões de todas as fontes (milhões de Mg C CO ₂ -equivalente/ano)		
	Anos 1-10 média de 10 anos	Anos 1-20 média de 20 anos	Anos 1-50 média de 50 anos
Emissões de inventário			
Emissões de superfície	1,0	0,8	0,4
Turbinas	2,6	3,8	2,8
Vertedouro	1,6	1,0	0,6
Canal de adução	0,2	0,4	0,3
Gargalos	0,01	0,01	0,01
Emissões de inventário totais	5,3	6,0	4,1
Outros fluxos			
Substituição de combustível fóssil	-3,7	-3,9	-4,1
Fluxos de ecossistema pré-represa	-0,3	-0,5	-0,6
Biomassa acima d'água	9,6	7,2	3,8
Decomposição no perímetro da margem	0,07	0,04	0,01
Outros fluxos totais	5,9	0,1	-5,5
Impacto total	11,2	6,1	-1,4
Impacto total como múltiplo da emissão de referência de combustível fóssil	4,0	2,5	0,7

Referências

- (1) Sevá, O. 1990. Works on the great bend of the Xingu—A historic trauma? p. 19-35. In: L.A.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.
- (2) Brasil, ELETRONORTE. 2002. *Complexo Hidrelétrico Belo Monte: Estudos De Viabilidade, Relatório Final*. Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. (ELETRONORTE), Brasília, DF. 8 vols. (Tomo II, pág. 8-171).
- (3) Brasil, MME-CCPESE. 2002. *Plano Decenal de Expansão 2003-2012: Sumário Executivo*. Ministério das Minas e Energia, Comité Coordenador do Planejamento da Expansão dos Sistemas Elétricas (MME-CCPESE), Brasília, DF. 75 p.
- (4) 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. (pág. 508).
- (5) Brasil, ELETROBRÁS & DNAEE. 1997. *Instruções para Estudos de Viabilidade de Aproveitamentos Hidrelétricos*. Centrais Elétricas do Brasil (ELETROBRÁS) & Departamento Nacional de Água e Energia Elétrica (DNAEE), Brasília, DF.
- (6) Fearnside, P.M. 1995. Hydroelectric dams in the Brazilian Amazon as sources of 'greenhouse' gases. *Environmental Conservation* 22(1): 7-19.

- (7) 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.
- (8) Fearnside, P.M. 2002. Greenhouse gas emissions from a hydroelectric reservoir (Brazil's Tucuruí Dam) and the energy policy implications. *Water, Air and Soil Pollution* 133(1-4): 69-96.
- (9) Fearnside, P.M. 2005. Brazil's Samuel Dam: Lessons for hydroelectric development policy and the environment in Amazonia. *Environmental Management* 35(1): 1-19.
- (10) Fearnside, P.M. 2005. 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.
- (11) 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.
- (12) IHA. s/d [C. 2002]. Greenhouse gas emissions from reservoirs. International Hydropower Association (IHA), Sutton, Surrey, Reino Unido, 2 p. <http://www.hydropower.org/Downloads/Emissions%20from%20reservoirs.pdf>.
- (13) 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, E.U.A.
- (14) 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-year old tropical reservoir (Petit Saut, French Guiana). *Global Biogeochemical Cycles* 19, GB4007, doi: 10.1029/2005GB002457.
- (15) 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.

(Abreviada de Fearnside, P.M. 2009. As Hidrelétricas de Belo Monte e Altamira (Babaquara) como Fontes de Gases de Efeito Estufa. *Novos Cadernos NAEA* 12(2))

Mais informações estão disponíveis em <http://philip.inpa.gov.br>.

<http://colunas.globoamazonia.com/philipfearnside/>



Belo Monte e os gases de efeito estufa 14 a 17: leia os artigos finais da série

ter, 18/05/10

por Globo Amazônia |

categoria Uncategorized

Leia os artigos 14 a 17 da série que analisa a emissão dos gases causadores de efeito estufa pela construção da usina de Belo Monte (em formato PDF):

[Artigo 14: Incertezas Fundamentais](#)

[Artigo 15: Comparação com Combustível Fóssil, Sem o Tempo](#)

[Artigo 16: O Efeito do Tempo na Comparação com Combustível Fóssil](#)

[Artigo 17: Implicações para a Política de Desenvolvimento](#)

Belo Monte e os Gases de Efeito Estufa. 14: Incertezas Fundamentais

Philip M. Fearnside

Um cálculo como o do presente estudo para o complexo Belo Monte/Babaquara envolve muita incerteza. Não obstante, o cálculo precisa ser feito, e as melhores informações disponíveis devem ser usadas para cada um dos parâmetros requeridos pelo modelo. Na medida em que pesquisas nesta área procedem, estimativas melhores para estes parâmetros se tornarão disponíveis, e o modelo poderá interpretar rapidamente estas informações em termos do resultado delas sobre as emissões de gases de efeito estufa.

Embora um conjunto completo de testes de sensibilidade não tenha sido administrado ainda, o comportamento do modelo fornece várias indicações sobre quais parâmetros são os mais importantes. Testes de sensibilidade para parâmetros selecionados de entrada são apresentados na Tabela 1, mostrando o efeito de um aumento de 10% em cada parâmetro de entrada. Efeitos são simétricos para uma diminuição de 10% em cada parâmetro (não mostrado na tabela). São apresentados os efeitos em termos da mudança no impacto total das represas (expresso em porcentagem) como médias anuais para os períodos de 1-10 anos, 1-20 anos e 1-50 anos. Isto quer dizer que os resultados representam a discrepância, em porcentagem, dos valores do cenário de referência para estas médias que foram apresentados na Tabela 1 do texto sobre “Emissões Calculadas de Belo Monte e Babaquara” (Texto No. 13 da atual série). Para todos os três períodos, as variáveis para as quais o impacto total é muito sensível são a biomassa da floresta original e as porcentagens do metano exportado que é emitido às turbinas e aos vertedouros.

[Tabela 1 aqui]

Nos primeiros anos depois de encher o reservatório, emissões são dominadas pelo CO₂ liberado pela decomposição da biomassa situada acima da água. Estas emissões, embora sujeitas à incerteza, são fundadas nos melhores dados disponíveis sobre decomposição em áreas desmatadas. Embora sejam valiosas medidas específicas de árvores em reservatórios, uma mudança radical no resultado não é esperada. As presunções sobre mortalidade da floresta a diferentes distâncias da margem são apenas suposições, mas neste caso a quantidade de carbono envolvido é insuficiente para fazer qualquer diferença significativa no resultado global.

Os anos iniciais também incluem uma emissão significativa da liberação de metano pelo transcurso da água pelas turbinas. Para a porcentagem do metano dissolvido que é liberado no cenário de baixas emissões adota-se os valores derivados de medidas em Petit Saut.(1,2) Por causa de diferenças entre Petit Saut e as represas brasileiras, a faixa usada é muito larga (21-89,9%) (Veja a discussão em Ref. 3). As estimativas de emissões aqui apresentadas são os pontos médios entre os extremos dos resultados produzidos para a porcentagem emitida junto às turbinas. Acredita-se que este valor médio seja conservador.

Deve ser lembrado que, quando Belo Monte e Babaquara entrarem em operação, haverá uma certa compensação entre as duas represas que reduz o efeito global da incerteza relativo à porcentagem de metano dissolvido que é liberado junto às turbinas. Quando for usada uma baixa estimativa para este parâmetro, a emissão em Babaquara fica reduzida, mas o CH₄ não liberado é repassado para a Belo Monte, onde, por conseguinte, aumentam as emissões por outros caminhos (emissões de superfície e emissões no canal de adução e nos gargalos).

As fontes de carbono para emissões de CH₄ nos primeiros anos são dominadas por liberação de carbono instável do solo (Figura 1 do Texto No. 13 da atual série). Embora faltem medidas desta liberação para qualquer reservatório, a evolução dos valores para emissão aos valores para concentração de CH₄ aos 30 m de profundidade, usando valores observados nesta faixa nos primeiros anos, especialmente em Petit Saut, resulta em uma trajetória realística de concentrações de CH₄ e de emissões desta fonte.

Mais importantes são as incertezas relativas à emissão de CH₄ depois que o pico inicial passe. Muito menos dados de reservatórios amazônicos mais velhos estão disponíveis para calibrar esta parte da análise. O declínio em áreas de macrófita reduz a importância da incerteza relativa a esta fonte para as emissões a longo prazo. O que predomina para o complexo como um todo é a biomassa da zona de deplecionamento em Babaquara. Isto resulta em picos sazonais grandes na concentração de CH₄ no reservatório de Babaquara (Figura 2a do Texto No. 13). Uma parte deste metano é repassada para os dois reservatórios de Belo Monte (Figura 2b e 3c do Texto No. 13). A taxa de crescimento da vegetação na zona de deplecionamento é, então, crítica, e nenhuma medida atual disto existe. A suposição feita é de que este crescimento acontece linearmente, acumulando 10 Mg de matéria seca em um ano. O valor usado para o conteúdo de carbono desta e das outras formas de biomassa macia é de 45%. A taxa de crescimento presumida é extremamente conservadora, quando comparada às taxas de crescimento anuais medidas de plantas herbáceas para o período de três meses de exposição em áreas de várzea ao longo do rio Amazonas perto de Manaus: em 9 medidas por Ref. 4) estas plantas acumularam, em média, 5,67 Mg/ha de peso seco (Desvio Padrão=1,74, variação=3,4-8,7). O valor proporcional para um ano de crescimento linear seria 22,7 Mg/ha, ou mais que o dobro do valor presumido para a zona de deplecionamento de Babaquara. Uma medida da biomassa acima do solo de gramíneas até 1,6 mês após a exposição de terras de várzea no Lago Mirití indica uma taxa de acúmulo de matéria seca equivalente a 15,2 Mg/ha/ano.(5) A fertilidade do solo nas zonas de sedimentação de várzea é maior do que em zona de deplecionamento de um reservatório, mas uma suposição da ordem de metade da taxa de crescimento da várzea parece segura. Não obstante, este é um ponto importante de incerteza no cálculo.

Taxas de decomposição também são importantes, e medidas sob condições anaeróbicas em reservatórios não são disponíveis. Acredita-se que a decomposição da vegetação herbácea na várzea oferece um paralelo adequado. Em medidas sob condições inundadas em várzea de água branca, a decomposição de três espécies (6,7) e uma experiência em um tanque de 700 litros com uma quarta espécie (8,9) indicaram a fração de peso seco perdida depois de um mês de submersão, em média, de 0,66 (Desvio Padrão = 0,19 variação=0,425-0,9). O valor mais baixo (0,425) é da espécie medida na experiência no tanque, onde a anoxia da água foi constatada depois de aproximadamente um dia. Se as medidas sob condições naturais incluíssem alguma

decomposição aeróbia, a taxa média para condições totalmente anóxicas poderia ser um pouco abaixo da média para as quatro espécies usadas aqui.

As taxas de decomposição aeróbica para macrófitas encalhadas determinam o quanto dessa biomassa ainda esteja presente se o nível d'água fosse subir novamente antes da decomposição ser completa. Uma medida de macrófitas mortas no Lago Mirití até 1,6 mês após o encalhamento indica uma perda de 31,4% do peso seco por mês.(5) O número de observações é mínimo (três parcelas de 1 m²).

O manejo da água em Babaquara também é importante para determinar a quantidade de emissão da zona de deplecionamento. Quanto mais tempo o reservatório seja mantido a um nível baixo, mais vegetação cresce na zona de deplecionamento. A liberação subsequente de CH₄ quando a zona de deplecionamento for inundada mais que compensa para o efeito na direção oposta que os baixos níveis d'água têm na redução da profundidade até a entrada da turbina em Babaquara, e, portanto, na concentração de CH₄ na água que passa pelas turbinas. As presunções para uso d'água utilizadas no cálculo resultam em três meses de níveis baixos de água, quatro meses de níveis altos e cinco meses de níveis intermediários.

A magnitude dos picos sazonais altos de CH₄ depende da relação entre a quantidade de carbono que degrada e o estoque (e concentração) de CH₄ quando estas variáveis estavam em níveis altos nos primeiros anos em Petit Saut (*i.e.*, dados de Refs. 1 & 2). A natureza da fonte de carbono em Petit Saut durante este tempo era diferente (acredita-se ter sido principalmente carbono do solo). A verdadeira quantidade de carbono degradada anaerobicamente em Petit Saut durante este tempo é desconhecida, e o escalamento que empresta confiança aos resultados durante os anos iniciais depois de reservatório encher, quando as fontes de carbono eram do mesmo tipo, não dá tanta confiança a estes resultados para os anos posteriores. Quantificar a relação entre a produção de CH₄ e a quantidade de decomposição de biomassa macia (como as macrófitas e especialmente a vegetação da zona de deplecionamento) deveria ser uma prioridade para pesquisa. No entanto, o resultado geral, isto é, que a vegetação da zona de deplecionamento produz um pulso grande e renovável de CH₄ dissolvido em reservatórios, não há dúvida. Um caso relevante é a experiência na hidrelétrica de Três Marias, no Estado de Minas Gerais, onde uma flutuação vertical de 9 m no nível da água resultou na exposição e inundação periódica de uma zona de deplecionamento grande, com um pico grande subsequente de emissões de metano pela superfície do lago.(10) Até mesmo na idade muito avançada de 36 anos, o reservatório de Três Marias emite metano por ebulição em quantidades que excedem em muito as emissões de superfície de todos os outros reservatórios brasileiros que foram estudados, inclusive Tucuruí, Samuel e Balbina.(11)

Uma fonte adicional de incerteza é o destino da carga dissolvida de CH₄ quando a água atravessa os 17 km do canal de adução de Belo Monte e pelos quatro conjuntos de gargalos que separam as pequenas bacias hidrográficas inundadas que compõem o Reservatório dos Canais. Parte do metano é emitida, parte é oxidada, e o resto é passado para o Reservatório dos Canais. Os parâmetros usados para isto estão baseados na suposição de que o canal (largura na superfície de aproximadamente 526 m, com um fluxo em plena capacidade de 13.900 m³/segundo) é semelhante ao trecho do rio Sinnamary, na Guiana francesa, abaixo da barragem de Petit Saut (onde a largura média do rio é 200 m e a vazão média é apenas 267 m³/segundo). GALY-

LACAUX *et al.* (1) calcularam concentrações de metano e fluxos ao longo de 40 km de rio abaixo da barragem de Petit Saut e calcularam as quantidades emitidas e oxidadas no rio. Os resultados deles indicam que, para o CH₄ dissolvido que entra do rio oriundo da represa, são liberados 18,7% e são oxidados 81,3% (média de medidas em três datas, com a porcentagem liberada variando de 14 a 24%). Praticamente toda a liberação e oxidação acontecem dentro nos primeiros 30 quilômetros. No rio Sinnamary, depois de uma extensão inicial de 4 km onde um processo de mistura acontece, a concentração de CH₄ na água e o fluxo da superfície diminuem linearmente, chegando a zero a 30 km abaixo da barragem (*i.e.*, ao longo de uma extensão de rio de 26 km). Considerando o estoque a cada ponto ao longo do rio, pode-se calcular que, nos primeiros 17 km de rio, são liberados 15,3% do CH₄ e são oxidados 66,5%. No cálculo para Belo Monte presume-se que estas porcentagens se aplicam ao canal de adução, e que o metano restante é repassado para o Reservatório dos Canais.

Estimativas para emissão nos gargalos foram derivadas a partir de informações sobre o comprimento deles e as porcentagens de emissão e oxidação que aconteceram ao longo de uma extensão de rio de mesmo comprimento abaixo da barragem de Petit Saut. Baseado em um mapa do reservatório (12), o primeiro compartimento é conectado ao segundo por três passagens com comprimento médio de 1,6 km, o segundo e terceiro compartimento estão conectados por duas passagens com comprimento médio de 1,7 km, o terço e quarto compartimentos estão conectados por duas passagens com comprimento médio de 1,3 km, e os quarto e quinto compartimentos estão conectados por uma passagem larga (embora indubitavelmente rasa na divisa entre as bacias) que pode ser considerada como uma passagem de 0 km de comprimento. Supõe-se que as porcentagens de metano dissolvido liberadas e oxidadas nestes gargalos sejam proporcionais às porcentagens de liberação e oxidação que aconteceram ao longo deste mesmo comprimento de rio abaixo da barragem de Petit Saut (baseado nos dados de Ref. 1). A incerteza neste caso é muito maior do que no caso dos valores para estas porcentagens calculadas para o canal de adução porque os gargalos curtos estão dentro da extensão inicial do rio onde um processo mistura estava acontecendo. As porcentagens usadas (que são todas muito baixas) também presumem que o processo pára ao término do gargalo, em lugar de continuar ao longo de alguma distância no próximo compartimento do reservatório. O resultado líquido é que os gargalos, considerados em conjunto, só emitem 2,1% do metano, enquanto são oxidados 9,2% e 88,7% são transmitidos até o final do reservatório.

Assim como no caso das turbinas de Babaquara, há alguma compensação no sistema para incerteza nas porcentagens liberadas no canal de adução e nos gargalos. Se forem superestimadas as emissões do canal de adução e/ou dos gargalos, então a emissão nas turbinas da casa de força principal de Belo Monte será subestimada. Observa-se que isto só se aplica aos valores para a porcentagem emitida, não aos valores usados para a porcentagem de oxidação nestes canais: qualquer erro para cima ou para baixo na porcentagem oxidada não seria compensado por uma mudança na direção oposta nas emissões das turbinas.

Em resumo, incertezas múltiplas existem no cálculo atual. Pesquisa futura, especialmente se for direcionada aos parâmetros para os quais o modelo indica que o sistema é mais sensível, ajudará a reduzir estas incertezas. No entanto, o presente cálculo representa a melhor informação atualmente disponível. Estes resultados fornecem um componente necessário para a atual discussão dos impactos potenciais destas represas.

Referências

- (1) 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.
- (2) 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.
- (3) Fearnside, P.M. 2002. Greenhouse gas emissions from a hydroelectric reservoir (Brazil's Tucuruí Dam) and the energy policy implications. *Water, Air and Soil Pollution* 133(1-4): 69-96.
- (4) Junk, W.J. & M.T.F. Piedade. 1997. Plant life in the floodplain with special reference to herbaceous plants. p. 147-185. In: W.J. Junk (ed.) *The Central Amazon Floodplain – Ecology of a Pulsing System*. Springer-Verlag, Heidelberg, Alemanha. (pág. 170).
- (5) Fearnside, P.M. Dados não publicados.
- (6) Junk, W.J. & K. Furch. 1991. Nutrient dynamics in Amazonian floodplains: Decomposition of herbaceous plants in aquatic and terrestrial environments. *Verhandlungen International Vereinigung für Limnologie* 24: 2080-2084.
- (7) Furch, K. & W.J. Junk. 1997. The chemical composition, food value, and decomposition of herbaceous plants, leaves, and leaf litter of floodplain forests. p. 187-205. In: W.J. Junk (ed.) *The Central Amazon Floodplain – Ecology of a Pulsing System*. Springer-Verlag, Heidelberg, Alemanha. (pág. 192).
- (8) Furch, K. & W.J. Junk. 1992. Nutrient dynamics of submersed decomposing Amazonian herbaceous plant species *Paspalum fasciculatum* and *Echinochloa polystachya*. *Revue D'Hydrobiologie Tropicale* 25(2): 75-85.
- (9) Ref. 7, pág. 195.
- (10) Matvienko, B., comunicação pessoal, 2000.
- (11) 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. 119 p. (pág. 72)
http://www.mct.gov.br/clima/comunic_old/pdf/metano_p.pdf

(12) Brasil, ELETRONORTE. s/d [C. 2002]. CHE Belo Monte – Estudos de Viabilidade. Localização geral de obras, infraestrutura, acessos e rede de distribuição de energia” Ilustração 232, BEL-V 10-100-0024 R-0. Escala: 1:200.000. Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. (ELETRONORTE), Brasília, DF.

(Abreviada de Fearnside, P.M. 2009. As Hidrelétricas de Belo Monte e Altamira (Babaquara) como Fontes de Gases de Efeito Estufa. *Novos Cadernos NAEA* 12(2))

Mais informações estão disponíveis em <http://philip.inpa.gov.br>.

Tabela 1: Testes de sensibilidade para parâmetros selecionados de entrada

Parâmetro de entrada	Unidades	Valor do parâmetro no cenário de referência	Mudança percentual no impacto total em resposta a um aumento de 10% no parâmetro de entrada		
			Média de 10 anos	Médi a de 20 anos	Média de 50 anos
Proporção do CH ₄ liberada nas turbinas (ponto médio entre cenários alto e baixo)	Proporção	0,55			
Mudança percentual	%		2,03	5,18	-16,17
Proporção do CH ₄ liberada no vertedouro	Proporção	1			
Mudança percentual			1,22	1,37	-3,67
Taxa de crescimento da vegetação da zona de deplecionamento	Mg/ha/ano peso seco	10			
Mudança percentual	%		0,02	0,46	-3,33
Biomassa de macrófitas, anos 1-6	Mg/ha de macrófitas peso seco	11,1			
Mudança percentual	%		0,23	0,26	-0,54
Biomassa de macrófitas, anos 7-50	Mg/ha de macrófitas	1,5			
Mudança percentual	%		0,003	0,10	-0,48
Macrófitas não encalhadas (morte+decomposição)	fração por mês	0,144			

	Mudança percentual	%		0,23	0,34	-0,92
Zona de deplecionamento inundada (taxa de decomposição sub-aquática)		fração por mês	0,656			
	Mudança percentual	%		0,02	0,48	-0,04
Taxa de decomposição de macrófitas encalhadas		fração por mês	0,314			
	Mudança percentual	%		-0,001	-0,01	0,04
Biomassa acima do solo		Mg/ha peso seco	176,1			
	Mudança percentual	%		2,95	5,02	-11,91
Percentual de emissão nos canais de adução		%	15,3			
	Mudança percentual	%		0,02	0,08	-0,26
Percentual de oxidação nos canais de adução		%	66,5			
	Mudança percentual	%		-0,50	-2,49	7,90
Percentual de emissão nos gargalos		%	2,1			
	Mudança percentual	%		0,01	0,004	0,002
Percentual de oxidação nos gargalos		%	9,2			
	Mudança percentual	%		-0,01	-0,07	-0,04
Percentual de mortalidade de árvores na margem do reservatório: 0-100 m (média ponderada)		%	81,7			
	Mudança percentual	%		0,06	0,07	-0,04

Belo Monte e os Gases de Efeito Estufa. 15: Comparação com Combustível Fóssil, Sem o Tempo

Philip M. Fearnside

As emissões anuais de gases de efeito estufa diminuem com tempo, mas ainda se estabilizam num nível com impacto significativo. A evolução temporal dos impactos de gases de efeito estufa, com emissões concentradas nos primeiros anos da vida de uma represa, é uma das diferenças principais entre represas hidrelétricas e geradoras a combustíveis fósseis em termos de efeito estufa.(1) Dando maior peso aos impactos a curto prazo aumenta o impacto das hidrelétricas em relação às de combustíveis fósseis.

O carbono deslocado de combustível fóssil pode ser calculado baseado na suposição de que a alternativa é geração a partir de gás natural. Esta é uma suposição mais razoável do que o petróleo como referência, já que a expansão atual da capacidade geradora em São Paulo e em outras partes da rede elétrica no Centro-Sul do Brasil está vindo de usinas termoeletricas movidas a gás e abastecidas pelo novo gasoduto Bolívia-Brasil. O gasoduto já existe e não é considerado como parte das emissões de construção das usinas termoeletricas a gás.

Deslocamento de combustível fóssil é mostrado na Figura 1 em uma base anual. O complexo começa a ganhar terreno em compensar pelas suas emissões depois do ano 15. O saldo líquido de emissões de gases de efeito estufa em uma base cumulativa é mostrado na Figura 2. O complexo somente terá um saldo positivo em termos de seu impacto no aquecimento global 41 anos depois do enchimento da primeira represa.

[Figura 1 e 2 aqui]

Quanto mais longo é o horizonte de tempo, mais baixo é o impacto médio. Durante os primeiros dez anos o impacto líquido é 4,0 vezes o da alternativa de combustível fóssil. Depois de vinte anos o impacto líquido ainda é 2,5 vezes maior que o do combustível fóssil, enquanto para o horizonte de tempo completo de 50 anos o projeto repaga a sua dívida de aquecimento global (presumindo que é sem juros, isto é, calculada com desconto zero), com a média de impacto total a longo prazo sendo 70% a da alternativa de combustível fóssil.

Referências

- (1) 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.

(Abreviada de Fearnside, P.M. 2009. As Hidrelétricas de Belo Monte e Altamira (Babaquara) como Fontes de Gases de Efeito Estufa. *Novos Cadernos NAEA* 12(2))

Mais informações estão disponíveis em <http://philip.inpa.gov.br>.

Fig. 1

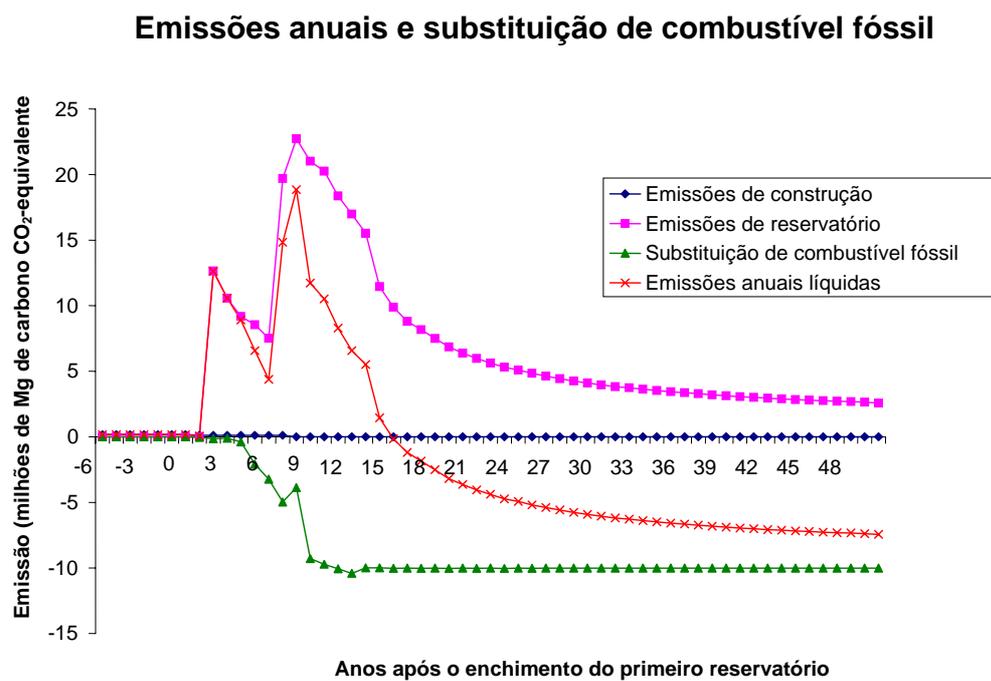


Figura 1. Emissões anuais e substituição de combustível fóssil.

Fig. 2

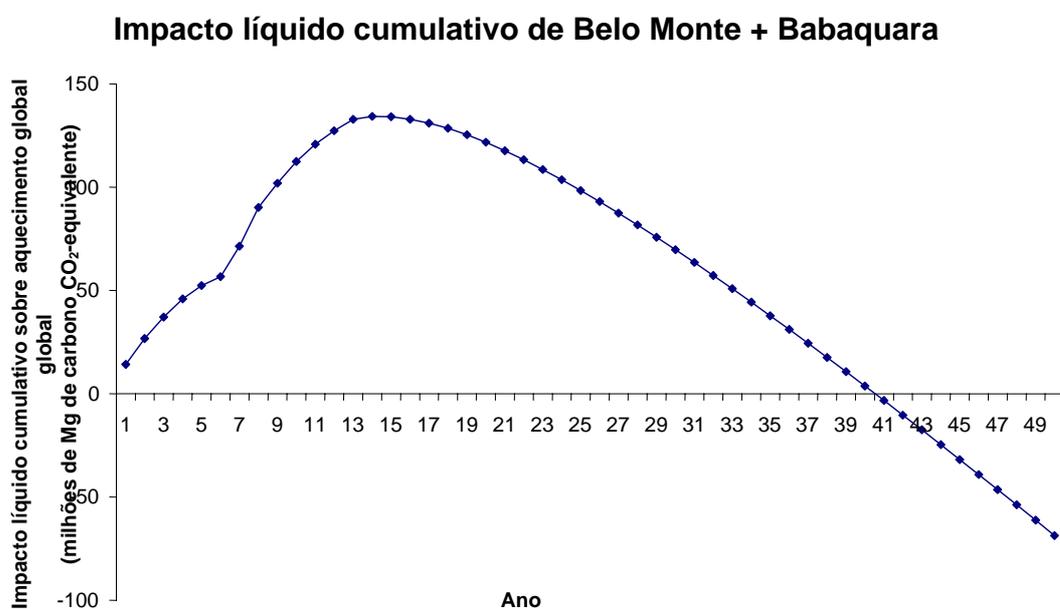


Figura 2. Impacto de aquecimento global líquido cumulativo do complexo Belo Monte/Babaquara (Altamira) (sem descontar). O complexo só consegue um saldo positivo depois de 41 anos.

Belo Monte e os Gases de Efeito Estufa. 16: O Efeito do Tempo na Comparação com Combustível Fóssil

Philip M. Fearnside

O papel do tempo é uma parte essencial no debate sobre represas hidrelétricas e na questão do efeito estufa em geral. A maioria das decisões, tais como uma decisão para construir uma hidrelétrica, é baseada em cálculos financeiros de custo/benefício que dão um valor explícito ao tempo, aplicando uma taxa de desconto a todos os custos e benefícios futuros. A taxa de desconto é essencialmente o oposto de uma taxa de juros, como por exemplo, o retorno que um investidor poderia ganhar em uma caderneta de poupança em um banco. Com uma poupança, quanto mais tempo se espera, maior a quantia monetária na conta, já que o saldo é multiplicado por uma porcentagem fixa ao término de cada período de tempo e os juros resultantes são acrescentados ao saldo para o próximo período. Com uma taxa de desconto, o valor atribuído a quantidades futuras diminui, em lugar de aumentar, por uma porcentagem fixa em cada período de tempo. Se um projeto como uma barragem hidrelétrica produz grandes impactos nos primeiros anos, como o tremendo pico de emissões de gás de efeito estufa mostrado aqui, enquanto os benefícios pela substituição de combustível fóssil somente se acumulam a longo prazo, então qualquer taxa de desconto positiva pesará contra a opção hidrelétrica.(1)

A evolução temporal das emissões de gases de efeito estufa aumenta mais o impacto da represa quando são contadas as emissões do cimento, aço e combustível fóssil usados na construção da obra. As emissões de construção da barragem vêm anos antes de qualquer geração de eletricidade. Uma análise de “cadeia completa de energia”, ou FENCH, incluiria todas estas emissões. Porém, as emissões de construção são uma parte relativamente pequena do impacto total. São mostradas as emissões líquidas anuais descontadas a taxas de até 3% na Figura 7. Se apenas o equilíbrio instantâneo é considerado, o complexo substitui por mais carbono equivalente do que emite começando no ano 16, independente da taxa de desconto. Depois disso o complexo começa a pagar a sua dívida ambiental referente às grandes emissões líquidas dos primeiros 15 anos.

[Figura 1 aqui]

As emissões cumulativas descontadas chegam a um pico no ano 15, mas não alcançam o ponto de ter um saldo positivo até pelo menos 41 anos depois que o primeiro reservatório esteja cheio (Figura 2). Aplicar uma taxa de desconto alonga substancialmente o tempo necessário para alcançar este ponto.

[Figura 2 aqui]

O efeito de taxas de desconto anuais diferentes é mostrado na Figura 3. Com desconto zero, o impacto líquido médio representa um ganho anual de 1,4 milhões de Mg C (a média de 50 anos na Tabela 1 do texto sobre “Emissões Calculadas de Belo Monte e Babaquara”: Texto

No. 13 desta série), mas o impacto relativo atribuído à opção hidrelétrica aumenta muito quando o valor tempo é considerado. No caso do complexo Belo Monte/Babaquara, qualquer taxa de desconto anual superior a 1,5% resulta ao projeto um impacto maior sobre o efeito estufa do que a alternativa de combustível fóssil. São mostradas taxas de desconto de até 12%. Embora este autor não defenda o uso de taxas de desconto tão altas como estas (2,3), um contingente importante nos debates sobre a contabilidade de carbono (por exemplo, o Instituto Florestal Europeu) defende o uso das mesmas taxas de desconto para carbono como para dinheiro, e as análises financeiras para Belo Monte usam uma taxa de desconto de 12% para dinheiro.(4)

[Figura 3 aqui]

Em termos de efeito estufa, uma série de argumentos fornece uma razão para dar um valor ao tempo nos cálculos sobre emissões de gases de efeito estufa.(1-3,5,6) O efeito estufa não é um evento pontual, como uma erupção vulcânica, já que uma mudança de temperatura seria essencialmente permanente, aumentando as probabilidades de secas e de outros impactos ambientais. Qualquer adiamento nas emissões de gases de efeito estufa, e do aumento conseqüente da temperatura, então representa um ganho das vidas humanas e outras perdas que teriam acontecido caso contrário ao longo do período do adiamento. Isto dá para o tempo um valor que é independente de qualquer perspectiva “egoísta” da geração atual. Apesar dos benefícios de dar valor ao tempo para favorecer decisões que adiam o efeito estufa, chegar a um acordo político sobre os pesos apropriados para o tempo é extremamente difícil. O curso de menor resistência nas primeiras rodadas de negociações sobre o Protocolo de Kyoto foi de usar um horizonte de tempo de 100 anos, sem descontar ao longo deste período, como o padrão para comparações entre os diferentes gases de efeito estufa, ou seja, o potencial de aquecimento global de 21 adotado para metano pelo Protocolo para o período 2009-2012, ou ainda mais com o valor de 25 calculado no relatório mais recente do IPCC (7) ou o valor de 34 se for incluído os efeitos de interações gás-aerosol (8). Se formulações alternativas são usadas que dão um peso ao tempo, o impacto do complexo Belo Monte/Babaquara aumentaria, e, mais importante ainda, aumentaria o impacto de hidrelétricas comparadas a outras possíveis opções para provisão de energia.

Referências

- (1) 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.
- (2) Fearnside, P.M. 2002. Time preference in global warming calculations: A proposal for a unified index. *Ecological Economics* 41: 21-31.
- (3) Fearnside, P.M. 2002. Why a 100-year time horizon should be used for global warming mitigation calculations. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 7(1): 19-30.

- (4) Brasil, ELETRONORTE. 2002. *Complexo Hidrelétrico Belo Monte: Estudos De Viabilidade, Relatório Final*. Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. (ELETRONORTE), Brasília, DF. 8 vols. (Tomo I, pág. 6-84).
- (5) Fearnside, P.M. 1995. Global warming response options in Brazil's forest sector: Comparison of project-level costs and benefits. *Biomass and Bioenergy* 8(5): 309-322.
- (6) Fearnside, P.M., D.A. Lashof & P. Moura-Costa. 2000. Accounting for time in mitigating global warming through land-use change and forestry. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. 5(3): 239-270.
- (7) 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. (pág. 212).
- (8) 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.
- (Abreviada de Fearnside, P.M. 2009. As Hidrelétricas de Belo Monte e Altamira (Babaquara) como Fontes de Gases de Efeito Estufa. *Novos Cadernos NAEA* 12(2)).

Mais informações estão disponíveis em <http://philip.inpa.gov.br>.

Fig. 1

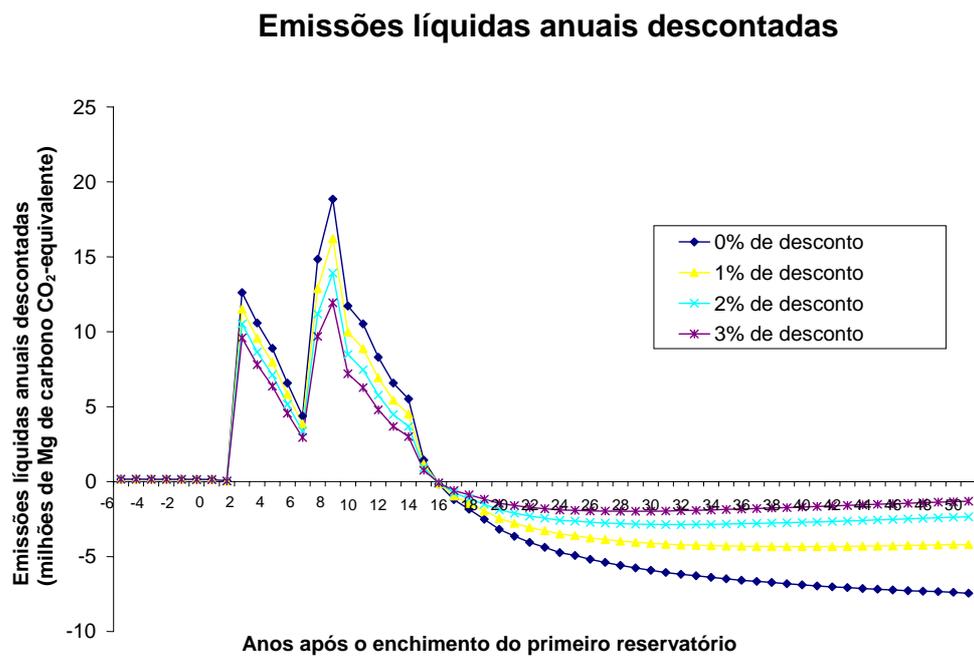


Figura 1. Emissões líquidas anuais descontadas. Em uma base anual, o complexo começa a reembolsar suas emissões iniciais depois do ano 15, independente de taxa de desconto.

Fig. 2

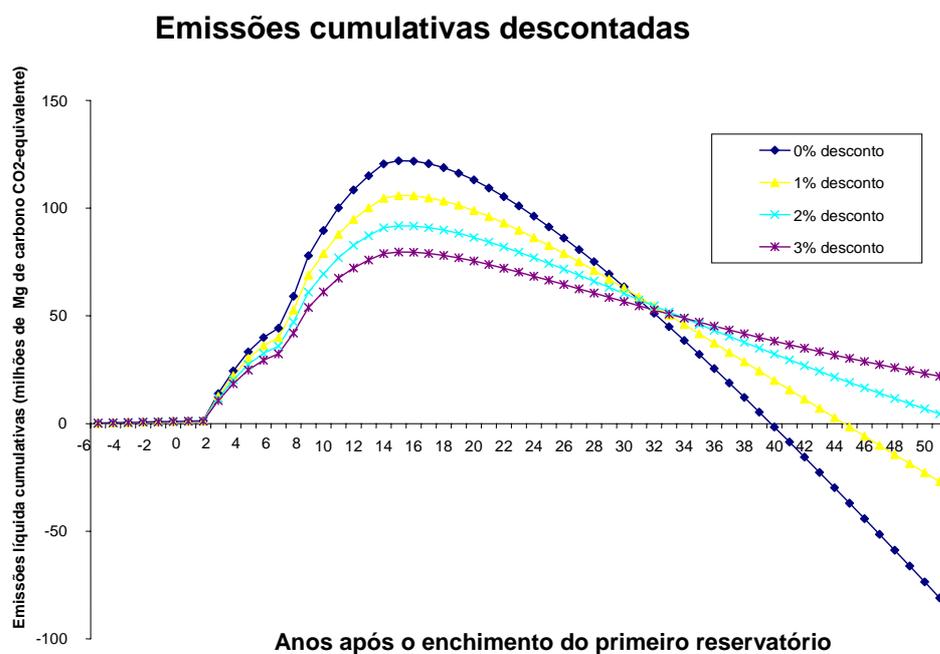


Figura 2. Emissões cumulativas descontadas. Descontando estende o tempo precisado para o complexo para conseguir um saldo positivo em termos de seu impacto acumulado.

Fig. 3

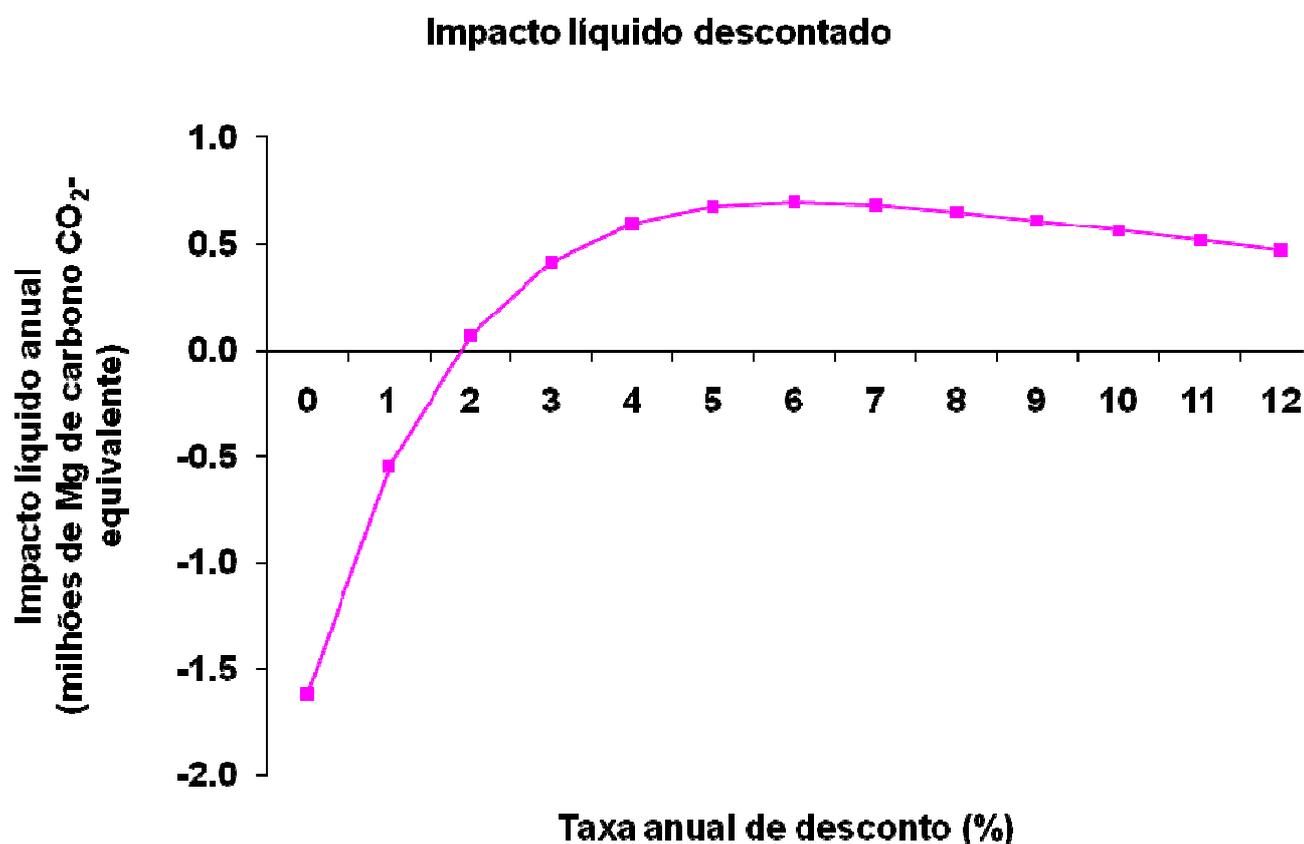


Figura 3. Efeito de taxa de desconto em emissões líquidas anuais médias ao longo de um horizonte de tempo de 50 anos. Se for usado uma taxa de desconto anual de 1,5% ou mais, o complexo tem um impacto maior sobre o efeito estufa do que a alternativa de combustível fóssil.

Belo Monte e os Gases de Efeito Estufa. 17: Implicações para a política de desenvolvimento

Philip M. Fearnside

A conclusão do atual estudo de que as barragens propostas de Belo Monte e Babaquara (Altamira) produziram emissões líquidas significativas de gases de efeito estufa durante muitos anos é uma consideração importante para os debates em curso no Brasil e em outros países que enfrentam decisões semelhantes. A emissão adicional de gás de efeito estufa de 11,2 milhões de Mg de carbono CO₂-equivalente por ano durante os primeiros dez anos representa mais que a emissão atual de combustível fóssil queimado na área metropolitana de São Paulo, com 10% da população do Brasil. A tomada racional de decisões sobre propostas para represas hidrelétricas, como é o caso com qualquer projeto de desenvolvimento, requer uma avaliação abrangente dos impactos e dos benefícios das propostas, de forma que os prós e contras podem ser comparados e publicamente debatidos antes de tomar decisões sobre a construção do projeto. Gases de efeito estufa representam um impacto que, até agora, tem recebido pouca consideração nestas decisões.

No caso de Belo Monte e Babaquara (Altamira), é importante reconhecer que o lado de benefício do equilíbrio seja consideravelmente menos atraente do que o quadro que é retratado freqüentemente por proponentes de projeto. A eletricidade produzida é para uma rede que apóia um setor rapidamente crescente de indústrias eletro-intensivas subsidiadas, tais como o beneficiamento de alumínio para exportação. Apenas 2,7 pessoas são empregadas por GWh de eletricidade consumida no setor de alumínio no Brasil, recorde apenas ultrapassado por usinas de ferro-liga (1,1 emprego/GWh), que também consomem quantias grandes de energia para um artigo de exportação.(1) Uma discussão nacional sobre o uso que é feito da eletricidade do País deveria ser uma condição prévia para qualquer decisão grande para aumentar capacidade geradora, como no caso da construção de barragens no rio Xingu. O contraste entre os custos sociais de barragens e os benefícios escassos que elas provêm por meio das indústrias eletro-intensivas é particularmente pertinente aos planos para o rio Xingu.(2,3)

Do ponto-de-vista de gases de efeito estufa, o fato que energia é usada para uma indústria de exportação subsidiada significa que a linha de base contra a qual são comparadas as emissões hidrelétricas deveria incluir a opção de simplesmente não produzir parte da energia esperada das barragens, em lugar da linha de base usada aqui de gerar em cheio o equivalente da energia das barragens por meio de combustíveis fósseis. Porque o Brasil poderia escolher não se expandir ou manter as suas indústrias de exportação eletro-intensivas, uma linha de base alternativa desse tipo faria com que os resultados sobre emissões fossem até mesmo menos favoráveis para a energia hidrelétrica do que os resultados calculados no atual trabalho.

As barragens do rio Xingu representam um desafio ao sistema de licenciamento ambiental por causa da grande diferença entre o impacto a primeira barragem (Belo Monte) e o das represas subseqüentes, especialmente a Babaquara (Altamira). O sistema de licenciamento ambiental atualmente só examina os impactos de um projeto de cada vez, não o impacto combinado de projetos interdependentes como estes. Porque os maiores impactos (inclusive emissões de gases de efeito estufa) de uma decisão para construir a Belo Monte seria causado

pela represa ou represas que seriam construídas por conseguinte rio acima, o sistema de licenciamento deve ser reformado para contender com este tipo de situação.

A complexa hidrelétrica Belo Monte/Babaquara (Altamira) teria um impacto significativo sobre o efeito estufa, embora a quantidade grande de energia produzida compensaria eventualmente as emissões iniciais altas. As hipóteses usadas aqui indicam que 41 anos seriam necessários para o complexo chegar a ter um saldo positivo em termos de impacto sobre o aquecimento global no cálculo mais favorável a hidrelétricas, sem aplicação de nenhuma taxa de desconto. Apesar de incerteza alta sobre vários parâmetros fundamentais, a conclusão geral parece ser robusta. Isto é, que o complexo teria impacto significativo, e que o nível de impacto a longo prazo, embora muito mais baixo do que nos primeiros anos, seria mantido em níveis apreciáveis. O valor usado no atual trabalho para converter o impacto de metano em equivalentes de CO₂ é de 1 t de metano sendo igual a 21 t de CO₂, este valor sendo usado no Protocolo de Kyoto. No entanto, valores atuais indicam 1 t metano sendo equivalente a 34 t de CO₂, um aumento de 62% sobre o valor usado aqui. Metano sendo o principal gás de efeito estufa emitido de forma líquida pelas das hidrelétricas, o impacto dessas obras é muito pior do que os cálculos aqui apresentados indicam.

A presente análise inclui várias suposições conservadoras relativo às porcentagens de metano emitidas por caminhos diferentes. Valores mais altos para estes parâmetros estenderiam ainda mais o tempo necessário para o complexo ter um saldo positivo em termos de aquecimento global.

O impacto atribuído a represas é altamente dependente de qualquer valor dado à evolução temporal das emissões: qualquer taxa de desconto ou outro mecanismo de preferência temporal aplicado aumentaria mais o impacto calculado para hidrelétricas em comparação com geração com combustíveis fósseis. O valor de 41 anos para uma emissão de gases de efeito estufa desta magnitude é até mesmo significativo a zero desconto. O complexo Belo Monte/Babaquara não terá um saldo positivo até o final do horizonte de tempo de 50 anos com taxas de desconto anuais superiores de 1,5%.

Os casos de Belo Monte e das outras barragens do Xingu ilustram a necessidade absoluta de se considerar as interligações entre projetos diferentes de infra-estrutura e incluir estas considerações como uma condição prévia para construir ou autorizar quaisquer dos projetos. Adiar a análise dos projetos mais controversos não é uma solução.

Referências

- (1) Bermann, C. & O.S. Martins. 2000. *Sustentabilidade energética no Brasil: Limites e Possibilidades para uma Estratégia Energética Sustentável e Democrática*. Projeto Brasil Sustentável e Democrático, Federação dos Órgãos para Assistência Social e Educacional (FASE), Rio de Janeiro, RJ. 151 p. (pág. 90).
- (2) Fearnside, P.M. 1999. Social impacts of Brazil's Tucuruí Dam. *Environmental Management*. 24(4): 485-495.

(3) Bermann, C. 2002. O Brasil não precisa de Belo Monte. Amigos da Terra-Amazônia Brasileira, São Paulo, SP. 4 p.
(http://www.amazonia.org.br/opinioao/artigo_detail.cfm?id=14820).

(Abreviada de Fearnside, P.M. 2009. As Hidrelétricas de Belo Monte e Altamira (Babaquara) como Fontes de Gases de Efeito Estufa. *Novos Cadernos NAEA* 12(2)).

Mais informações estão disponíveis em <http://philip.inpa.gov.br>.