

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

Please cite as:

Favor citar como:

Fearnside, P.M. 2011. Hidrelétricas amazônicas como emissoras de gases de efeito estufa.  
*Proposta* 35(122): 24-28.

ISSN 1982-8950

Copyright: Federação de Órgãos para Assistência Social e Educacional-FASE, Rio de Janeiro,  
RJ, Brasil

The original publication is available from:

A publicação original está disponível de:

[http://www.fase.org.br/\\_comunicacao/pagina.php?id=265](http://www.fase.org.br/_comunicacao/pagina.php?id=265)



Barragem da hidrelétrica de Campos Novos, no rio Canoas em Santa Catarina. Licença Creative Commons

# Hidrelétricas Amazônicas como Emissoras de Gases de Efeito Estufa

Philip M. Fearnside \*

\* Doutor em Ciências biológicas, pesquisador titular do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Manaus, Amazonas.  
E-mail: pmfearn@inpa.gov.br

Durante a Conferência das Partes (COP) da Convenção de Clima, em Copenhague, uma repórter da Amazonia.org.br entrevistou o diplomata chefe da delegação brasileira nas negociações, e perguntou: "Mas, Belo Monte não é um dos projetos de hidrelétrica que o governo considera fontes de energia renovável e limpa?" A resposta foi: "É sim. Mas, o que estou dizendo é que eu acho que ela [a usina de Belo Monte] não se situa na Amazônia, né? Então é outro esquema"<sup>1</sup>. Evidentemente, se as pessoas chaves nem sabem que o Belo Monte fica na Amazônia, é difícil imaginar que eles saibam os detalhes dos argumentos com relação às suas emissões de gases de efeito estufa, entre outros impactos.

As emissões de gases de efeito de estufa representam um dos impactos que precisam ser avaliados no licenciamento pelas autoridades ambientais brasileiras. Represas hidrelétricas não produzem "energia limpa", ao contrário das afirmações da indústria hidrelétrica, dos porta-vozes governamentais e dos bancos que financiam a construção das barragens. Infelizmente, represas liberam gases de efeito estufa, contribuindo, dessa forma, com o aquecimento global.

Na Amazônia, frequentemente, as barragens são mais prejudiciais do que a queima de combustível fóssil para a geração de energia, uma vez que uma hidrelétrica continua a emitir gases de efeito estufa durante muitas décadas, após sua construção. Nessas barragens, gases de efeito estufa são liberados em formas diferentes. Primeiro,

as árvores mortas pela inundação da floresta amazônica frequentemente se projetam acima da superfície da água e se deterioram ao ar livre, liberando gás carbônico (CO<sub>2</sub>). Esse gás se constitui em uma contribuição líquida ao efeito estufa, diferente do gás carbônico que será liberado da água do reservatório, resultante da decomposição subaquática de plantas que crescem no reservatório ou na área circunvizinha, depois da construção da represa. A quantidade de gás carbônico que essas plantas absorvem da atmosfera enquanto crescem é a mesma que será liberada após sua morte, durante o processo de decomposição. Porém, muito da matéria vegetal que se decompõe no reservatório não libera seu carbono na forma de gás carbônico, mas sim como metano (CH<sub>4</sub>). Isto ocorre porque a água do fundo do reservatório praticamente não tem oxigênio e, portanto, não há o oxigênio necessário para formar gás carbônico. Essa vegetação inclui ervas aquáticas (macrófitas), que crescem no reservatório, e gramíneas e ervas daninhas herbáceas, que crescem na área inundável, nas margens da represa que ficam expostas quando o nível da água está baixo e que são inundadas quando o reservatório enche novamente na estação

<sup>1</sup> Munhoz, F. 2009. "Só aceitamos a participação do Redd no mercado de carbono se ela for limitada", diz embaixador do Itamaraty. Amazonia.org.br, 07/12/2009. [Http://www.amazonia.org.br/noticias/noticia.cfm?id=337116](http://www.amazonia.org.br/noticias/noticia.cfm?id=337116)

chuvosa. A metade do peso seco da vegetação é carbono, e o impacto sobre o efeito estufa é maior quando a vegetação que se decompõe debaixo d'água libera este carbono na forma de metano em vez de gás carbônico. Isso ocorre porque, de acordo com o relatório de 2007 do Painel Intergovernamental sobre Mudança de Clima (IPCC), uma tonelada de gás metano, ao longo de 100 anos, equivale a 25 toneladas de gás carbônico. Entretanto, análises mais recentes, que incluem efeitos indiretos sobre poeira e outros aerossóis, indicam que o impacto de metano é 34 vezes maior que o de gás carbônico, para o mesmo período.<sup>2</sup>

Os reservatórios hidrelétricos são muito diferentes de lagos naturais, na medida em que a água que sai de um reservatório sai pelas turbinas, localizadas perto do fundo, ou então pelos vertedouros, passando por uma fenda que se abre quando uma porta de aço é levantada, também a uma profundidade considerável na coluna d'água. Em um lago natural, a água o deixaria através de um córrego de saída, dessa forma, ela viria da superfície, onde estaria em contacto com o ar. A água de um reservatório se separa em duas camadas, uma superficial até aproximadamente 2 a 10m de profundidade, onde a água é relativamente quente e contém oxigênio dissolvido oriundo do contacto com a atmosfera, e uma camada mais profunda, onde é água fria. A camada profunda, em que o oxigênio é praticamente ausente, não se mistura com a camada superficial. No sedimento no fundo do reservatório, a decomposição produz metano, que permanece em concentração elevada na água na camada profunda. Parte deste metano é liberada para a superfície na forma de bolhas ou por meio de difusão, essa última especialmente em um reservatório recém-formado. A maior parte da emissão, no entanto, ocorre quando a água passa pelos vertedouros e turbinas. Essa água está sob alta pressão (aproximadamente uma atmosfera para cada 10m de profundidade na água) e, quando é lançada abaixo da barragem, a pressão cai subitamente para apenas uma atmosfera. Os gases dissolvidos na água repentinamente tornam-se menos solúveis (Lei de Henry, na química), e a maior parte é liberada durante um curto espaço de tempo. Esse é o mesmo processo que ocorre quando uma garrafa de refrigerante é aberta e surgem bolhas de CO<sub>2</sub>, exceto que, no caso de um refrigerante, a diferença de pressão é muito menor do que em uma barragem hidrelétrica.

Quando um reservatório hidrelétrico é inundado pela primeira vez, ocorre um grande pulso de emissões de gases de efeito estufa, que permanece durante os primeiros anos. Isso inclui o lançamento do CO<sub>2</sub> oriundo da decomposição das árvores mortas, acima da superfície da água, e a liberação de CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub> oriundos de outros

estoques de carbono existentes antes do enchimento do reservatório, tais como carbono do solo e das folhas que caem do reservatório, quando as árvores morrem. Este impulso inicial diminui à medida que se esgotam os estoques de carbono em formas que são facilmente degradáveis. A decomposição subaquática da madeira é muito lenta, resultando no fato de que a principal fonte de emissão de carbono de biomassa seja o material vegetal sem lignina, tais como gramíneas e outras plantas herbáceas.

Após o pico inicial das emissões a partir de estoques pré-existent de carbono, haverá uma emissão sustentada em um nível inferior, oriunda de carbono que é produzido por fotossíntese no reservatório, na zona de deplecionamento e das folhas de árvores presentes na área de captação. Essas folhas caem e, posteriormente, são levadas para o rio e seus afluentes pelas chuvas torrenciais e os eventos de inundação associados. A emissão sustentada de metano pela decomposição de biomassa com essa origem representa uma fonte permanente de emissões de gases de efeito estufa.

A sugestão de que os reservatórios de hidrelétricas liberam gases de efeito estufa foi feita pela primeira vez em 1993, por um grupo de canadenses, com base em dados de reservatórios naquele país.<sup>3</sup> Publicado em 1995, um artigo de minha autoria<sup>4</sup> que revelou que a represa de Balbina, na Amazônia brasileira, teria um impacto maior do que os combustíveis fósseis, provocou a fúria da indústria de hidrelétrica. Porta-vozes da Associação Americana de Hidrelétricas (dos EUA) e da Associação Internacional de Hidrelétricas (do Reino Unido) alegaram que a noção de que barragens produzem metano seria uma "asneira" e que reservatórios representavam "um jogo de soma zero", porque as emissões provenientes dos ecossistemas pré-reservatórios seriam eliminadas. No entanto, os ajustes para essas emissões são incluídos nos meus cálculos, e os cálculos indicam um grande impacto líquido de barragens. A ELETRONORTE atribuiu a idéia a uma conspiração internacional que queria falar mal do Brasil

<sup>2</sup> Shindell, D.T.; Faluvegi, G.; Koch, D.M.; Schmidt, G.A.; Unger, N. & Bauer, S.E. 2009. Improved attribution of climate forcing to emissions. *Science*, 326: 716-718.

<sup>3</sup> Rudd, J.W.M.; Harris, R.; Kelly, C.A. & Hecky, R.E. 1993. Are hydroelectric reservoirs significant sources of greenhouse gases? *Ambio*, 22: 246-248.

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

(ver ambos os lados do debate na seção "Controvérsias Amazônicas" do site <http://philip.inpa.gov.br>).

Nos anos seguintes, uma quantidade significativa de pesquisa foi realizada para melhor quantificar as emissões de hidrelétricas. Esses estudos sempre encontraram emissões de gases de efeito estufa e a indústria hidrelétrica foi forçada a reconhecer que barragens liberam esses gases (ver revisão em outro artigo de minha autoria<sup>5</sup>, publicado em 2008). A indústria passou a sustentar que as emissões são poucas e muito menores do que seriam emitidas se a mesma energia fosse gerada a partir de combustíveis fósseis. Infelizmente, em geral esta posição tem sido sustentada simplesmente por se ignorar as fontes principais de emissões das barragens, tais como o metano liberado das turbinas e vertedouros, bem como o CO<sub>2</sub> da decomposição de árvores acima da superfície da água. As únicas emissões incluídas na maioria dos estudos financiados pela indústria hidrelétrica são as bolhas e a difusão através da superfície dos próprios reservatórios.

O primeiro inventário nacional do Brasil de emissões de gases de efeito estufa, lançado em Buenos Aires em 2004, na Conferência das Partes (COP) da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima, incluía uma seção sobre as emissões de hidrelétricas.<sup>6</sup> No entanto, as emissões provenientes desta fonte não foram incluídas no total da contribuição do país para o aquecimento global. Além disso, a seção sobre emissões hidrelétricas, mais uma vez, só incluiu as emissões da superfície do reservatório. Minhas estimativas, por exemplo, são mais do que 10 vezes maiores do que os números oficiais para as duas barragens na Amazônia, incluídas no relatório: Tucuruí<sup>7</sup> e Samuel<sup>8</sup>. Essa diferença é resultante, principalmente, da inclusão das emissões provenientes das turbinas, vertedouros e da decomposição de árvores mortas acima da superfície da água (ver trabalhos sobre cada barragem disponíveis em <http://philip.inpa.gov.br>). Nada mudou no Plano Nacional de Mudanças Climáticas (PNMC), apresentado em 2009 na COP em Copenhague<sup>9</sup>. Barragens são descritas como energia limpa e as emissões das turbinas e vertedouros não são mencionadas.

Neste momento, o exemplo mais flagrante de que essas emissões são ignoradas é o Estudo de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) para a barragem de Belo Monte, proposta para o rio Xingu. Um dos 36 volumes do EIA é dedicado às emissões de gases de efeito estufa, mas não chega a nenhuma quantificação do impacto do projeto e restringe a discussão às emissões da superfície do reservatório. Há quinze anos atrás, isso poderia ser desculpável, mas, atualmente, fingir que emissões das turbinas e vertedouros não ocorrem é indefensável (consulte a revisão sobre o EIA/RIMA Belo Monte em

<http://colunas.globoamazonia.com/philipfearnside/>). O Estudo ignora completamente a literatura, hoje substancial, que mostra a liberação de quantidades significativas de metano das turbinas e vertedouros. Estas emissões não são meros "cálculos", pois têm sido medidas diretamente em Balbina, no Brasil,<sup>10,11</sup> e em Petit Saut, na Guiana Francesa.<sup>12</sup>

No caso de Belo Monte, a controvérsia vai muito além das emissões das principais fontes de metano da represa em si. A controvérsia maior envolve o retrato da barragem na versão atual do EIA/RIMA como sendo a única planejada no rio Xingu. A maioria dos observadores que não trabalha para a indústria hidrelétrica ou que não é financiada por ela (inclusive este autor) considera este cenário fictício.<sup>13</sup> A Reserva Extrativista do Médio Xingu, proposta pela então Ministra do Meio Ambiente Marina Silva, foi vetada pela Ministra Dilma Rouseff, da Casa

<sup>5</sup> 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.

<sup>6</sup> Brasil, MCT (Ministério da Ciência e Tecnologia). 2004. Comunicação Nacional Inicial do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. MCT, Brasília, DF, 276 p. [http://www.mct.gov.br/upd\\_blob/0005/5586.pdf](http://www.mct.gov.br/upd_blob/0005/5586.pdf)

<sup>7</sup> 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.

<sup>8</sup> Fearnside, P.M. 2005. Brazil's Samuel Dam: Lessons for hydroelectric development policy and the environment in Amazonia. *Environmental Management*, 35(1): 1-19.

<sup>9</sup> Brasil, Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima (2009) Plano Nacional sobre Mudança do Clima PNMC Brasil. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF, 129 p. [http://www.mma.gov.br/estruturas/imprensa/\\_arquivos/96\\_01122008060233.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/imprensa/_arquivos/96_01122008060233.pdf)

<sup>10</sup> Kemenes, A.; Forsberg, B.R. & Melack, J.M. 2007. Methane release below a tropical hydroelectric dam. *Geophysical Research Letters*, 34: L12809, doi:10.1029/2007GL029479

<sup>11</sup> Kemenes, A. & Forsberg, B.R. 2008. Potencial ampliado: Gerado nos reservatórios, gás de efeito estufa pode ser aproveitado para produção de energia em termoeletricas. *Scientific American Brasil Especial Amazônia* (2): 18-23.

<sup>12</sup> Abril, G.; Guérin, F.; Richard, S.; Delmas, R.; Galy-Lacaux, C.; Gosse, P.; Tremblay, A.; Varfalvy, L.; dos Santos, M.A. & Matvienko, B. 2005. Carbon dioxide and methane emissions and the carbon budget of a 10-years old tropical reservoir (Petit-Saut, French Guiana). *Global Biogeochemical Cycles*, 19: GB 4007, doi: 10.1029/2005GB002457.

<sup>13</sup> Fearnside, P.M. 2009. O Novo EIA-RIMA da Hidrelétrica de Belo Monte: Justificativas Goela Abaixo. p. 108-117 In: S.M.S.B.M. Santos & F. del M. Hernandez (Eds.). Painel de Especialistas: Análise Crítica do Estudo de Impacto Ambiental do Aproveitamento Hidrelétrico de Belo Monte. Painel de Especialistas sobre a Hidrelétrica de Belo Monte, Belém, Pará. 230 p. [http://www.internationalrivers.org/files/Belo%20Monte%20pareceres%20IBAMA\\_online%20\(3\).pdf](http://www.internationalrivers.org/files/Belo%20Monte%20pareceres%20IBAMA_online%20(3).pdf)

Civil, porque "poderia atrapalhar a construção de barragens adicionais à usina de Belo Monte".<sup>14</sup> Isto implica confirmação da acusação de opositores de Belo Monte de que o cenário de uma única barragem é uma "mentira institucionalizada".<sup>15</sup> O plano original incluía a construção de cinco represas, a montante de Belo Monte, sendo que três dessas represas (embora em locais ligeiramente diferentes) foram incluídas no último plano, antes do anúncio, em 17 de julho de 2008, do cenário de uma única represa. O Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), que instituiu a política de uma única barragem, é livre para reverter esta decisão a qualquer hora. Portanto, a seqüência mais provável de eventos deverá ser que, após a conclusão de Belo Monte, ou quando ela ainda estiver em construção, poderá haver uma "descoberta surpresa" de que Belo Monte seria economicamente inviável sem a água armazenada em represas a montante e, com isso, apareceriam as justificativas necessárias para a aprovação das represas adicionais.

A represa mais conhecida como "Babaquara" (oficialmente renomeada como "Altamira") seria a prioridade. No projeto original, esta represa teria um reservatório com 6.140 km<sup>2</sup> de área, o dobro da área da notória represa de Balbina. A Babaquara teria uma zona de 3.580 km<sup>2</sup> exposta na época da água baixa (i.e., maior que toda a área de Balbina) que seria reinundada todos os anos. A emissão potencial de uma represa como esta é enorme. Partê da emissão ocorreria no próprio reservatório de Babaquara e parte com a passagem da água carregada de metano para o reservatório de Belo Monte, localizado imediatamente abaixo dela. O "Complexo Altamira" (Belo Monte/Babaquara) não teria um saldo positivo em termos de impacto sobre o aquecimento global durante 41 anos.<sup>16</sup> Este prazo só se aplicaria se não fosse dado nenhum valor ao tempo, pois, se o fator tempo fosse considerado, o impacto cumulativo da hidrelétrica excederia o impacto de combustíveis fósseis para além do já longuíssimo período de 41 anos.

O problema fundamental quando se tratam de barragens e de emissões de gases de efeito estufa é a forma como as decisões são tomadas. Para se chegar a uma decisão racional sobre qualquer projeto energético, a primeira pergunta a ser respondida é a questão sobre o que será feito com a energia. Isto é particularmente importante no caso da barragem de Belo Monte, em que o fator dominante é a exportação de materiais eletro-intensivos, especialmente o alumínio. Esta é uma das utilizações de eletricidade que gera menos emprego no Brasil por GWh de energia consumida. No entanto, nem sequer começou uma discussão nacional sobre quais seriam para o país as

melhores formas de utilização de energia (em oposição à produção de energia). A questão está totalmente ausente do atual Plano Decenal de Expansão Energética (PDEE), lançado em 2009.<sup>17</sup>

Uma vez decidida a questão do uso de energia, as várias opções devem ser comparadas, incluindo investimentos em eficiência energética e a geração de energia a partir de uma ampla variedade de fontes potenciais além de combustíveis fósseis e hidrelétricas. Essas comparações exigem uma contabilidade aberta e abrangente, tanto dos impactos como dos benefícios de cada opção. As emissões de gases de efeito estufa representam apenas um dos muitos impactos de barragens hidrelétricas que devem ser considerados em tais comparações. As estimativas dos impactos das emissões devem incluir as emissões de metano pelas turbinas e pelos vertedouros, que têm sido ignoradas de forma sistemática nas posições oficiais brasileiras sobre o assunto. Esses impactos precisam ser considerados não apenas no sistema de licenciamento ambiental, mas também no planejamento em um nível mais alto sobre o rumo dos esforços de desenvolvimento nacional e nas decisões sobre financiamento dos bancos que constroem as barragens. Além disso, a intenção declarada de autoridades brasileiras de propor hidrelétricas como projetos para crédito de carbono sob o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, do Protocolo de Quioto, é baseado na presunção falsa de que essa forma de geração de energia realmente é limpa.<sup>18</sup>

<sup>14</sup> Angelo, C. 2010. "PT tenta apagar fama 'antiverde' de Dilma". Folha de São Paulo, 10 de out. de 2010, p. A-15.

<sup>15</sup> 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/>

<sup>16</sup> Feamside, P.M. 2009. As hidrelétricas de Belo Monte e Altamira (Babaquara) como fontes de gases de efeito estufa. Novos Cadernos NAEA 12(2): 5-56. <http://www.periodicos.ufpa.br/index.php/ncn/article/view/315/501>

<sup>17</sup> Brasil. MME. 2009. Plano Decenal de Expansão de Energia 2008/2017. Ministério das Minas e Energia (MME), Brasília-DF.

<sup>18</sup> Agradeço ao P.M.L.A. Graça pelos comentários. Este trabalho foi modificado a partir de um artigo preparado para a revista *Contra Corrente*. As pesquisas do autor são financiadas por CNPq (305880/2007-1; 573810/2008 e INPA (PR)13.03).