

<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 CO<sub>2</sub> 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 CH<sub>4</sub> 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 CH<sub>4</sub> 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 CH<sub>4</sub> 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 CH<sub>4</sub> e de emissões desta fonte.

Mais importantes são as incertezas relativas à emissão de CH<sub>4</sub> 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 CH<sub>4</sub> 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 m<sup>2</sup>).

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 CH<sub>4</sub> 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 CH<sub>4</sub> 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 CH<sub>4</sub> depende da relação entre a quantidade de carbono que degrada e o estoque (e concentração) de CH<sub>4</sub> 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 CH<sub>4</sub> 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<sub>4</sub> 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 CH<sub>4</sub> 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 m<sup>3</sup>/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 m<sup>3</sup>/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 CH<sub>4</sub> 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 CH<sub>4</sub> 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 CH<sub>4</sub> 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](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 <sub>4</sub> liberada nas turbinas (ponto médio entre cenários alto e baixo)	Proporção	0,55			
Mudança percentual	%		2,03	5,18	-16,17
Proporção do CH <sub>4</sub> 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