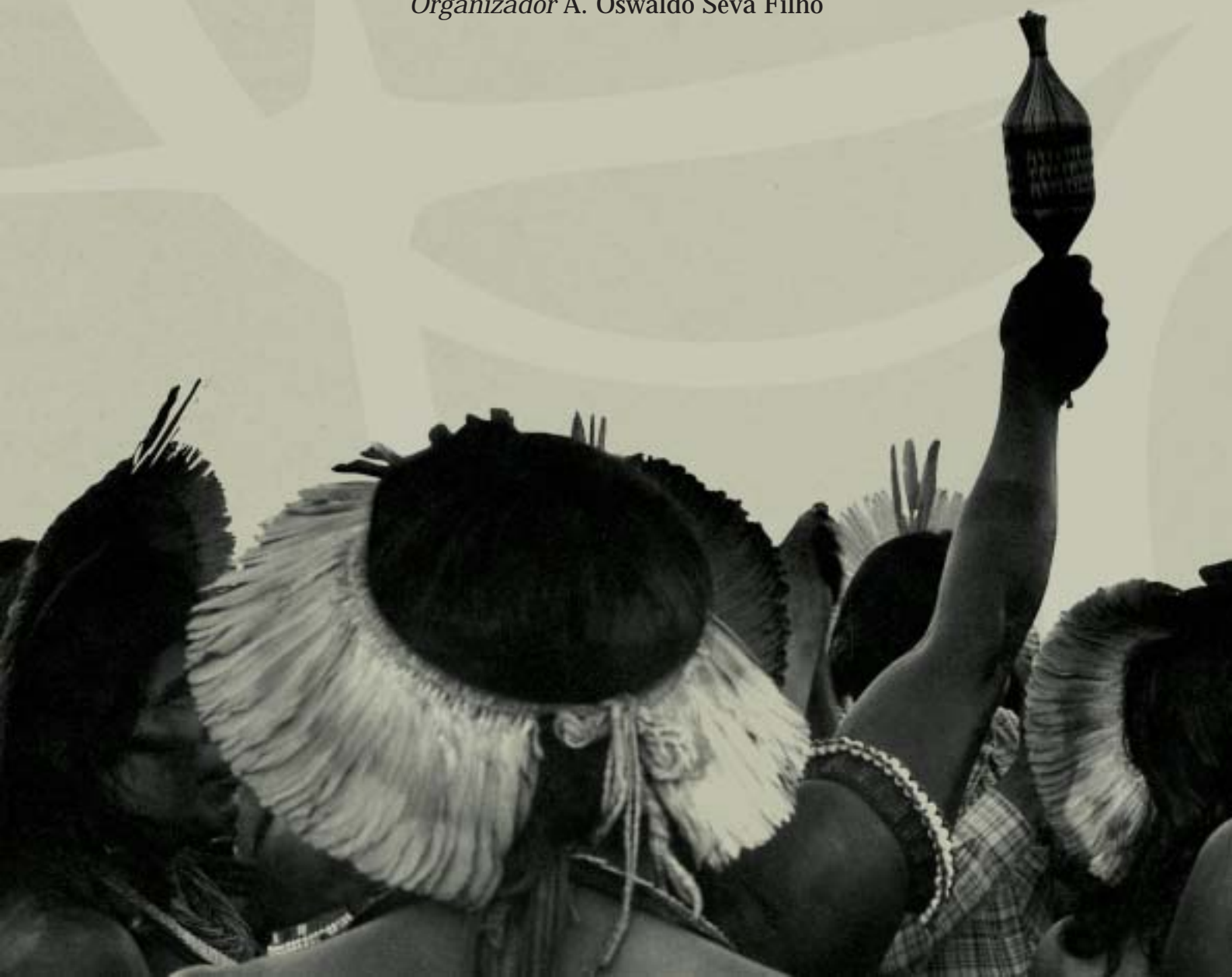




# TENOTÃ-MÕ

Alertas sobre as conseqüências dos  
projetos hidrelétricos no rio Xingu

*Organizador A. Oswaldo Sevá Filho*



# TENOTÃ - MÕ

2005

# TENOTÃ - MÕ

**Ficha Técnica**

*organização*

A. Oswaldo Sevá Filho

*edição*

Glenn Switkes

*projeto gráfico*

Irmãs de Criação

*produção gráfica*

Irmãs de Criação

Danilo Henrique Carvalho

*fotos*

capa

Andreas Missbach

Beto Ricardo, ISA

*tiragem*

1000 exemplares

1ª edição • 2005



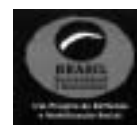
International Rivers Network

[www.irn.org](http://www.irn.org)

[glenns@superig.com.br](mailto:glenns@superig.com.br)

(11) 3822.4157

*realização*



## Sumário

|   |    |  |     |
|---|----|--|-----|
| APRESENTAÇÃO .....  | 07 | CAPÍTULO 5 .....   | 114 |
| Resumos técnicos e históricos das tentativas de barramento do rio Xingu<br><i>Glenn Switkes e Oswaldo Sevá</i>                    |    | Análise do projeto Belo Monte e de sua rede de transmissão associada frente às políticas energéticas do Brasil<br><i>Andre Saraiva de Paula</i>  |     |
| MENSAGEM DE ABERTURA .....  | 09 | 5.1. A eletricidade gerada em Tucuruí: para onde? para quê? .....  | 135 |
| <i>Dom Erwin Kräutler, bispo do Xingu</i>   |    | <i>Rubens Milagre Araújo, Andre Saraiva de Paula e Oswaldo Sevá</i>  |     |
| RESUMO EXECUTIVO .....  | 13 | 5.2. Dados de vazão do rio Xingu durante o período 1931-1999; estimativas da potência, sob a hipótese de aproveitamento hidrelétrico integral .....  | 145 |
| <i>Glenn Switkes e Oswaldo Sevá</i>   |    | <i>Oswaldo Sevá</i>  |     |
| PARTE I – OS XINGUANOS E O DIREITO  |    | CAPÍTULO 6 .....   | 150 |
| CAPÍTULO 1 .....  | 29 | Especialistas e militantes: um estudo a respeito da gênese do pensamento energético no atual governo (2002-2005)<br><i>Diana Antonaz</i>   |     |
| Povos indígenas, as cidades, e os beiradeiros do rio Xingu que a empresa de eletricidade insiste em barrar<br><i>Oswaldo Sevá</i> |    | PARTE III – NATUREZA: AVALIAÇÃO PRÉVIA DO PREJUÍZO   |     |
| <i>Informes das lideranças em Altamira, Pará</i>  |    | CAPÍTULO 7 .....   | 175 |
| 1.1. O assédio da Eletronorte sobre o povo e as entidades na região de Altamira .....   | 55 | Evolução histórica da avaliação do impacto ambiental e social no Brasil: sugestões para o complexo hidrelétrico do Xingu<br><i>Robert Goodland</i>   |     |
| <i>Antonia Melo</i>   |    | 7.1. A lógica da Volta Grande adulterada: consequências prováveis afetando moradores urbanos, rurais e ribeirinhos em Altamira e municípios vizinhos; efeitos possíveis para os arquipélagos, pedrais, cachoeiras, e na “ria” do baixo Xingu. .... | 192 |
| 1.2. A Terra do Meio e os projetos de hidrelétricas no Xingu .....  | 58 | <i>Oswaldo Sevá</i>  |     |
| <i>Tarcisio Feitosa da Silva</i>  |    | 7.2. Informe sobre a “Vazão ecológica” determinada para a Volta Grande do rio Xingu .....  | 199 |
| CAPÍTULO 2 .....  | 63 | <i>Ivan Fumeaux</i>  |     |
| Uma abordagem jurídica das idas e vindas dos projetos de hidrelétricas no Xingu<br><i>Raul Silva Telles do Valle</i>              |    | CAPÍTULO 8 .....   | 204 |
| CAPÍTULO 3 .....  | 74 | Hidrelétricas planejadas no rio Xingu como fontes de gases do efeito estufa: Belo Monte (Kararaô) e Babaquara (Altamira)<br><i>Philip M. Fearnside</i>   |     |
| Xingu, barragens e nações indígenas<br><i>Felício Pontes Jr e Jane Felipe Beltrão</i>   |    |  |     |
| 3.1. As pressões da Eletronorte sobre os autores do EIA trecho extraído de <i>Louis Forline e Eneida Assis</i> .....              | 91 |  |     |
| PARTE II – ELETRICIDADE PARA QUEM? ÀS CUSTAS DE QUEM?   |    |  |     |
| CAPÍTULO 4 .....  | 95 |  |     |
| Grandezas e misérias da energia e da mineração no Pará<br><i>Lúcio Flávio Pinto</i>   |    |  |     |

|  |     |   |
|--|-----|---|
| PARTE IV – O ANTI-EXEMPLO ALI PERTO,<br>O POVO AMEAÇADO E CONFUNDIDO   |     |   |
| CAPÍTULO 9 .....   | 245 |   |
| Política e sociedade na construção de efeitos<br>das grandes barragens: o caso Tucuruí<br><i>Sônia Barbosa Magalhães</i>   |     |   |
| CAPÍTULO 10 .....  | 255 |   |
| Índios e barragens: a complexidade étnica e<br>territorial na região do Médio Xingu<br><i>Antonio Carlos Magalhães</i>   |     |   |
| CAPÍTULO 11 .....  | 266 |   |
| Dias de incertezas: O povo de Altamira diante<br>do engodo do projeto hidrelétrico Belo Monte<br><i>Reinaldo Corrêa Costa</i>  |     |   |
| PARTE V – OUTRO FUTURO: NÃO BARRAR RIOS<br>NEM GENTE, QUE VALEM E VALERÃO POR SI   |     |   |
| CAPÍTULO 12 .....  | 281 |   |
| Conhecimento crítico das mega – hidrelétricas:<br>para avaliar de outro modo alterações naturais,<br>transformações sociais e a destruição dos<br>monumentos fluviais<br><i>Oswaldo Sevá</i> |     |   |
|  |     | CAPÍTULO 13 ..... 296   |
|  |     | Contra-ataque! Choque da Comissão Mundial<br>de Barragens estimula a indústria de grandes<br>barragens à ação<br><i>Patrick McCully</i> |
|  |     | 13.1. Barragens e desenvolvimento: um novo<br>modelo para tomada de decisões..... 301<br><i>Comissão Mundial de Barragens</i>           |
|  |     | ANEXOS  |
|  |     | Manifestos e cartas abertas das entidades da<br>região paraense do rio Xingu (2001 e 2002) ..... 317                                    |
|  |     | Glossário ..... 335   |
|  |     | Endereços de contato de grupos trabalhando<br>em defesa do Xingu ..... 341  |
|  |     | Resumos biográficos dos autores ..... 343   |

## **Apresentação: Resumos técnicos e históricos das tentativas de barramento do rio Xingu**

Glenn Switkes e Oswaldo Sevá

Este é um livro feito de capítulos e notas técnicas inéditas, e de alguns trechos extraídos de trabalhos já publicados, que foram assinados por 20 pessoas que acompanham de perto o problema dos projetos hidrelétricos no rio Xingu e na região amazônica. É uma obra de militantes de entidades, de jornalistas, e de pesquisadores de várias áreas acadêmicas, participantes de um Painel de especialistas e de entidades por nós organizado. Esperamos que seja uma ferramenta fundamental para ampliar e aprofundar o debate sobre a proposta da construção do Complexo Hidrelétrico do Xingu.

Nosso livro é para atualizar um embate de mais de vinte anos.

Nosso compromisso é com as pessoas que vivem e viverão no vale do Xingu, especialmente os que estão ameaçados por esses projetos. Estes milhares de moradores urbanos e rurais, os ribeirinhos, beiradeiros de todo tipo, as muitas aldeias indígenas e seus muitos descendentes, desaldeiados, soltos pelo mundo, misturados com os demais brasileiros, quase todos vão sendo cercados em seu pedaço amazônico.

Cercados lá onde já viviam há muito, e lá aonde chegaram há mais tempo, nessas glebas que transformaram em roças e pomares, em seus recantos cheios de riquezas cobiçadas pelos predadores que a especulação move, que o desgoverno acomoda.

São levas de gentes e gerações que se entrecruzam, os xinguanos antigos como os vários grupos Kaiapó, os Parakanã, os Araweté e os Juruna, também os seringueiros do curto segundo ciclo da borracha (nos anos 1930, 1940), e xinguanos recentes como os colonos e fazendeiros dos travessões da Transamazônica, os pobres e os peões, os comerciantes e artesãos que já estavam e os que vêm chegando a Altamira, a São Félix do Xingu e tantas cidadezinhas e vilarejos.

Todos vão tendo agora que conviver, que se aliar com - ou explorar - os demais pobres errantes que vão à frente da expansão, essa infantaria que vai garimpando ouro, estanho e pedras, serrando árvore, abrindo estrada, fazendo pasto, quase todos trabalhando pros donos, tentando sobreviver, e muitos ainda conseguindo enviar um pouco de renda pros seus que ficaram, pros que deles dependem.

Nesse meio de mundo, chamado de Terra do Meio, um Brasil fervilhante e conflituoso, onde sempre cabe cometer mais uma pilhagem – ou então criar grandes oportunidades nesta imensa continuidade fragmentada por seus enclaves e por eixos conectados aos circuitos internacionais, pontilhada de pistas de pouso, tracejada de rotas fluviais, um conjunto bem distinto daquela Amazônia distante, paradisíaca, despovoada ou com tão pouca gente, que tudo se manteria em equilíbrio na natureza intocada.

Esse livro trata sim, de um dilema real, um drama nacional, uma encruzilhada para a humanidade: Para onde vai essa Amazônia ainda brasileira, mas nem tanto? Que chances terão esses povos? Que possibilidades terão essas matas, esses igapós, igarapés e grandes rios, e todos os seus bichos?

Nosso compromisso também é com a busca interminável e acidentada da verdade mais objetiva dentro da desinformação crescente promovida pelos próprios projetistas e interessados em tais projetos. Tivemos que lidar quase sempre com a verdade parcial segmentada e com a manobra viciada que forja grande parte da informação empresarial e governamental; tivemos que lidar com as versões explícitas e as

implícitas, as razões assumidas e as finalidades escondidas, as declarações retumbantes e as vazias. Tentamos separar os dados corretos dos incorretos, discernir algo de razoável em meio ao sem propósito e surreal, à mistificação que tais mega-projetos desencadeiam.

Reconhecemos também como predecessor deste livro, o volume “As Hidrelétricas do Xingu e os Povos Indígenas”, publicado em 1988 pela Comissão Pró-Índio de São Paulo. Vários autores dos textos nesta publicação participaram na tentativa histórica para elucidar a problemática das propostas para hidrelétricas no Xingu naquela época.

Passados dezessete anos, a idéia de barrar o Xingu, duas vezes derrotada, tenta se concretizar ainda uma vez. Não estamos nos opondo frontalmente a nada, mas fazemos questão de poder pensar de modo distinto. Com poucos recursos e muita disposição, nos empenhamos para destacar e tornar públicas as avaliações distintas das oficiais e as outras visões do vale do rio Xingu e de sua gente.

Agradecemos o apoio do professor Célio Bermann no começo dos trabalhos para este livro, a firmeza e a humanidade da pessoal da FVPP: Antônia Melo, Marta Sueli Silva, Antonia Martins “Toinha”, e também Juraci Galvino Moreira, Luziane do Socorro Costa Reis e Abimael Maranhão Palhano, os pilotos Ruck e Sabá, a dona Miriam Xipaia, seu Miguelzinho, e o padre Paulo Machado.

Também devemos destacar pelos trabalhos nos mapas, agradecemos a colaboração do equipe de Geoprocessamento do Instituto Socioambiental: Alicia Rolla, Edna Amorim dos Santos, Fernando Paternost, Cícero Cardoso Augusto e Rosimeire Rurico Sacó, e apoio do foto arquivista Claudio Aparecido Tavares do ISA.

Também devemos destacar o apoio do Sérgio Schlesinger da FASE e o Programa Brasil Sustentável e Democrático, e Lúcia Andrade da Comissão Pró-Índio de São Paulo.

Reconhecemos a contribuição valorosa do Dr. Marcelo Cicogna e o professor Dr. Secundino Soares Filho, da FEEC Unicamp.

Para o seu patrocínio, agradecemos a Fundação Conservation, Food, and Health, a Fundação Ford, a Fundação C. S. Mott, a Fundação Overbrook, e a Sigrid Rausing Trust.





## Mensagem de Abertura

Dom Erwin Kräutler - Bispo do Xingu

Ao ver, com profunda gratidão, concluído este trabalho, vem-me, de repente, a lembrança do Xingu dos anos 60, época em que aqui cheguei. Jamais se apagam em minha memória as primeiras impressões que tive destas plagas. Estão gravadas, de modo indelével, em meu coração. Vindo da Europa fiquei extasiado contemplando um dos mais espetaculares espaços que Deus criou. Será um último resto do paraíso perdido?

Este rio caudaloso com suas águas verdes-esmeralda, ora calmas e misteriosas, ora indômitas e violentas, este vale com suas selvas exuberantes, igarapés e igapós, várzeas e imensos campos naturais mudaria a minha vida e dará um rumo todo especial à minha vocação missionária. Encontrei neste mundo verde um povo que ainda estava convivendo pacificamente com a natureza e hauriu seu vigor dos divinos mananciais da Amazônia. Mas já naquele tempo pairou algo como uma Espada de Dâmoles em cima da família xinguará. As ameaças de expulsão do paraíso e de destruição do lar (em grego: “oikos”) já se anunciavam num horizonte cada vez mais sombrio, carregado de presságios de um futuro tempestuoso e sacrílego.

O dia 9 de outubro de 1970 é uma data histórica para o Xingu. Em Altamira já há meses se comentava que “finalmente o progresso vai chegar”. Os comerciantes vibraram com os “rios de dinheiro” que iriam inundar a cidadezinha até então esquecida do mundo e isolado no meio da mata. Para os habitantes da capital Belém o Xingu era sinônimo de terra de “índios selvagens e ferozes”, de região infestada pela malária e outras doenças tropicais. Agora, tudo isso mudaria. Nesse dia de intenso calor chegou a Altamira o Presidente da República, o General Emílio Garrastazu Médici. Já dias antes aterrissaram possantes aviões Hércules na pista de pouso de piçarra para admiração ou espanto da população local só acostumada a ver hidraviões amerissarem nas águas do Xingu ou algum DC-3 da FAB fazer uma escala em Altamira. O Jornal de São Paulo descreve a visita presidencial:

“O general Médici presidiu ontem no município de Altamira, no Estado do Pará, a solenidade de implantação, em plena selva, do marco inicial da construção da grande rodovia Transamazônica, que cortará toda a Amazônia, no sentido Leste-Oeste, numa extensão de mais de 3.000 quilômetros e interligará esta região com o Nordeste. O presidente emocionado assistiu à derrubada de uma árvore de 50 metros de altura, no traçado da futura rodovia, e descerrou a placa comemorativa (...) incrustada no tronco de uma grande castanheira com cerca de dois metros de diâmetro, na qual estava inscrito: ‘Nestas margens do Xingu, em plena selva amazônica, o Sr. Presidente da República dá início à construção da Transamazônica, numa arrancada histórica para a conquista deste gigantesco mundo verde’”.

Foi a época do “Integrar para não entregar”. Não entendi e jamais entenderei como o presidente podia ficar “emocionado” ao ver uma majestosa castanheira cair morta. Não entendi as palmas delirantes da comitiva desvairada diante do estrondo produzido pelo tombo desta árvore, a rainha da selva. Aplauso para quem e em razão de que? A placa fala da “conquista deste gigantesco mundo verde”. A implantação do marco pelo presidente não passa de um ato cruel, bárbaro, irracional, macabro. O que significa “conquistar”? É “derrubar”, “abater”, “degolar”, “matar”, “assassinar”? Um emocionado presidente inaugura a destruição da selva milenar! Por incrível que pareça, derrubar e queimar a floresta é doravante sinônimo de desenvolvimento e progresso.

Altamira tornou-se famosa de um dia para o outro e o Xingu um novo Eldorado. A propaganda governamental incentivou milhares e milhares de famílias a abandonarem o nordeste das secas periódicas e o

sudeste, centro e sul com “pouca terra disponível” e rumarem para a Amazônia onde vastas terras estavam aguardando sua chegada e garantindo melhores condições de vida do que nos estados de origem. Reportagens sobre o sucesso da empreitada governamental se multiplicaram e tiraram as dúvidas de quem ainda ficou reticente.

Nada, porém, se falou dos povos que habitavam as terras que a Transamazônica cortou de leste a oeste. Aliás o Presidente Medici já não quis saber deles. Simplesmente os ignorou, chamando a região de “terra sem homens” a ser povoada por “homens sem terra”. Na cabeça do general não existiam índios no trecho, porque não podiam existir e se, porventura, existissem, sua existência teria que ser ignorada. A nova rodovia passou a 3 quilômetros da aldeia dos Arara no igarapé Penetecaua. Os índios fugiram com medo do chumbo das espingardas. Foram perseguidos até por cachorros. A brusca e forçada convivência com os “brancos” trouxe a morte à aldeia. Sucumbiram fatalmente a surtos de gripe, tuberculose, malária, até de conjuntivite. O mundo lá fora nada soube desta desgraça que desabou sobre um povo e continuava a aplaudir a “conquista deste gigantesco mundo verde”. A que preço? O pior estava ainda por acontecer. Jamais me esqueço do dia em que pelas ruas de Altamira corria a notícia de que, finalmente, os “terríveis Araras” haviam sido dominados. Como prova de que o “contato” com os Arara tinha sido “amistoso” e um sucesso total, trouxeram uns representantes daquele povo, até então vivendo livre na selva xinguará. Nus, tremendo de medo em cima de uma carroça, como se fossem algumas raras espécies zoológicas, foram expostos à curiosidade popular na rua principal da cidade. O que na realidade aconteceu no coração e na alma do povo Ugorogmo, quem será capaz de descrever? Os poucos sobreviventes continuam apavorados, na insegurança, como “estrangeiros em sua própria terra”. A demarcação de sua área é sempre de novo protelada.

A rodovia Transamazônica foi inaugurada. Mais uma vez o presidente da República vem a Altamira. Mais uma vez se descerra uma placa de bronze, desta vez incrustada num feio paredão de cimento que se ergue do descampado. A paisagem está mudada. A selva sucumbiu. As palavras continuam bombásticas: “Retornando, depois de vinte meses, às paragens históricas do Rio Xingu, onde assistiu ao início da construção desta imensa via de integração Nacional, o Presidente Emílio Garrastazu Medici entregou hoje ao tráfego, o primeiro grande segmento da TRANSAMAZÔNICA, entre o Tocantins e o Tapajós, traduzindo a determinação do povo brasileiro de construir um grande e vigoroso País. Altamira, 27 de setembro de 1972”.

A “Integração Nacional”, o que realmente é? “Integrar”, pelo que se vê, é, de um lado, agredir violentamente a obra da criação sem nenhum plano que visasse um desenvolvimento sustentável para região, e de outro, impulsionar a migração interna para resolver problemas fundiários nas regiões centro, sudeste e sul do País. Através do desterro de milhares de famílias para a Transamazônica pretendeu-se fazer uma “reforma agrária” naquelas regiões sem mexer com os proprietários de grandes extensões de terra produtivas e improdutivas. Deportando para a Amazônia o excedente de agricultores, os “sem terra”, todos eles potenciais invasores de fazendas, evitar-se-á problemas nos estados de origem dos desterrados e se garante o sossego e a paz para o latifúndio.

Mas, embutido no Projeto de Integração Nacional já se encontrava outro plano. As rodovias que sangravam as florestas cortavam também os grandes rios amazônicos, exatamente nas proximidades das principais quedas d’água, prevendo a médio prazo a possibilidade de construir barragens para geração de energia. A Rodovia Transamazônica foi inaugurada em setembro de 1972. Já em 1975, a Eletronorte contratou a firma CNEC (Consórcio Nacional de Engenheiros Consultores) para pesquisar e indicar o local exato de uma futura hidrelétrica. Em 1979 o CNEC terminou os estudos e declarou a viabilidade de construção de cinco hidrelétricas no Xingu e uma no rio Iriri, escolhendo inclusive os nomes para as mesmas, todos eles indígenas: Kararaô, Babaquara, Ipixuna, Kokraimoro, Jarina e Iriri. Por que nomes indígenas, já que a existência dos povos indígenas deve ser ignorada? Os Juruna, Xipaia-Curuaia, Kayapó, Arara, Assurini, Araweté e Parakanã não contam. Sem dúvida se achará uma “solução” para eles, mesmo que esta se transforme em “solução final”, a famigerada “Endlösung” que o nazismo encontrou para os judeus. Os nomes indígenas para as hidrelétricas projetadas seriam assim um “in memoriam” para estes povos que, junto com as famílias de seringueiros, pescadores e ribeirinhos, “cediam” suas terras ancestrais para o progresso e desenvolvimento da região. Muitos de nossos conterrâneos sonharam novamente com rios de dinheiro que inundariam nossas cidades. À população local negou-se as informações necessárias para avaliar o projeto. A transparência no fornecimento de dados não fazia parte da estratégia dos órgãos governamentais.

Assim a Igreja do Xingu tomou a iniciativa de denunciar as ameaças que pairavam sobre a região do Xingu e seus povos. Digo “povos”, no plural, pois é esta a realidade do Xingu. Colocamos em pauta nas reuniões das comunidades a verdadeira história da hidrelétrica projetada. Elaboramos cartilhas com dados obtidos algumas vezes até de forma “ilícita” (pelo menos do ponto de vista dos órgãos governamentais). Os trabalhadores locais traziam informações que ouviam nos acampamentos dos engenheiros. Pessoas que tinham acesso a informações, no-las passavam de forma secreta com medo de retaliação. Colaboramos com a Comissão Pró-Índio de São Paulo e passamos a buscar ajuda com especialistas ligados a Universidades Brasileiras e do exterior.

Confesso que nem imaginávamos poder contar com um apoio todo especial. A expressão “apoio à nossa causa” nem é apropriada neste caso, pois os índios Kayapó do Alto Xingu, assumiram a “sua” causa que também é nossa, a defesa de “sua” terra e de “seus” direitos que são a terra e os direitos dos demais povos do Xingu. Soube das intenções dos Kayapó apenas algumas semanas antes de acontecer aquilo que eles mesmos denominaram de I Encontro das Nações Indígenas do Xingu, marcado para fevereiro de 1989. Algumas lideranças Kayapó vieram a Altamira e me convidaram para uma reunião. Comunicaram-me sem rodeios que estavam decididos de vir a Altamira para um grande encontro e marcaram a data. Dei-lhes a entender que um encontro deste porte exigia uma intensa preparação e o tempo para isso era muito pouco. Pedi, por isso, que adiassem o evento por alguns meses. Não havia jeito de convencer os líderes Kayapó. Sem meias palavras me disseram: “O encontro está marcado! Queremos que nos ceda a Bethânia! Só isso!” A Bethânia, o Centro de Formação da Prelazia do Xingu, há oito quilômetros de Altamira, tornou-se de 20 a 25 de fevereiro de 1989 a aldeia principal dos Kayapó. O evento que reunia em torno de 600 índios, pintados para guerra, teve enorme repercussão em todo o Brasil e no exterior. A foto que retratou a cena em que a índia Tuíra esfregou um facão na cara de José Antônio Muniz Lopes, então diretor de engenharia da Eletronorte, percorreu o mundo, tornando-se símbolo e uma espécie de logotipo da hostilidade total dos índios em relação às projetadas barragens. Enquanto os Kayapó estavam reunidos na Bethânia as comunidades de Altamira se organizaram num ato público no bairro de Brasília. Levantaram sua voz contra os órgãos do governo que operam na surdina e excluem deliberadamente a sociedade civil da discussão de projetos que afetam a população e o meio-ambiente. A vitória estava do lado dos índios e de todos que se opuseram à concretização do megaprojeto. Kararaô foi arquivado! Aparentemente!

A alegria durou pouco. No fim da década de 90 o projeto ressurgiu, se bem que sob outro nome e com roupagem nova. A Eletronorte e demais órgãos governamentais aprenderam dos “erros” da década de 80 e trocaram o modo de agir. Um grupo de especialistas fora contratado que passou a analisar as forças políticas na região. Foram feitas pesquisas sobre os nossos movimentos sociais, as ONGs, os sindicatos, os povos indígenas, tudo no intuito de mapear possíveis focos de resistência ao projeto agora denominado de UHE Belo Monte. O nome “Kararaô”, o grito de guerra, foi substituído pelo bucólico “Belo Monte” para que o povo do Xingu não lembrasse mais o facão da Tuíra e os rostos pintados de urucum dos Kayapó contrários à hidrelétrica.

A estratégia mudou por completo. Nossas lideranças foram continuamente convidadas para reuniões com grupos de técnicos das empresas do governo que, é óbvio, usaram de todos os meios para mostrar o lado positivo do empreendimento. Outro alvo foram os jovens. Patrocinando festas e promovendo excursões à região da UHE Tucuruí procurava-se conquistá-los para idéia de que a hidrelétrica será um bem enorme para a região. Com volumosos presentes o governo aliciou descaradamente as comunidades indígenas. De antemão evitavam-se reuniões com grandes grupos para impedir que a sociedade se organizasse e discutisse abertamente os prós e contras do projeto. Políticos estaduais e municipais de pouca cultura e muita fanfarrice encheram a boca proclamando a UHE Belo Monte a salvação do oeste do Pará e pregando que o Brasil necessita deste impulso energético para evitar o colapso de sua economia.

Mas, Deus seja louvado, um grupo de especialistas, professores e pesquisadores de renome, apoiados por instituições e ONGs e a Igreja do Xingu organizaram este livro que, sem dúvida, desmistifica todo o discurso bombástico do Governo Brasileiro e das empresas interessadas na barragem do Xingu. Novamente a espada afiada de Dámocles paira sobre o Xingu e seus povos, pendurada num fio muito delgado, podendo cair a qualquer momento. Mas a lenda contada pelo escritor romano Horácio em uma de suas odas não termina em tragédia. O fio tênue resistiu e a espada não se desprende. É esta a nossa esperança! Que a sensatez vença a insanidade e o Xingu continue lindo e pujante, também para as futuras gerações!

Agradeço, de coração, ao Professor Oswaldo Sevá da UNICAMP e ao Jornalista Glenn Switkes da IRN pelo trabalho incansável na organização desta obra e a todas as pessoas que participaram deste projeto em defesa do Xingu e de seus povos.

Altamira, 30 de novembro de 2004.



### 1 . Resumo do projeto de aproveitamento hidrelétrico integral do rio Xingu

Uma obsessão da engenharia mundial é esta “idéia fixa” de barrar todos os rios, aproveitando-se quedas d’água existentes, ou construindo-as em rocha, terra e em concreto armado, para instalar grupos turbo-geradores e produzir energia elétrica.

Estas entidades geográficas, hidro - geológicas e biológicas, **os rios**, a um só tempo são vazões vivas de água se deslocando pelo planeta, e são meios bio-químicos da vida estável de cada local, e da vida dos animais migratórios. Numa visão mutilante da realidade, rios e suas terras ribeirinhas passam a ser olhados apenas através de uma calculadora, como se existissem apenas para serem bloqueados por um paredão e para terem a sua energia em parte aproveitada.

Deste ponto de vista, o Xingu é “*um bom potencial*”, como eles gostam de dizer. Só que...muita atenção, pois uma de suas características mais importantes, que os indígenas e os beiradeiros conhecem, é que é exageradamente variável o seu fluxo de água, ao longo dos meses, em intervalos de semanas, e até, de dias!

É rio que enche rápido e muito, proporcionalmente à área em que capta a sua água. Na média da bacia, a vazão de água drenada para o rio principal pode estar *acima de 17 litros de água por segundo*, proveniente das chuvas regulares caindo *em cada km<sup>2</sup>* de terreno nessa bacia. Nas bacias dos rios Araguaia e Tocantins, este indicador fica entre 14 e 16 l/s por km<sup>2</sup>, na bacia do Paraná, em 11 l/s por km<sup>2</sup>, e na do São Francisco, que atravessa uma extensa zona semi - árida, a coleta de água pelo rio principal fica na média de 5 l/s por km<sup>2</sup>!

Comparando-se os números de vazão d’água dos rios: o mais volumoso, o Amazonas já teve registros, em Óbidos, antes de receber o Tapajós e o Xingu, de mais de 200 mil m<sup>3</sup>/segundo. O Xingu não é dos maiores afluentes do Amazonas, mesmo assim, o patamar dos seus números indica o dobro da vazão nas cheias no rio São Francisco (de 11 a 12 mil m<sup>3</sup>/s no trecho das usinas de Paulo Afonso) e um patamar bem acima do que as do rio Paraná em Itaipu (cheias de 20 a 22 mil m<sup>3</sup>/s).

Mas o Xingu é rio que seca rápido e que pode permanecer muito tempo bem baixo, quatro meses, digamos. Vejamos, por exemplo, os valores medidos lá na cidade de *Altamira*, Pará, no trecho quase final do rio Xingu, com sua vazão praticamente toda formada:

- as médias mensais baixas ficam *abaixo de 1.000 metros cúbicos de água por segundo*
- os valores mínimos são entre *450 a 500 m<sup>3</sup>/s em Setembro e Outubro*
- as médias mensais altas são *acima de 25 mil m<sup>3</sup>/segundo*
- “picos” de cheia registrados ou extrapolados *acima de 30 mil m<sup>3</sup>/segundo*

Pois bem, conhecidas as vazões, para chegarmos à potência mecânica própria do rio, e que poderia ser aproveitada, a equação dependerá precisamente dos desníveis verticais, das alturas das quedas d’água.

Segundo o documento “*Estudos de Inventário hidrelétrico da Bacia hidrográfica do Rio Xingu*”, elaborado pela empresa de consultoria CNEC – Camargo Corrêa, em 1980, a “melhor” alternativa de aproveitamento integral da bacia do Xingu (alternativa A dos estudos feitos) seria:

- entre a altitude próxima dos **281 metros**, no norte de Mato Grosso, próximo da rodovia BR 080, provavelmente localizada na Terra Indígena Kapoto-Jarina e/ou na faixa Norte do Parque Indígena do Xingu – e - a altitude próxima dos **6 metros**, num ponto rio abaixo da vila de Belo Monte do Pontal e, pela margem esquerda, perto da foz do igarapé Santo Antonio, rio acima de Vitória do Xingu, no Pará;
- fazer **cinco barramentos no rio Xingu** (eixos Jarina, Kokraimoro, Ipixuna, Babaquara e Kararaô) e **um barramento no rio Iriri**, seu afluente esquerdo, o maior deles (eixo Cachoeira Seca).

As represas destas seis usinas hipotéticas alagariam ilhas e terras florestadas, muitas ainda virgens, conforme aquele estudo de inventário mencionado, somariam **quase 20 mil km quadrados**, o equivalente a quase metade das áreas já inundadas por represas de todos os tipos no país, até hoje. Nestes 2 milhões de hectares, uma boa parte são glebas ribeirinhas incluídas em várias Terras Indígenas já homologadas, algumas delimitadas mas invadidas, outras ainda não homologadas.

Somente a represa de Babaquara, podendo atingir um alagamento de mais de 6.500 km<sup>2</sup>, seria a primeira mais extensa no país e a segunda no Mundo. A maior represa é a de Akosombo, no rio Volta em seu trecho baixo-médio, um “lago” de mais de 8 mil km<sup>2</sup>, dividindo ao meio o pobre e conflituoso Ghana, na África Ocidental. A mais extensa represa brasileira é a de Sobradinho, rio São Francisco, na Bahia, com 4.200 km<sup>2</sup> na cota máxima; a segunda maior é a de Tucuruí, no rio Tocantins, Pará com 2.800 km<sup>2</sup> (SP-MS).

Mas a repercussão conjunta dessas obras iria muito além de terras alagadas. As conseqüências de tipo destrutivo e conflitivo deverão crescer muito por causa dos impactos:

- das estradas inteiramente novas a abrir, e de outras existentes a ampliar,
- das faixas das Linhas de Transmissão;
- das áreas alagadas e das áreas usadas para acesso às obras e para a abertura de novas linhas.

Basta conferir no mapa temático preparado pelo laboratório de geo processamento do ISA, em anexo a esse resumo executivo, para comprovar as numerosas interferências e superposições desses impactos em territórios que têm atualmente destinações as mais variadas, e que aparecem na cartografia como um mosaico bem complicado, composto por:

- a) extensas glebas de terras da União, as chamadas “terras devolutas”; e de modo similar, glebas arrecadadas pelo INCRA e ou pelo Instituto Estadual de Terras, o ITERPA e que vêm sendo licitadas, leiloadas para particulares, griladas e invadidas;
- b) áreas protegidas como as Reservas Biológicas, e as áreas delimitadas para manejo como as Flonas, as Florestas nacionais,
- c) perímetros e acessos reconhecidos como reserva de garimpo, ou na prática transformadas em invasões garimpeiras,
- d) além de áreas imensas cobrindo um grande número de autorizações para prospectar o subsolo, outorgas para pesquisa e para lavra de minérios valiosos

Haveria também profundas conseqüências fundiárias e sócio-econômicas, por causa da perda de superfícies de terra, de ilhas, das riquezas das matas e de áreas cultivadas e com fruteiras, e também por causa da modificação territorial que obriga a retrair estradas, caminhos, pontos de embarque e desembarque fluvial. Haveria a perda de benfeitorias e serviços existentes nas posses de grupos nativos ou de grupos migrantes de décadas atrás, nos assentamentos antigos e novos do Incra, em fazendas de colonizadores privados, e em latifúndios, que podem conter ainda extensões ou fragmentos de mata.

Mostramos no capítulo 1, de autoria do professor *Oswaldo Sevá*, algumas das características locais de cada trecho do Vale do Xingu ameaçado de sofrer as conseqüências de cada uma das seis obras previstas. Registramos os focos de conflito que caracterizam a ocupação recente, pelos brasileiros não índios e pelas atividades econômicas de relevância nacional e internacional (como o soja, o gado, a madeira de lei, o ouro) nessa região onde antes só residiam os índios.

A primeira proposta para represar o rio Xingu despertou uma forte oposição dos povos indígenas e um amplo grupo de ambientalistas e movimentos sociais. As movimentações das lideranças indígenas, incluindo viagens internacionais e audiências com ONGs e Bancos multilaterais, culminando no “*Encontro dos Povos Indígenas em Altamira*” em fevereiro de 1989, tiveram grande repercussão, enterrando por um tempo o projeto Kararaô, a primeira etapa do plano da Eletronorte para o aproveitamento hidrelétrico do rio Xingu.

## 2. A segunda tentativa frustrada de barrar o rio Xingu

Até 1999, a empresa foi, em geral discretamente, intensificando a implantação do projeto: fez modificações geográficas e técnicas relevantes no projeto, rebatizou-o pela 2ª vez, agora seria o **CHBM - Complexo Hidrelétrico de Belo Monte**, somente com as obras da 1ª usina na Volta Grande. Passou a chamar de Usina ou Aproveitamento **Altamira** a anterior usina **Babaquara**, mas desmentia que iria fazê-la, insistindo que Belo Monte tinha viabilidade mesmo que fosse um barramento “isolado” no rio Xingu.

Por volta de 1999, a Eletronorte, derrotada dez anos antes, parecia se recompor. Tornara-se um ente político regional em Altamira, na Transamazônica, o quê está devidamente registrado nos depoimentos e informes apresentados nesse livro pelas lideranças locais *Antonia Melo e Tarcísio Feitosa da Silva*.

Mas, havia o desgaste provocado pelos sucessivos erros na condução dos problemas e das providências necessárias em Tucuruí, sua obra exemplar e anti-exemplar. Ao longo destas duas décadas, muito se escreveu e muito se falou sobre a usina de Tucuruí e os problemas no entorno de sua represa com 2.400 km<sup>2</sup>, e rio abaixo da barragem. Os desdobramentos sociais do investimento hidrelétrico vão ganhando amplitude e abrangência, seja porque novos fatos não cessam de surgir, como a chamada etapa II, com mais uma Casa de força e com a sobre-elevação do nível da represa e o aumento de mais 400 km<sup>2</sup> na área alagada; seja porque o movimento social - como no mito grego de Sísifo - recria a atualidade em cada conjuntura. A antropóloga *Sônia Magalhães* explica, em seu capítulo desse livro, com base em uma longa vivência de pesquisa in loco, como a dinâmica social e a vida política do país e da região determinam a dimensão dos efeitos sociais das grandes barragens.

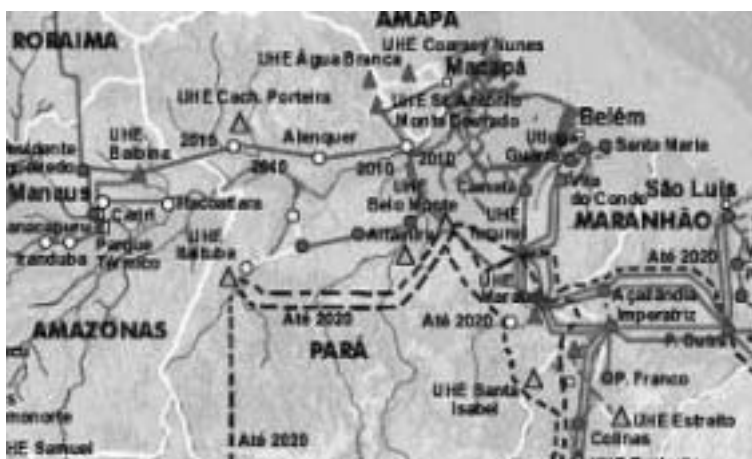
15

Existem várias referências feitas em 2001, 2002, repetidas em 2004 pela presidência da Eletronorte sobre a próxima hidrelétrica a ser construída - agora chamada Altamira.<sup>1</sup> O próprio Ministério de Minas e Energia, nas suas apresentações sobre os planos de expansão do setor elétrico na região amazônica, mostra a usina Altamira, junto com Belo Monte (ver mapa abaixo). E, no orçamento federal do ano de 2004, R\$ 2 milhões foram destinados aos estudos de viabilidade da Babaquara, para ficar prontos até o ano de 2007.<sup>2</sup>

A finalidade da obra em si continuava obscura, fugidia, sobretudo porque eram intensas as críticas no caso da usina de Tucuruí, por causa também do prejuízo que o país estava tendo com os contratos de preços obtidos pelas indústrias de alumínio que se instalaram em Belém e em São Luis.

Em 2001, a partir de fevereiro e março de um verão pouco chuvoso, ficou claro que o sistema Sudeste - Centro Oeste e o sistema Nordeste de eletricidade tinham pouca reserva de água em muitas das maiores represas existentes na bacia do Paraná e do São Francisco. Uma crise de oferta de eletricidade se instalou, dadas as insuficiências no sistema de transmissão inter-regional. Foi quando os barrageiros reapresentaram Belo Monte como “a salvação do país”, e por isto, reivindicavam que os “empecilhos” fossem removidos e que as obras como estas pudessem iniciar o quanto antes!

Tais jogos de esconder a finalidade, de criar racionalidades após os fatos consumados, de embaralhar ou camuflar alternativas, foram analisados com detalhe nos capítulos desse livro assinados pelo jornalista *Lúcio Flávio Pinto*, que detalhou os desencontros dos números econômicos - financeiros e expôs sem retoques as grandezas e



Fonte: Ministério de Minas e Energia, 2002. *Integração Energética na Amazônia*, no site <http://www.caf.com/attach/8/default/PalestraIRSA-19-11-02-ENERGIA-BR.pdf> em 10/11/04

misérias desse “Pará exportador de minérios e de energia”, e pela engenheira e antropóloga *Diana Antonaz*, que entrevistou figuras proeminentes da intelectualidade “elétrica” e “petrolífera”, analisando quais os discursos e as lógicas daqueles que hoje ocupam posições centrais no setor de energia do governo. Constatou, aliás, que a idéia de desenvolvimento defendida por estes técnicos volta-se para uma população abstrata, uma massa sem identidades e culturas, em vez de considerar as necessidades concretas de pessoas de carne e osso.

Em fins de 2000 a Eletronorte firmou contrato com uma fundação chamada Fadesp, ligada à Universidade Federal do Pará, através da qual foram formadas equipes de pesquisadores para elaboração do Estudo de Impacto Ambiental. As condições desse contrato e a tentativa de obter a licença ambiental apenas no âmbito paraense, da Secretaria estadual de Tecnologia e Meio Ambiente, motivaram a iniciativa em 2001, do Ministério Público Federal em Belém, de peticionar uma Ação Civil Pública, e um dos pontos fortes de questionamento era a obrigatoriedade de consultar os indígenas das Terras Indígenas que fossem afetadas, e obter autorização do Congresso Nacional (*artigo 231 da Constituição Federal*).

A Eletronorte tentou contornar esta exigência quando redesenhou o projeto Belo Monte, colocando o barramento principal nas Ilhas Pimental e da Serra, uns 50 km rio acima da posição anterior, abaixo da primeira grande cachoeira, Jericoá. E restringiu a condição de afetadas pelas obras apenas as terras que fosse alagadas. Assim, geograficamente, a área da T.I. Paquissamba, dos índios Juruna, deixaria de ficar submersa para ficar no trecho “seco” da Volta Grande, onde as vazões seriam sempre bem inferiores às médias historicamente observadas.

Quanto aos indígenas da região que seriam atingidos, são muitos mais do que os 50 e poucos Juruna residentes na T.I. Paquissamba. Alguns dos autores desse livro puderam comprovar que alguns milhares de beiradeiros mantêm contato cotidiano com Altamira, mesmo residindo 50 km ou mais rio abaixo ou rio acima da cidade. Publicamos no livro, como um anexo, os dados cadastrais coletados pelo CIMI - Conselho Indigenista Missionário, que apontam mais de 400 moradores indígenas das etnias Xipaiá, Kuruaia, Arara, Juruna e Kaiapó morando no trecho das barrancas do rio Xingu que seriam afetadas pela represa e nos trechos que ficariam na parte seca, rio abaixo da Ilha Pimental.

A própria Eletronorte reconheceu há muitos anos, e depois passou a negar, quando escolheu a alternativa chamada Kararaô em 1988, que uma das alternativas em estudo (Kararaô III/Koatinema II) muito similar à atual Belo Monte traria “*impactos indiretos de maiores proporções, devido à interrupção do fluxo d’água no trecho da Volta Grande, o que interfere nos ecossistemas aquáticos e marginais e nas populações ribeirinhas e indígenas ali estabelecidas...*” e admitiu uma população indígena na Volta Grande de “*344 indivíduos afetados diretamente*” (*Usina Hidrelétrica Kararaô, Efeitos e Programas Ambientais: Síntese, Eletronorte/CNEC, Outubro 1988*).

Tais fatos e as várias versões sobre quem e quantos seriam atingidos, bem como o seu atual modo de vida, foram pesquisados e relatados pelo antropólogo *Antonio Carlos Magalhães*, e pelo geógrafo *Reinaldo Costa*, em outros dois capítulos do nosso livro.

A decisão judicial decorrente dessa Ação Civil Pública foi a de embargar o EIA e o processo de licenciamento, decisão tomada em primeira instância em Belém, ainda em 2001, e mantida até a última instância, em Brasília. Era a segunda derrota do projeto Belo Monte, em fins de 2002.

Tais tópicos foram devidamente detalhados e ponderados ao longo desse livro, no capítulo assinado pelo advogado *Raul Silva Telles do Valle*, do setor jurídico do ISA – Instituto SocioAmbiental de SP., e no capítulo assinado pelo Procurador Federal em Belém, *Felício Pontes Jr* e pela antropóloga *Jane Beltrão*, da Universidade Federal do Pará.

### **3. Simulação das potências hidráulicas do rio Xingu, se as usinas funcionassem desde 1931**

**Metodologia:** A simulação aqui usada foi feita usando-se o modelo Hydrolab (Cicogna e Soares Fo., 2003, FEEC, Unicamp) que foi alimentado pela base de dados do SIPOT - Sistema de Informações do Potencial Hidrelétrico, da Eletrobrás), que informa os valores numéricos da vazão d’água do rio Xingu em Altamira, mensurados in loco ou extrapolados, desde o ano de 1931 até o ano de 1996. Destacamos o subperíodo de 1949 a 1956, por ser considerado o de melhor pluviosidade, do ponto de vista da geração hidrelétrica



nos rios brasileiros do hemisfério Sul. Não se trata portanto de afirmar quanto da sua potência instalada, tais usinas poderiam no futuro acionar, e sim, trata-se de deduzir como elas teriam funcionado no passado, se existissem nesses pontos desses rios que apresentaram essas vazões. Neste item apenas resumimos os números das simulações feitas para três tipos de situações hipotéticas.

**A) BELO MONTE COMO APROVEITAMENTO ÚNICO NA BACIA DO XINGU:** se apenas uma usina hipotética, Belo Monte funcionou abastecendo a rede básica nacional entre 1931 e 1996

A *potência máxima assegurada* teria sido **1.356 MW**

(ou seja: se naquele período, durante alguns dias a demanda ultrapassou 1.356 MW, a vazão turbinável pela usina não assegurou mais do que esta potência, e a demanda teria que ser atendida por outra central na mesma rede)

**B) BELO MONTE COM BABAQUARA (ALTAMIRA) REGULARIZANDO O RIO XINGU:** se apenas duas usinas hipotéticas, Belo Monte e Babaquara funcionaram conjuntamente entre 1931 e 1996

A *potência máxima assegurada* nas duas usinas teria sido **7.950 MW**

Fazendo-se a repartição desta potência entre as duas usinas, supondo o aproveitamento total da água nas duas usinas (sem vertimento turbinável), teríamos:

31% da potência total seria fornecida pela usina Babaquara **3.078 MW**

69% da potência total seria fornecida pela usina Belo Monte **4.872 MW**

Para comparação: era previsto como *potência instalada nas duas usinas* **17.772 MW**

Sendo Belo Monte, na versão mais recente, com uma Casa de Força complementar, ou então **12.090 MW**

na versão anunciada em outubro de 2003, com metade de potência na Casa de Força principal de Belo Monte.

A conclusão evidente é que **somente com as duas usinas hipotéticas, Belo Monte e Babaquara funcionando, é que a situação operacional e econômica melhorou e passou a ser aceitável, pois para uma potência instalada de 12.090 MW, a máxima assegurada foi de quase 8.000 MW.**

**C) REPRESAMENTO INTEGRAL DO RIO XINGU E IRIRI:** se as seis hipotéticas usinas funcionaram conjuntamente no período 1931-1996 (Jarina, Kokraimoro, Ipixuna, Iri + Babaquara e Belo Monte)

A *potência máxima assegurada* nas seis usinas teria sido **12.806 MW**

Para comparação, eis os números das *potências previstas para serem instaladas*, conforme a diretriz de “Aproveitamento hidrelétrico integral” do rio Xingu, (IHX, CNEC, Eletronorte, 1980) e registradas no SIPOT:

|                |                  |
|----------------|------------------|
| 1. Eixo Jarina | 620 MW           |
| 2. Kokraimoro  | 1.490 MW         |
| 3. Ipixuna     | 1.900 MW         |
| 4. Iri         | 770 MW           |
| 5. Babaquara   | 6.590 MW         |
| 6. Belo Monte* | <u>11.000 MW</u> |

ou então: \* na versão reduzida anunciada em outubro de 2003 **5.500 MW**

total da potência prevista para *instalar* **22.370 MW**

ou, total incluindo Belo Monte versão reduzida **16.870 MW**

#### 4. Resumo das dimensões do projeto da usina Belo Monte versão 2004

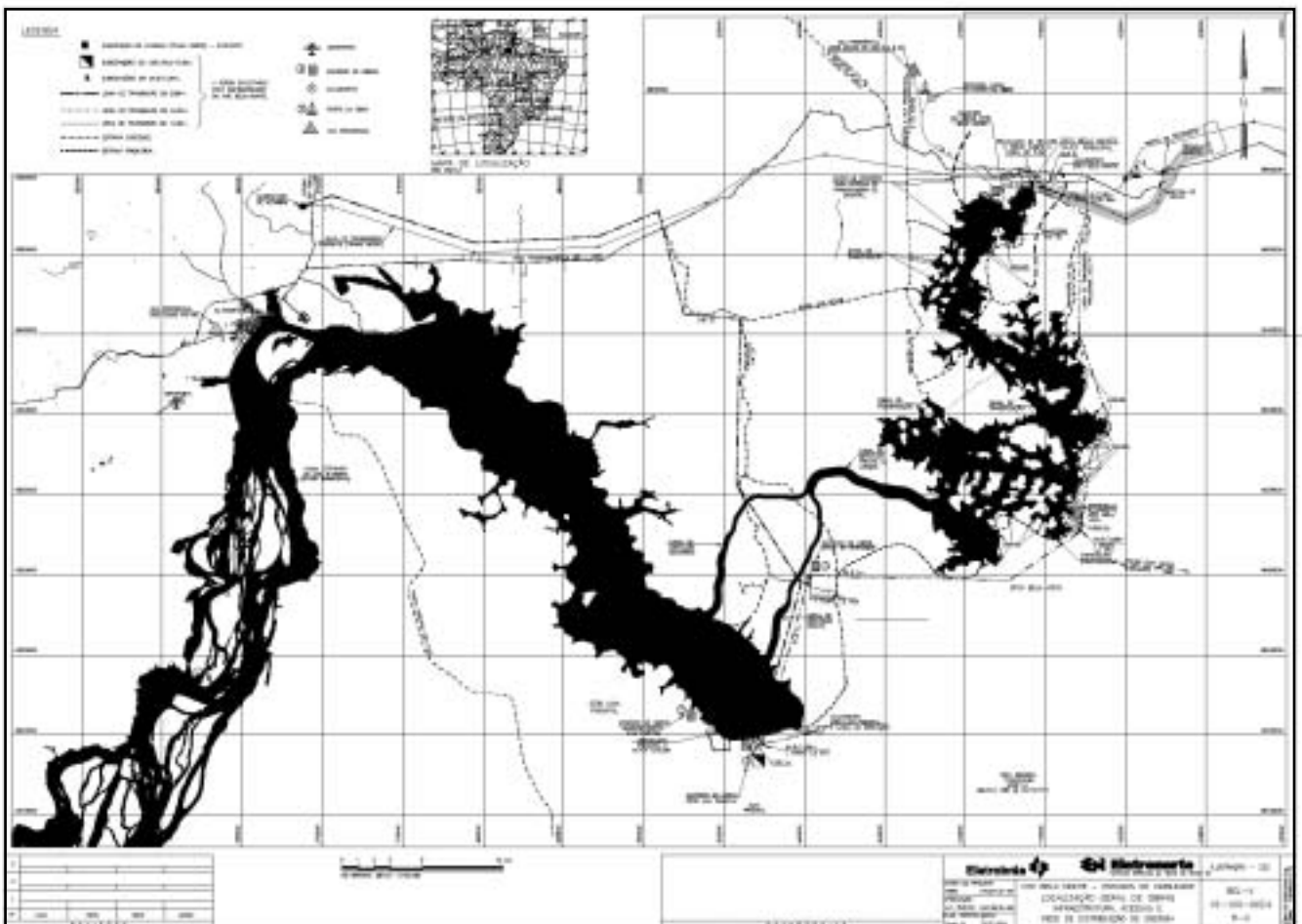
A **potência** total prevista na 2ª versão do projeto, que vigorou desde 1998 até meados de 2003, era de *11.182 Megawatts*, dos quais 182 MW numa Casa de Força complementar, situada no paredão principal da Ilha Pimental, e 11.000 MW na Casa de Força principal (Belo Monte); esta é a mesma potência prevista na versão anterior do projeto, Kararaô, de 1988, mas é maior do que a potência de 8.400 MW indicada no Inventário Hidrelétrico do Xingu (CNEC, Eletronorte, 1980).

A amplitude das **variações da vazão** do rio Xingu é muito grande, e as duas “meias” represas previstas teriam *pequena capacidade de armazenamento de água*. Esta Casa de Força principal trabalharia com a capacidade máxima ou próxima dela durante três meses por ano no máximo; e muitas vezes, nem isto. Somente nos meses de Março, Abril e Maio, o rio Xingu costuma ter uma vazão média mensal *superior* ao engolimento máximo das turbinas de 13.900 m<sup>3</sup>/s. O Estudo de Viabilidade entregue à Agência ANEEL aponta uma *“energia firme”* da ordem de *4.700 MW* médios (correspondendo a 42 % da potência nominal prevista, um índice perto dos índices comuns a outras usinas no país), como que sugerindo ao leitor que a usina geraria pelo menos nesta faixa de potência, sempre, mesmo nos meses mais críticos do ano. Os cálculos que pudemos fazer indicam que esta “energia firme” somente teria alguma chance de ser mantida, *se fosse de fato* construída a outra represa rio acima, chamada antes de Usina Babaquara, rebatizada Usina Altamira, com um grande reservatório de acumulação, e prevista para alagar uma área de *mais de 6 mil km<sup>2</sup>*.

A instalação de dez grupos turbo-geradores (TGs) com 550 MW cada, numa primeira etapa, totalizando 5.500 MW, ou de quatorze TGs, totalizando 7.700 MW não resolve o problema decorrente da amplitude das vazões do rio. Embora, com uma potência menor, a usina possa funcionar “perto da capacidade máxima” por um período de tempo maior a cada ano; por exemplo, instalando-se dez TGs, a vazão d’água turbinada cairia para a faixa de *6.950 m<sup>3</sup>/s*, o quê seria em geral factível por um período de até seis meses, de Janeiro a Junho, se considerarmos as vazões mensais médias já registradas no passado.

18

As **superfícies totais** ocupadas pela água represada e pelos canais seriam da ordem de *440 km<sup>2</sup> a 590 km<sup>2</sup>*, uma quarta parte dessa área estaria na represa dos quatro igarapés, criada em terra firme e três quartos dessa área ficariam na calha do Xingu; no projeto anterior, a área chegava a *1100 km<sup>2</sup>*.



O **volume d'água armazenado** seria da ordem de *3,8 bilhões de m<sup>3</sup> de água*, com uma profundidade média das duas represas e do sistema de canais entre 6 e 8 metros. (v. quadro 2.3-1 do Estudo de Viabilidade). Pela concepção adotada para a obra, não seria obtida alguma regularização da vazão do rio. A “correnteza” do Xingu estaria sendo conduzida por três canais principais e alagados rasos, até uma barragem alta (em relação à cota onde ficam as máquinas geradoras e o canal de fuga) mas com pouca profundidade e pouco volume acumulado. As máquinas turbo-geradoras engoliriam a vazão que estiver chegando com o rio Xingu na primeira represa; no jargão da engenharia elétrica, a usina trabalharia na modalidade “a fio d'água”. Na hipótese de realizar a obra em duas grandes etapas, cortando a potência inicialmente instalada pela metade, foi dito que seria construído apenas um canal de adução, retificando um dos dois igarapés, de Maria e Gaioso, e que seria construída a metade da Casa de Força principal. Construir o projeto em duas fases não diminuirá os impactos ambientais ou sociais daquele conjunto de obras; de todo modo os três grandes paredões de rocha e concreto teriam que ser feitos: 1) na Ilha Pimental, a barragem do vertedouro principal, trancando o rio para forçar o desvio da Volta Grande e abrigando a casa de força auxiliar de 182 MW; 2) a barragem do vertedouro complementar abaixo da Cachoeira Jericoá, na margem esquerda do Xingu; 3) o paredão final da segunda represa onde ficaria o prédio da Casa de Força principal, onde hoje passa a rodovia Transamazônica, entre a balsa de Belo Monte do Pontal e Altamira, e o canal de fuga das águas turbinadas até a margem esquerda do Xingu, próximo do igarapé Santo Antonio.

## 5. Rotas possíveis para a eletricidade de Belo Monte e a (ir)racionalidade elétrica

A destinação da eletricidade que seria gerada não está clara nem compromissada, até fins de 2004.

Pela lógica, são apenas duas possibilidades:

1. atender o consumo de outras regiões e/ou
2. atender a região Norte; e aí os fluxos de energia podem se bifurcar em
  - para atender os mercados convencionais urbanos e rurais da região e / ou
  - para atender os consumidores eletrointensivos aí já instalados e/ou
  - atender os eletrointensivos que venham a se instalar.

Os argumentos e as promessas de **atender o Centro Sul e o Nordeste** com a eletricidade proveniente de Belo Monte são freqüentes no EIA embargado, no estudo de viabilidade apresentado à Aneel, e no discurso de muitas autoridades econômicas e do setor elétrico, nos governos anteriores e no atual.

Para fornecer na base do sistema, somente com a geração adicional de Belo Monte, é difícil que se justifique, impossível, talvez. Em nossa simulação do passado, a usina teria fornecido nas últimas sete décadas, um patamar mínimo de 1300 MW nos meses secos mais favoráveis de todo o período.

Mas, nos meses com mais água e nos anos mais favoráveis, esta usina poderia também despachar excedentes sazonais **para o Nordeste ou para o Centro Sul**, mas isto dependeria de como estivesse despachando a usina de Tucuruí e da capacidade operacional de transmissão das atuais interligações Norte Sul I e II. Quanto à eventual complementaridade entre a sazonalidade do Xingu em Belo Monte e a sazonalidade dos rios onde ficam as usinas no Sudeste e no Nordeste, trata-se de logro técnico, pois poderia haver uma defasagem de apenas 40 dias ou 50, entre o pico da cheia, por exemplo, na bacia do Paraná, em final de janeiro, início de fevereiro, e na bacia do Xingu, em Março ou Abril.

As obras de transmissão para ligar esta energia desde o Xingu até a Linha tronco Norte Sul seriam bastante caras e acrescentariam 60% a 70% ao custo de geração; somente o custo desta transmissão era estimado, em 2001, na faixa de 12 dólares/Megawatt x hora. No capítulo desse livro preparado pelo engenheiro electricista *André Saraiva de Paula* são ressaltadas as imprecisões, da ordem de bilhões de dólares, conforme as fontes de informação, quanto ao montante de investimento na construção do sistema de transmissão associado à usina Belo Monte.

A empresa pode até baratear, na aparência, estes custos, já que ao longo dos anos, vêm sendo incorporadas nos Planos Decenais da Expansão da Transmissão algumas obras que visam ao reforço da ligação Norte-Sul e à sua integração com o hipotético sistema de transmissão vindo da Volta Grande do Xingu. Mas a manobra é fictícia pois objetivamente são montantes já gastos para a mesma finalidade futura.

Os **mercados locais convencionais**, as maiores cidades dos Estados do Pará, do Maranhão e do Tocantins estão abastecidos, sem qualquer razão para crise ou déficit, e mesmo que avance a carga requisitada pela eletrificação rural, o fato é que são modestos nestes Estados o tamanho populacional e a dimensão econômica. Comunidades na área rural e isoladas na mata, nas beiras dos rios têm mais chances de serem atendidas por eletricidade obtida por meio de placas foto-voltaicas, micro-hidrelétricas, e de moto-geradores queimando óleo diesel, e eventualmente óleo vegetal.

Já os **grandes clientes** (indústrias metalúrgicas e a mineradora CVRD) estão por enquanto garantidos com o acréscimo de geração na etapa II da usina de Tucuruí, quase pronta, e com os contratos (assinados pela 1ª vez em 1984) recentemente refeitos ou substituídos.

A outra única opção, que explique a decisão de construir e instalar uma usina desse porte nesse local -- além do intercâmbio regional - é a eletricidade adicional a ser despachada por Belo Monte servindo para viabilizar **novas ou futuras ampliações das atividades de mineração e metalurgia** na região.

Por exemplo, mais um ou dois mil Megawatts garantidos seriam um bom reforço na transmissão para Vila do Conde, PA e para Ponta da Madeira, São Luis, MA, onde ficam as fundições de alumínio; ou então para uso em Açailândia, MA (ferro-gusas ou ferro-ligas) ou na Serra Norte, PA, na ampliação das minas de ferro e de manganês e nas novas instalações de concentração e de fundição de cobre da CVRD, inauguradas em 2004 pelo Presidente Lula e o Diretor Presidente da CVRD, Roger Agnelli.

De quebra, eventualmente os guseiros e fundições elétricas de ferro-ligas podem se ampliar, e podem também ser construídas novas instalações na região, além da sempre falada hipotética usina siderúrgica maranhense. A empresa norteamericana Alcoa está avaliando a implantação de uma mina de bauxita e refinaria de alumina em Juriti Velho, na região de Santarém, PA, e já manifestou seu interesse em ser sócia do mega-projeto Belo Monte.

20

Esta “opção” pelo uso da eletricidade futura do Xingu no suprimento da mineração e da metalurgia aparece oficialmente como uma dentre outras alternativas, sempre de modo diluído numa cesta de opções...mas está presente de forma mais nítida nos mapas das LTs publicados entre 1999 e 2002.

Só que, para os empreendedores e para o próprio governo federal, não ficaria bem esta “repetição de Tucuruí”: poucos querem assumir que esta eletricidade de alto custo e de grande impacto seria exclusivamente ou principalmente para a viabilizar a mineração e a metalurgia de exportação.

## **6. Resumo das conseqüências locais das obras hipotéticas da usina Belo Monte**

Os **territórios** que seriam mobilizados por este conjunto de obras civis, e mais os que seriam afetados diretamente pela inundação e pela mudança radical das condições locais, incluem

- 1) um grande setor terrestre da Volta Grande entre o rio e rodovia Transamazônica, no trecho dos assentamentos do Incra e das fazendas entre Altamira e a balsa em Belo Monte do Pontal, mais as terras ribeirinhas e barrancas do rio Xingu ao longo de duzentos km, em dois trechos totalmente distintos:
- 2) no primeiro trecho com oitenta a noventa km de extensão, barrancas, terras ribeirinhas e ilhas seriam cobertos de água pelo menos até a *cota 97* metros, (em alguns documentos é mencionada a cota 98m) formando a represa “da calha do rio”. Seriam alagados os terrenos perto dos vários igarapés desembocando no rio Xingu, e, na cidade de Altamira, seriam afetadas as áreas baixas que ladeiam os igarapés Ambé, Altamira e Panelas. (detalhes a seguir)
- 3) e no segundo trecho, mais cento e dez km ao longo da Volta Grande até o local previsto para o canal de fuga, onde a água turbinada na usina re-encontra o rio Xingu, o leito natural desse rio ficará sempre com uma vazão bem menor do que as mínimas históricas. (mais detalhes adiante)

**Mais de 2 mil famílias desta periferia urbana seriam obrigados a se mudar, além das 800 famílias na zona rural e 400 famílias ribeirinhas.**

No total, seriam 3.200 famílias, aproximadamente 16.000 pessoas, a grande maioria das quais tem pouquíssima informação precisas sobre o projeto e as conseqüências que teria a expulsão de suas casas e de suas terras. Na versão fabricada pela Eletronorte, são todos miseráveis, morando muito mal, sem

serviços públicos mínimos, e ficarão bem melhor após serem indenizados ou nos novos assentamentos que a empresa generosamente lhes oferece.

O artigo do *Robert Goodland*, apresenta um padrão internacional de análise dos impactos das grandes barragens e reconhecimento dos direitos dos atingidos por barragens que poderia indicar procedimentos mais adequados para o planejamento de grandes obras no futuro.

O uso de avaliação estratégica ambiental possibilitaria a avaliação comparativa dos impactos e benefícios de várias opções de projetos de desenvolvimento regional.

O reconhecimento do *direito de consentimento anterior e informado* (Prior Informed Consent) é talvez a única maneira conhecida de garantir que os atingidos por projetos do setor elétrico possam ser sujeitos participantes e ativos na determinação do seu próprio futuro.

#### Resumindo-se os **efeitos hipotéticos da represa de Belo Monte em Altamira:**

Pode-se deduzir das cartografias que a área construída de Altamira ficaria entrecortada pelos remansos dos igarapés, que estariam represados ao longo de alguns km correnteza acima de sua foz na margem esquerda do Xingu.

**Igarapé Ambé.** Seriam alagados os terrenos e fornos dos oleiros e a área do balneário São Francisco, ao lado da ponte do acesso rodoviário que liga a cidade à Transamazônica. Várias residências de um lado e outro desta ligação viária teriam que ser retiradas, ou teriam seu terreno diminuído; talvez a própria pista teria que ser elevada e uma nova ponte construída. Na boca do igarapé no Xingu, também haveria remanejamentos a fazer, e talvez a serraria e a cerâmica antigas sejam atingidas; o bairro dos pescadores e carroceiros talvez ficassem cercados de água do igarapé e do rio.

**Igarapé Altamira.** Seriam alagadas as margens atuais, onde ficam as palafitas, na altura do cruzamento com a rua Comandante Castilho, e todo o espraçamento do igarapé no bairro Brasília, interrompendo ruas, e em alguns casos, tendo que elevar as pistas, as pontes de travessia e as pinguelas que o povo usa todo dia. A conferir, casa por casa, como ficaria o bairro chamado São Sebastião, onde residem os índios xipaia e arara, além de moradores não índios.

**Igarapé Painelas.** Seriam alagados os terrenos e fornos dos oleiros, e talvez a água atingisse trechos da estrada que liga com o Aeroporto, e a ponte. A verificar como ficariam as duas serrarias que ainda funcionam por ali. Uma perda importante seria a Praia do Pajé, com o seu sítio arqueológico, indicando presença antiga de indígenas por ali.

**Calçada da Beira-Rio.** A água represada bateria no muro de arrimo da avenida João Pessoa, uns dois metros abaixo da calçada, a conferir. Remanejamento total de todas as moradias ribeirinhas desde o BIS até o Xingu Clube, e modificação radical dos “portos” dos batelões e voadeiras, por exemplo, na rampa do “Seis” onde há várias casas que ficariam abaixo da cota 97 metros.

A avaliar como ficariam alguns tubulões que despejam águas pluviais (e talvez esgotos clandestinos) no muro de arrimo, com as bocas de saída uns três metros abaixo da calçada.

A paisagem da ilha Arapujá bem em frente da cidade ficaria mutilada, a ilha quase toda submersa, somente as árvores mais altas aparecendo.

**Efeitos prováveis nas imediações da cidade:** As atuais praias desapareceriam ou ficariam com a largura bem reduzida; a maior parte das ilhas ficaria bem reduzida, com a água batendo quase sempre nas árvores. Também mudaria, claro, o modo de operação da balsa que liga a margem esquerda (entre a cidade e o aeroporto) com a margem direita (rodovia “Trans-Assurini”). E os pontos atuais de retirada de areia e de seixos do fundo do rio seriam abandonados, e outros seriam abertos.

**Conseqüências na parte fluvial da Volta Grande do Xingu:** Os arquipélagos sucessivos, desde rio acima de Altamira até a altura das Ilhas Pimental e da Serra, uma faixa de uns 80 km de comprimento por 8, 10, 20 km de largura, ficariam totalmente cobertos. Senão, quase isto, ficando para fora, até que morram de uma vez, as copas de árvores mais altas, castanheiras, sumaúmas.

Os igarapés Gaioso e da Maria seriam rasgados por máquinas, com largura de até 500 metros, com o fundo concretado, e suas barrancas acrescentadas de diques altos; seriam os tais canais de derivação do

fluxo d água represado em direção à represa dos “cinco igarapés”. Os pequenos afluentes dos igarapés de Gaioso e de Maria seriam contidos do “lado de fora” dos diques, e formariam alagadiços intermináveis no Inverno e barreiros esquisitos no verão, problema aliás já pressentidos pelos moradores das comunidades rurais nos travessões 27 e 45.

Toda a faixa dos dois igarapés e dos morrinhos que dividem suas bacias fluviais, seria atravessada pela maior estrada de serviço da obra (barragem Pimental e um grande alojamento), e também seria atravessada por linhas de transmissão de eletricidade em tensão de 69 kV para suprir o canteiro de obra; e quando começasse a operar, atravessariam ali as faixas das linhas de 230 kV vindo da Casa de Força complementar.

A maior parte da vazão que chega e passa pela represa acima da Ilha Pimental, seria desviada pelos canais de derivação para a represa e só seria devolvida ao rio Xingu depois de turbinada na casa de força principal em Santo Antonio do Belo Monte.

A descida encachoeirada da Volta Grande tem uns 150 km de comprimento; grosso modo, a primeira terça parte ficará sob a água da represa; nos dois terços finais, a calha do rio será a mesma, mas a vazão será sempre menor do que as menores vazões históricas observadas no rio a cada mês.

As vazões liberadas pelo operador da usina para jusante, em 2/3 da Volta Grande serão sempre menores que os “piores meses” em termos de vazão.

Supondo-se que o operador seria a Eletronorte e que ela cumprisse daqui a tantos anos a sua promessa atual, os números tirados do EIA apontam a situação seguinte:

- no Inverno amazônico, as mínimas mensais mais baixas foram em Março, com 9.561 m<sup>3</sup>/segundo e em Abril, 9.817 m<sup>3</sup>/s, e conforme o EIA, seriam liberados um mínimo de 15,7 % e 20, 4 % destas vazões; respectivamente - **1.500 m<sup>3</sup>/ s em Março e 2.000 m<sup>3</sup>/ s em Abril**
- em pleno Verão, as mínimas mensais do rio Xingu ali foram de 908 m<sup>3</sup>/s em Agosto - e a liberação seria de apenas **250 m<sup>3</sup>/s, uns 27%**; e 477 m<sup>3</sup>/s em Setembro - quando a liberação seria de apenas **225 m<sup>3</sup>/s**. Em Outubro, a mais baixa das mínimas mensais, com 444 m<sup>3</sup>/s, a liberação no vertedouro do Pimental seria de apenas **200 m<sup>3</sup>/s**.

Ou seja, nos dois meses do verão com o rio sempre mais seco, seriam liberadas a jusante do Pimental, vazões equivalentes a **45 % - 47 % das vazões mínimas históricas** destes dois meses.

Simplesmente nunca naquele trecho o rio teve tais vazões, nem poderia ter, a não ser durante uma catástrofe climática!

A navegação que é bem difícil no Verão, ficaria impossível.

A calha do rio, larga com vários km de ilhas e pedras ficaria praticamente no seco com poças de água, quentes durante o dia, como em geral a água nos trechos mais rasos é quente no Verão, e mornas durante boa parte da noite.

Como ficarão os peixes, retidos nas poças, sem chance de circular, de nadar contra a correnteza? E os carizinhos dourados que todos querem vender para o exportador, sumirão? O mosquito da pedra todos temem que prolifere ainda mais, faz sentido, ele sempre aumenta no verão. Moluscos há muitos nos bancos de areia, podem dominar ou desaparecer? E os pássaros que os comem? E as cobras e quelônios que estão sempre por ali? E as abelhas que ficam na florada dos arbustinhos das restingas?

Se houver o barramento , com o ex- rio ficando bem mais seco, isto facilitaria para os garimpeiros, pois a lâmina d água sempre seria menor do que hoje, os mergulhadores poderiam ficar mais no raso, ou até, desnecessários, pois em muitos trechos, o fundo do rio estará quase sempre à mostra...

Podem até procurar ouro com menos dificuldade e menos custo, só que também eles precisam de água para beber e lavar seu cascalho e sua bateia. Suas dragas precisam de rio navegável para se deslocar de um ponto a outro de garimpagem. As pilhas de seus rejeitos, que já afloram atualmente ficarão como pirâmides eternas ao longo do leito antigo do rio.

Para os que moram nas barrancas e mesmo para dentro, mas próximos do rio, haveria um transtorno grande, aumento de despesas e dos problemas com a captação de água. Talvez algum colapso ocorra em

várias casas e comunidades que usam água de poço. Isto porque o lençol freático no verão fica em geral no nível de 6 a 8 metros abaixo do solo, contando-se a partir das barrancas altas do rio, onde ficam as casas. Se o rio estiver barrado com a vazão bem mais baixa que o usual, estes lençóis podem baixar metros e metros, e alguns podem secar de vez.

Na confluência do rio Bacajá com o Xingu, o encontro das vazões dos dois rios produz atualmente algo tipicamente amazônico: no verão, o rio Bacajá vindo com pouca água pela margem direita, escorre lentamente para dentro do Xingu também com pouca água; no inverno, o Xingu pode vir com tanta força que ao invés do Bacajá despejar a sua água ali naquele ponto, o Xingu é que invade o afluente e formará uma barreira hidrodinâmica, uma espécie de freio, que o povo e os engenheiros chamam de remanso. Este remanso poderia nunca mais existir, se de fato forem liberadas no Xingu as tais vazões ínfimas. O Bacajá chegaria com a sua vazão usual, e escorreria direto no Xingu, sem qualquer resistência ou amortecimento; no trecho final do Bacajá, durante o Inverno, haveria no lugar do remanso que atualmente se forma, uma correnteza mais veloz e um aumento na erosão das barrancas.

Todas as grandes cachoeiras, a começar pela Jericoá, secariam muito, ficariam com quase uma quarta parte de água que deveriam ter, p.ex. em Agosto, ou menos da metade do que deveriam ter, p.ex. em Outubro. Aumentariam muito as extensões de praias e ilhas de areia. A vegetação de restinga e alguns manguezais na parte baixa tendem a morrer, pois podem ficar uma ou mais estações sem ser afogadas pela água que as fertiliza. Ou, porque suas raízes ficariam distantes dos lençóis subterrâneos da região da cachoeira, que tenderiam a baixar, em relação aos níveis de hoje.

Rio Xingu abaixo da praia da Jericoá, começam a desaguar pela margem esquerda, os quatro igarapés que nascem lá perto dos lotes da Transamazônica e dos travessões 45 e 55, e que vêm até aqui na zona das cachoeiras: o **Paquiçamba**, depois o **Ticaruca**, o **Cajueiro**, e o **igarapé Cobal**.

Estes quatro igarapés foram escolhidos para compor uma parte do projeto Belo Monte - a “represa em terra firme”, que serviria para encurtar o trajeto das águas até o desnível final em Santo Antonio do Belo Monte.

Como as barragens que formariam a tal represa são *verdadeiros diques*, elas não teriam vertedouros nem comportas. Conclusão: dali para baixo, cada igarapé represado ficaria completamente seco no início do trecho, talvez se torne intermitente no Verão, e, apenas na época mais chuvosa, poderia reconstituir uma pequena parte de sua vazão usual. Nas margens destes igarapés pode haver um rebaixamento dos lençóis, ou – ao contrário, pode minar água acumulada kms acima, na represa.

## **7. Resumo das conseqüências ambientais e alguns riscos dos projetos Belo Monte e Babaquara no âmbito regional e planetário**

O sistema hídrico *represa de hidrelétrica* é, em cada local, inédito, algo que nunca houve antes; a represa se sobrepõe ao ecossistema fluvial anterior. Os habitats existentes são destruídos, inteiramente ou em parte, e outros habitats serão criados na represa e nos novos relevos e interfaces por ela definidos. Se e quando for feita a 1ª. obra, seriam mais de 400 km<sup>2</sup>, ou 40 mil hectares cobertos por duas “meias” represas ligadas por meio de canais; se for feita a segunda seriam mais de 6.000 km<sup>2</sup> ou 600 mil hectares. Nesses novos sistemas ocorrerão:

### **Mecanismos certos, mas com diferentes resultados em cada represa:**

- estratificações de temperaturas e luz por camadas, conforme se aprofunda na massa d'água, quanto mais fundo mais frio e mais escuro;
- afogamento e putrefação da vegetação, do húmus e dos resíduos orgânicos do solo anterior - no fundo da represa, com a emissão conseqüente de ácidos orgânicos voláteis ou gasosos, de hidrocarbonetos, de gases carbônicos, e às vezes de sulfetos voláteis ou gasosos;
- formação e decadência lenta dos “paliteiros” de árvores moribundas nas áreas onde antes havia árvores, mais a formação e putrefação lenta dos falsos brejos que se formam nas margens mais rasas e remansos da represa;
- acúmulo de sedimentos trazidos pelo rio e afluentes da represa e retenção de uma parte desses sedimentos pelas plantas aquáticas;

- evaporação da lâmina d' água, evaporação nos vertedouros construídos e no turbilhão dos canais de fuga da usina; evapotranspiração das plantas aquáticas;
- seleção forçada das espécies da microfauna, dos bichinhos que vivem nos sedimentos e dos peixes, crustáceos, moluscos e batráquios que sobrevivem no lago;
- bloqueio ou dificuldades nas rotas migratórias de espécies aquáticas; novos pontos de parada em rotas migratórias de aves e de animais peri - aquáticos; proliferação de insetos dos tipos de águas paradas (nos remansos) e dos tipos de águas revoltas (nos vertedouros da barragem).

Em cada **novo ecossistema**, as populações destas espécies poderão se reproduzir enquanto as condições biogeoquímicas não se alterarem muito, enquanto não houver descontinuidades grandes na cadeia alimentar, na oxigenação da água do rio. Poderão se reproduzir enquanto estiverem dentro de um rio e de uma represa com condições hidrodinâmicas e bioquímicas suportáveis, dentro de extremos delimitados (p.ex. de renovação e velocidade ou estagnação da água, de sua acidez e temperatura, da concentração de íons metálicos e ou de compostos orgânicos tóxicos) por parte das espécies que ali vivem, e das que por ali passam.

As represas sempre ficam sujeitas às possibilidades de **degradação provocadas por eventos e atividades na bacia de montante**, nos rios e igarapés que as formam, e nas terras em toda a sua orla: os mais comuns são o aumento da sedimentação por causa de erosão e do acúmulo de esgotos e de efluentes industriais não – tratados; contaminação decorrente do uso de agro-químicos; fermentação do material orgânico excedente com consumo de uma parte do oxigênio dissolvido na água.

Como a atividade agrícola e agropecuária vêm se intensificando na área drenada pelos mesmos igarapés que hipoteticamente desembocariam nas represas, haverá sempre o risco de acúmulo de excesso de nutrientes (nitratos, fosfatos) e de amônia dissolvidos na água e nos sedimentos. Como os esgotos da cidade de Altamira também podem se acumular em trechos da represa, deve-se contar com a ocorrência de proliferação de algas e de plânctons de determinadas espécies, por exemplo, de cianobactérias e de outras que provocam intoxicações nos peixes e nos humanos. O processo é conhecido como **eutrofização do corpo d'água**, e potencializa vários dos efeitos já descritos.

As árvores deixadas em pé nos reservatórios – formando a paisagem chamada de paliteiros – vão se decompondo e sua parte exposta acima da água emite **gás carbônico (CO<sub>2</sub>)**. No fundo dos reservatórios não há oxigênio, e a decomposição produz o **gás metano (CH<sub>4</sub>)**.

Nos primeiros anos o metano vem da decomposição das camadas de folhas da floresta, do húmus, e de uma parte do carbono do solo; o gás continua sendo produzido em anos posteriores pela decomposição de plantas herbáceas que crescem, a cada ano, nas áreas expostas temporariamente, na vazante, ou seja, quando o nível d'água desce. A água que passa pelas turbinas vem de níveis mais profundos nos reservatórios, onde o metano é mais concentrado.

O artigo do pesquisador *Philip Fearnside* analisa minuciosamente esse processo de emissão de gases carbônicos, que **contribuem para o aumento do efeito estufa** no nível global, considerando a hipótese de construção das duas usinas, Belo Monte e Babaquara. Uma parte do gás metano produzido no enorme reservatório de Babaquara seria liberada na própria represa e na barragem (vertedouros e turbinas) e outra parte seria repassada a jusante para a represa Belo Monte, fazendo aumentar as suas emissões próprias.

**O conjunto formado por Belo Monte e Babaquara teria um saldo negativo, em termos de emissões de gases de efeito estufa, quando comparado com uma usina termelétrica à gás natural durante pelo menos 41 anos após o enchimento da primeira represa.**

Além disto, aumentando a formação, dentro da água das represas, de ácidos orgânicos (acético, fórmico) e eventualmente de sulfetos, haveria a **acidificação progressiva da água**, com conseqüências comprovadas para a saúde animal e humana, e também para as instalações da usina. Os prejuízos decorrentes da **corrosão acelerada** de todas as partes metálicas dos equipamentos em contato com a água, já foram comprovados pela mesma Eletronorte na usina de Balbina, Amazonas, e pela Celpa, na usina de Curuá-Una, próximo de Santarém, PA.

Com a acidez, haverá uma maior solubilização de íons de metais pesados existentes na própria terra em contato com rio (leito e barrancas, rochas e lajes), e dos compostos trazidos pelos sedimentos e pela correnteza, ou eventualmente resíduos de atividades econômicas como o uso de mercúrio no garimpo;



ocorrerá o processo de **bio-metilação de metais pesados** e em seguida, o processo de bio-acumulação desses metais, ao longo da cadeia alimentar, a contaminação atingindo, com taxas de concentração exponenciais, os animais aquáticos e peri-aquáticos (síndrome de Minamata).

Grandes estruturas e represas também costumam provocar **eventos sísmicos**, ou tremores de terra; e no caso das duas represas Belo Monte e Babaquara, que se formariam sobre leito rochoso cristalino, com fraturas naturais e cavernas, aumenta também o **risco de extravazamento da água acumulada** para terrenos localizados em bacias vizinhas – que usualmente ocorre também (chamado de percolação) através dos paredões das barragens e dos diques laterais dessas represas, trinta deles na represa Belo Monte e muitos mais, com dezenas de km de comprimento na represa Babaquara.

Enfim, trata-se da destruição de um dos monumentos fluviais do País e do Mundo, a Volta Grande do rio Xingu, algo para o quê é impossível de se estabelecer compensações, ou mesmo mitigações. Isto é o que está sintetizado, na forma de uma teoria geral sobre estas mega-hidrelétricas, no último capítulo do livro, de autoria do professor *Oswaldo Sevá*.

## **8. A terceira tentativa dos barrageiros e dos “eletrointensivos”, desde 2003.**

Durante os anos 1990 e no começo da década atual, a polarização política e partidária que se formou em Altamira e no Pará a propósito desse mega-projeto, indicava quase sempre os parlamentares e candidatos dos partidos então considerados de esquerda, o PT, PCdoB, PSB, como sendo opositores do Belo Monte, e – por simetria, eram a favor da obra os partidários locais e regionais dos governos estaduais do PMDB (J. Barbalho) e depois do PSDB (A. Gabriel e S. Jatene), alinhados, neste caso, com o governo federal na era Cardoso-Maciel.

Em 2001 e 2002, todos que acompanhavam o caso tinham a sensação de que uma vitória do candidato Lula poderia sepultar o projeto Belo Monte e os demais que eram mantidos na berlinda exatamente pelos políticos e militantes da antiga oposição.

Mas não! Uma das razões é que, durante os primeiros meses do novo governo, em 2003, o senador José Sarney, aliado do governo Lula, convencia a cúpula federal da importância e oportunidade do projeto Belo Monte. No início de 2004, mostrou que ainda comandava o seu feudo na máquina federal, provocando a troca de presidente da Eletrobrás, que é a empresa acionista principal da Eletronorte e das outras geradoras estatais Furnas e Chesf.

Os “novos” dirigentes marcam o retorno do engenheiro Muniz e de sua equipe à frente do projeto de barrar o Xingu. Mas agora, tiveram que se contorcer para diminuir o tamanho do investimento previsto, reconhecendo que a empresa não tem como bancar sozinha, e que precisa atrair investidores para se associarem ao seu projeto Belo Monte, e além disso, parecem ter convencido a presidência do banco estatal BNDES, mesmo sem a devida análise técnico-econômica, de assegurar uma parte do financiamento.

A “saída” agora apontada como natural é a formação de um consórcio de grupos poderosos, capazes de alavancar o financiamento aqui e no exterior, e depois, contratar a compra de alguns pacotes de eletricidade de bom tamanho: as três geradoras estatais, mais as empreiteiras, lideradas pela Camargo Correa, as fabricantes de equipamento pesado como a ABB, a Voith-Siemens, e as indústrias grandes consumidoras de eletricidade, lideradas pelas mineradoras e metalúrgicas Alcoa, CVRD, e a australiana BHPBilliton.

A Eletronorte portanto, será provavelmente uma sócia menor desse denominado *Consórcio Brasil*, e provavelmente restará a ela a função de fazer o serviço político local, dobrar os resistentes, neutralizar os descontentes, fomentar os apoiadores. E talvez venha a administrar a sua insistente “inserção regional”, repartindo os “royalties” futuros por meio de uma “special purpose company”, tudo dentro de seu delírio de poder regional, de se tornar um Estado dentro do Estado do Pará.

A novidade agora é algo bem mais estratégico: todos podemos ter a certeza **de quem vai operar** – não será a Eletronorte sozinha nem a principal sócia – e **de quem vai usar a eletricidade** dessa obra, se acaso um dia ela chegar a ser feita – não será o “resto do país”, nem o Nordeste à beira da crise, muito menos a malha elétrica Centro Oeste Sudeste, e sim as indústrias eletrointensivas que já comandam esse mesmo espetáculo na Amazônia paraense e maranhense e pelo mundo afora há um século.

## Notas

---

<sup>1</sup> Em 2001: o então Presidente da Eletronorte, José Muniz Lopes, em entrevista com a jornal O Liberal (Belo Monte entusiasma a Eletronorte por Sônia Zaghetto, 15/07/2001), afirmou “Nós tínhamos, no planejamento do setor elétrico para o intervalo 2010/2020, três novas usinas: a de Marabá, a de Altamira (antiga Babaquara) e a usina de Itaituba (São Luís do Tapajós). Alguns jornalistas dizem que

*não falo dessas usinas porque quero escondê-las. Apenas elas não estavam na ordem do dia. Como brasileiro, com compromissos históricos com a região, não poderia deixar de colocar para apreciação das entidades superiores a necessidade que nós avancemos os estudos relacionados a essas usinas. Elas foram analisadas num primeiro momento, mas não tiveram seus estudos aprofundados. O que estou pedindo agora é autorização*

*para aprimorar esses estudos. Ora, você imagina que pedaço de Brasil poderemos ter se, em seqüência às obras de Belo Monte, pudessemos dar início logo às obras de Marabá, mais na frente às obras de Altamira e depois Itaituba”.*

<sup>2</sup> [http://www.planobrasil.gov.br/arquivos\\_down/relatorio\\_avaliacao.pdf](http://www.planobrasil.gov.br/arquivos_down/relatorio_avaliacao.pdf) em 01.04.05

# PARTE III

**Natureza: avaliação prévia  
do prejuízo**



# Capítulo 7

## **Evolução histórica da avaliação do impacto ambiental e social no Brasil: sugestões para o complexo hidrelétrico do Xingu**

Robert Goodland

### **Resumo**

Este capítulo descreve a evolução histórica da avaliação ambiental e social conforme aplicada nos projetos hidrelétricos brasileiros, e sugere um método moderno em três etapas a ser aplicado na Avaliação do Impacto Ambiental para o Complexo Hidrelétrico do Xingu. As três etapas são: aprender com a experiência de projetos hidrelétricos similares no Brasil e em qualquer outra parte. Em segundo e terceiro lugares, aplicar duas ferramentas de avaliação moderna e relacionada: a Avaliação Ambiental Estratégica e o Consentimento Prévio Informado.

### **Introdução**

A evolução histórica do movimento ambiental incluiu uma internalização gradual dos custos que anteriormente eram externalizados através de toda a sociedade. As Nações Unidas e outras agências prescrevem que o criador de quaisquer impactos sociais e ambientais, de outra forma conhecidos como proponentes do projeto, devem ser responsáveis pela prevenção ou minimização de tais impactos. Para isto, dois princípios fundamentais devem ser seguidos – o princípio “Poluidor Paga” e o “Princípio Precaucionário”, que reserva a obrigação de prova ao proponente do projeto. Se uma empresa pretender fazer emissão de uma substância no ambiente natural, ela suportará o ônus de executar antecipadamente a devida diligência para garantir a segurança de tal procedimento –

na prática, impedindo o proponente de usar o ambiente natural como cobaia. Muitos setores têm solucionado casos legais de pessoas ou grupos que podem ter sido afetados negativamente por impactos sociais ou ambientais; uma área que ainda não foi solucionada é o caso do dano anterior às comunidades indígenas. Este é um problema contencioso em muitos projetos hidrelétricos e encontra-se em observação minuciosa, como no caso do Complexo Hidrelétrico do Xingu proposto.

Para que o Brasil possa adotar um método completo e prudente para sua avaliação do impacto ambiental para projetos de grandes barragens, é essencial aprender com projetos internacionais anteriores similares. Uma série de diretrizes e recomendações em pronta disponibilidade de uso na construção de barragens para projetos hidrelétricos é o relatório da Comissão Mundial sobre Barragens (2000), que fornece uma base confiável para a avaliação moderna do impacto ambiental e social dos projetos de grandes barragens, bem semelhantes a Belo Monte.

Além dessas recomendações, há dois métodos modernos e proativos de avaliação que devem ser usados. O primeiro é a Avaliação Ambiental Estratégica, que examina minuciosamente planos, normas e programas mesmo antes de um projeto específico ser identificado. O segundo método de avaliação moderna é o uso do Consentimento Prévio Informado, através do qual os que provavelmente devem ser impactados por um projeto proposto são

solicitados a consentir, uma vez que esses projetos não mais podem contar com a coerção que era tão comum na era militar. Essas pessoas que provavelmente serão impactadas por um projeto proposto têm de ser convencidas de que seus benefícios e compensação irão garantir que elas estarão de imediato em melhor situação com o projeto.

## A Gênese do trabalho ambiental no Brasil

Comecei a trabalhar em problemas ambientais no Brasil em 1969 enquanto pesquisava os ecossistemas do cerrado/savana para minha tese de doutorado na Universidade de São Paulo. Era uma época política interessante. A linha dura da Presidência Médici de 1969 a 1974 estimulou a autocracia militar/tecnocrata e o “milagre econômico”. Muitos chefes de agências eram militares, e a sociedade civil estava reprimida; as ONGs quase não existiam; o ativismo era raro e em 1964, os sindicatos de classe foram banidos. O primeiro e especialmente o segundo choque de petróleo na década de 1970 duplicaram o custo das importações de petróleo no Brasil, desestabilizaram a economia e aceleraram a construção de projetos hidrelétricos.

Não foi antes de o Patrono da Fundação Brasileira de Conservação da Natureza (FBCN), almirante José Belart, ficar profundamente preocupado com a poluição da baía de Guanabara, no Rio, que as preocupações com o meio ambiente foram ganhando respeito. A Igreja Católica ajudou muito, estimulada fortemente pelo Segundo Concílio Ecumênico do Vaticano, de Sua Santidade o Papa João XXIII, a partir de 1962. A exemplo da Reunião de Cúpula de Estocolmo de 1972 sobre Meio Ambiente, o governo federal criou sua primeira unidade ambiental dentro do Ministério do Interior, habilmente conduzida pelo Dr. Paulo Nogueira Neto. Apesar da permanente carência recursos da unidade, Dr. Nogueira Neto, com a ajuda de leais patrocinadores, conseguiu explorar o movimento de conservação, e ao mesmo tempo reanimou ações para controle da poluição.

Nos anos 80, os bispos locais ajudaram na criação de uma série de movimentos sociais, incluindo a Comissão Regional de Pessoas Atingidas por Barragens (CRAB). A força do “Movimento dos Atingidos por Barragens” (MAB) de hoje confirma até que ponto as pessoas cruelmente expulsas por projetos hidrelétricos foram penalizadas.

O primeiro projeto hidrelétrico em que trabalhei foi a barragem de São Simão de 1.710 MW da CEMIG, em 1971. Depois, comecei o trabalho ambiental para Itaipu e para Itumbiara, de FURNAS.

Pesquisei ambientalmente a área de Sobradinho, da CHESF (1973), Salto Santiago, da Eletrosul (1974), Foz do Areia, da COPEL (1975) e Tucuruí, da Eletronorte (1978) (V. Bibliografia).

Tucuruí foi uma das primeiras barragens construídas na floresta tropical do Brasil; assim, havia poucos precedentes para ajudar a orientar o projeto. Depois que projetei e ministrei o primeiro curso de graduação do Brasil em ecologia tropical aplicada no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) em Manaus em meados dos anos 70, a Eletronorte me contratou para fazer um relatório de cunho ambiental de 10 dias para lhes possibilitar iniciar uma avaliação total. Como a construção de Tucuruí tinha começado pra valer em 1976, era muito tarde para implementar medidas mais preventivas. Apesar de tudo, entreguei à Eletronorte uma análise detalhada de 168 páginas em janeiro de 1978, que foi submetido ao exame minucioso da Comissão Mundial de Barragens duas décadas após ter sido escrito<sup>1</sup>. Além de entregar meu relatório, conectei a Eletronorte com o INPA, um começo naquela época, e tentei persuadir o relutante diretor do INPA, Herbert Schubart, a fazer uma avaliação ambiental em Tucuruí mediante contrato com a Eletronorte. Até 1978, diversos anos após o início da construção, a Eletronorte ainda não tinha calculado quantas famílias seriam desalojadas pelo reservatório de Tucuruí. Minha primeira estimativa de 15.000 pessoas a serem desalojadas tornou-se extremamente conservadora uma vez que mais de 40.000 pessoas foram realmente afetadas. Compensações injustas intensificaram as tensões sociais já existentes, que continuam até hoje.

O reservatório Brokopondo, do Suriname, com 1.500 km<sup>2</sup>, enchido em 1964, era o exemplo mais próximo do que aprender. A despeito das lições aprendidas do projeto Suriname, seus problemas repetiram-se décadas depois em Tucuruí e Balbina. Outra barragem tropical que merecia estudo era a Petit Saut, na Guiana Francesa. A Electricité de France considera Petit Saut como “ambientalmente exemplar”. Ela abastece a estação de lançamentos de foguetes de Kourou. A área de floresta intacta inundada (370 km<sup>2</sup>) é importante para uma produção modesta (116 MW). Como nenhuma árvore foi retirada deste reservatório arborizado raso (um média de 15 m de profundidade), a água não é de boa qualidade e a geração de gases de estufa deve ser volumosa. Como o reservatório, que passou a gerar em 1994, estava localizado logo abaixo das minas de ouro, há acúmulo de mercúrio nos peixes.

Quando eu era um dos professores do INPA em Manaus, minha análise do impacto ambiental da Rodovia Transamazônica foi publicada em São Paulo sob o título “*A Selva Amazônica: Inferno Verde ou Deserto Vermelho?*” (1975), embora todas as partes relativas aos impactos sobre os povos indígenas tenham sido censuradas e todo o estudo tenha recebido críticas da Academia Brasileira.

Concluí a maior parte desses breves estudos ambientais como consultor “once-off”. Todo este trabalho ambiental precedeu o estabelecimento de quaisquer regras e regulamentos relativos a precauções ambientais dos hidroprojetos brasileiros. Embora as análises ambientais dos hidroprojetos tenham sido bem-sucedidas, na medida em que obtiveram financiamentos do Banco Mundial, Banco Inter-Americano de Desenvolvimento e de outras fontes, e alguns impactos tenham sido reduzidos, muitas das medidas preventivas que recomendei não foram totalmente implementadas. A ecologia aplicada e a avaliação do impacto ambiental e social raramente eram reconhecidas no Brasil, e nenhuma empresa hidrelétrica individual tinha um quadro de profissionais da área ambiental na época.

Estimulado pelos problemas do Projeto Polonoroeste e da construção da rodovia BR 364, a primeira norma que escrevi – sobre os povos indígenas

(minorias étnicas vulneráveis) – foi adotada pelo Banco Mundial em 1982 (Goodland, 1981). Essa norma foi aplicada pela primeira vez no projeto de Minério de Ferro de Carajás da CVRD e no projeto ferroviário no ano seguinte. Extraordinariamente, alguns anos depois o Banco Mundial estava financiando a metade de todas as demarcações ameríndias com a FUNAI segundo essa norma. Maritta Koch-Weser, Sandy Davis e eu, da Divisão Ambiental Latino-Americana do Banco Mundial fomos encorajados por este progresso rápido a implementar esta nova política de Direitos Humanos. Foi gratificante o CONAMA ter determinado os EIA’s em 1986, o que foi confirmado na Constituição de 1988. EIA foi determinada nos Estados Unidos em 1970, e para os projetos do Banco Mundial em 1989.

Em 1972, concluí um reconhecimento ambiental para a Comissão Mista Técnica Paraguaia-Brasileira e a International Engineering Co., de San Francisco. Poucas semanas depois, quando um local específico foi acordado, o mesmo foi denominado Itaipu. A 13.329 MW, Itaipu continua a ser a maior hidrelétrica do mundo. A um custo original estimado de 3,6 bilhões de dólares, o projeto inflou para um custo de 21 bilhões de dólares desde que começou a gerar em 1991. O custo total é de 25 bilhões de dólares. Quando o Diretor Geral Paraguaio de Itaipu,

Desmatamento Projeto Polonoroeste,  
Aguirre/Switkes/AMAZÔNIA





engenheiro Enzo Debernardi viu minha coleção de caracóis transmissores de doenças, *Biomphalaria tenagophila*, ele ficou preocupado com o fato de jamais ter ouvido falar de esquistossomose antes no Paraguai (c.f., Debernardi 1996). Em 1992, fui convidado a retornar ao projeto pela Itaipu Binacional à medida



Tucunaré,  
Glenn Switkes, IRN

que eles se preparavam para uma visita de campo pelos delegados das Nações Unidas que participavam da Rio Environmental Summit em junho de 1992. Foi gratificante aprender durante minha visita que a muitas de minhas recomendações de 1972 com relação ao controle da malária e da esquistossomose, “offsets” da biodiversidade florestal e a fundação de um museu de História Natural e Arqueologia foram implementadas. Embora as cachoeiras mais volumosas do Brasil, as Sete Quedas, tenham sido perdidas, a Ciudad Real de Guayrá, dos Jesuítas, fundada no Brasil em 1556, foi parcialmente salva. A remoção da biomassa do reservatório pré-respresamento foi bem sucedida, embora a maior parte do perímetro do reservatório tenha sido destinada para a agricultura. A passagem de peixes estava funcionando bem para a valiosa espécie de peixes migratórios Silurid Dourada (*Brachyplatystoma flavicans*) (Borghetti e outros, 1993, 1994). Contudo, o caso dos povos indígenas foi conduzido para ficar fora da então divisão ambiental substancial, habilmente chefiada por José Borghetti, e foi tratado pela divisão jurídica de Itaipu. Como foi ressaltado por Silvio Coelho dos Santos e Aneliese Näcke (2003), o caso dos povos indígenas continua o menos satisfatório dos casos ligados à hidrelétricas.

### Primeira Prioridade: Aprender com a História

Os cinco projetos hidrelétricos existentes na Amazônia oferecem uma valiosa oportunidade para aprender e comparar com outros projetos internacionais, sobretudo para garantir a prevenção de custos desnecessários.

Na ocasião do primeiro empréstimo do setor ao Banco Mundial em 1984, as duas únicas barragens na região amazônica eram a Curua-Una (42 MW;

1976) no Pará, e Coaracy Nunes (40 MW; 1975) no Amapá, aumentada para 67 MW em 1999. Eram reservatórios pequenos, com 78 e 23 km<sup>2</sup>, respectivamente, e foram projetados para fornecer eletricidade às cidades isoladas da região. Embora elas tenham criado impactos locais, não houve maiores

problemas; isto levou a um falso senso de segurança. As águas corrosivas acidificadas pela vegetação não removida destruíram a tubulação e as turbinas de aço. Durante a “Década da Crise” dos anos 80, o Brasil solicitou ao Banco Mundial um apoio financeiro maciço, que se transformou no “Power Sector Loan” de 1984. O primeiro empréstimo do setor (500 milhões de dólares) à Eletrobrás foi aprovado sob a condição de que fosse elaborado um plano mestre ambiental e social a nível setorial que atendesse as exigências do Banco Mundial, e que seria totalmente orçamentado, provido de quadro de pessoal e implementado. Era o começo do “EA Setorial” no Brasil (ver abaixo), mas ainda precisava ser totalmente internalizado.

As hidrelétricas de Tucuruí, Balbina e Samuel são valiosas experiências de aprendizado, como mostraram a Fearnside, Tundisi e outras. O Fearnside faz o diagnóstico das hidrelétricas de Balbina, Tucuruí, Cotingo e Jatapu (op. cit. & 1999, 2001). Fearnside (1989, 1990abc) também mostrou que o reservatório de Balbina era substancialmente maior que a estimativa original da Eletronorte. Samuel, o reservatório de 560 km<sup>2</sup> enchido em 1988, inundou a floresta tropical e teve um tempo de retenção de água superior a três meses. Os problemas ambientais do Brasil com as hidrelétricas são bem descritos por Müller (1996).

Em fevereiro de 1988, dois chefes Kayapós, Paulinho Paiakan e Kuben-I, viajaram a Washington com o antropólogo Darrell Posey (1947-2001) para compartilhar sua experiência da controvérsia das barragens do Xingu com o Banco Mundial e com o Congresso dos Estados Unidos. Na época eu era chefe da Divisão Ambiental e Social Latino-Americana do Banco Mundial, e estava lutando

para mostrar aos meus colegas que a usina de energia atômica Angra II (apoiando assim o Ministro do Meio Ambiente José Lutzenberger), o projeto da hidrelétrica de Balbina e as duas barragens planejadas no Xingu eram imprudentes e deviam ser excluídos do Empréstimo do Setor de Energia. A maioria dos funcionários que assistiu à apresentação dos Kayapós ficou horrorizada com os fatos apresentados.

Todos os três foram presos na volta ao Brasil em março de 1988. Os Kayapós foram obrigados a submeter-se a testes psicológicos e a não usar roupas Kayapó no tribunal, mas, ao invés disso, respeitáveis roupas do Faroeeste. A Suprema Corte de Apelações negou provimento de casos contra os três em fevereiro de 1989.

Posey continuou a ajudar o chefe Kayapó, Paiakan, a organizar o Encontro de Altamira em fevereiro de 1989. A fotografia da prima do Paiakan, Tuíra (Tu-Ira) quase fazendo a barba do engenheiro-chefe da Eletrobrás, José Antônio Muniz Lopes, em Altamira, em 21 de fevereiro de 1989 com um facão afiado, dramatizou a controvérsia em torno das barragens propostas do Xingu. Mais tarde, Muniz Lopes tornou-se presidente da Eletronorte. A oposição às barragens do Xingu unificou e fortaleceu a comunidade indígena.

O segundo empréstimo do setor de energia ao Banco Mundial de 350 milhões de dólares, programado para 1987, não foi aprovado por diversas razões. Certamente a Eletrobrás não conseguiu rebaixar as hidrelétricas inaceitáveis, nem conseguiu promover projetos hidrelétricos mais social e ambientalmente benignos, como prescrevia o projeto de seu Plano Mestre. O setor hidrelétrico teve diversos problemas graves que não foram solucionados, conforme acordado no empréstimo de 1984. Por exemplo:

- A Eletrobrás não conseguiu criar internamente uma capacidade ambiental e social efetiva, como legalmente prometera fazer no primeiro empréstimo do setor pelo Banco Mundial (1984), apesar de abrir uma unidade ambiental em 1987-8.



Kayapó enfrentam Polícia em protesto contra as hidrelétricas, *Gesellschaft für Ökologische Forschung, Pabst/Wilczek*

- A controvérsia da hidrelétrica de Balbina (ver Box) sugeriu que as capacidades ambientais da Eletronorte eram inadequadas.

- As peças centrais do Plano Mestre Eletrobrás / Eletronorte — Babaquara e Kararaô — teriam provocado os mais graves impactos de quaisquer projetos de hidrelétricas no Brasil.

- O então recém-proposto barragem Ji-Paraná teria inundado 100.000 hectares da Reserva Indígena de Lourdes e uma área de terras da união (Schwade 1990).
- A Eletrobrás não conseguiu persuadir suas subsidiárias a proteger as famílias deslocadas pelos reservatórios.
- Houve diversos protestos em 1984, um por 40 dias, antes de a Eletronorte concordar em melhorar os reassentamentos. O general João Baptista Figueiredo, Presidente do Brasil (1979-1984), também prometeu ajudar quando inaugurou Tucuruí em 1984. Embora isso tenha ocorrido através da formação de uma Comissão Interministerial (1985), diversas reassentamentos foram construídas em áreas que logo depois foram inundadas pelo reservatório. Depois de encher o reservatório, cerca de 1.500 famílias continuam sem habitação (Sonia Magalhães 1990, 1994, 1996).

Em outubro de 1987, persuadimos a Eletrosul a concordar com a comissão regional de pessoas afetadas por barragens (CRAB) a não inundar as vilas dos locais das hidrelétricas de Itá e Machadinho, no Rio Grande do Sul antes de concordar com um plano de reassentamento aceitável.

Em 1989, depois que o reservatório de Itaparica, da CHESF, desalojou mais de 7.000 famílias, os problemas sociais se tornaram tão graves que o Banco Mundial financiou o reassentamento das comunidades, embora anteriormente tivesse declinado de financiar o próprio projeto da hidrelétrica. Os reassentamentos de Itaparica foram discutidos no Painel de Inspeção do Banco Mundial em 1997, mas ainda continuam inadequados apesar dos 7 milhões de dólares investidos nos reparos pela CHESF somente em 2004.



## ELETRONORTE/ ELETRONORTE: A CONTROVÉRSIA DE BALBINA

Balbina foi projetada para fornecer energia à cidade isolada de Manaus, mas o local selecionado era inapropriado, pois os impactos provaram ser intensos. O vasto reservatório de 2.928 km<sup>2</sup> para uma modesta produção de 150 a 180 MW, fizeram sua relação “florestas perdidas a geração” uma das piores do mundo. A um custo estimado de 383 milhões de dólares, o custo do projeto agora excede 800 milhões de dólares. O reservatório continua lento, com tempo de retenção de água de aproximadamente um ano (Fearnside 1995, 1997). Além disso, a demanda por eletricidade em Manaus cresceu numa velocidade bem mais rápida do que foi previsto; assim, Balbina tornou-se apenas um modesto fornecedor de eletricidade quando a demanda superou a casa dos 600MW, levando ao racionamento e posteriormente a graves apagões. A Eletronorte colocou o coronel Willy Pereira como encarregado de minimizar os impactos ambientais e sociais, mas sem um quadro de pessoal profissional para lhe prestar assistência. Portanto, pouca ou nenhuma precaução foi integrada em Balbina. Interromper o fluxo do rio durante o período prolongado de en-

chimento provocou impactos irreversíveis, especialmente nas comunidades ribeirinhas a jusante. Antes da inundação, nenhuma floresta foi desmatada e a água corroe as máquinas de aço, que tiveram de ser substituídas a um custo adicional. Anos após o início da construção na década de 1970, quando financeiramente estimulada pelo Banco Mundial, a Eletronorte contratou a FUNAI (1987 e 1990) para tentar limitar os danos provocados às comunidades indígenas. A Associação de Minas de Estanho de Paranapanema danificou a Reserva Indígena e atirou dejetos radiativos dentro da área. Balbina inundou boa parte das terras Waimiri-Atroari. Desde então, e a um custo adicional substancial, foram tratados alguns dos impactos do projeto Balbina sobre o Waimiri-Atroari (Marewa 1987, Baines, 1988, 1991, 1993, 1994a, b, Schwade 1990b), bem como sobre os peixes, tartarugas e os peixe-boi. O projeto Balbina prejudicou a reputação da indústria hidrelétrica, e ajudou a criar oposição internacional contra os projetos de hidrelétricas (McCully 1996, Khagram 2004).

Desde então, o Banco Mundial não apoiou nenhum projeto hidrelétrico no Brasil. Em 1999, o Ministro da Energia rejeitou os 500 milhões de dólares propostos pelo Banco Mundial em apoio à transmissão, eficiência e fortalecimento da capacidade (Gall 2002). De fato, a maioria dos projetos de grandes barragens criam danos tão graves que hoje são menos promovidos como “desenvolvimento” (Usher 1997, McCully 1996, Khagram 2004, Switkes 2001, Scudder 2005). O Banco Mundial, contudo, investe no Banco Nacional de Desenvolvimento do Brasil (BNDES), que pode “onlend” para Belo Monte. Este elo entre o Banco Mundial e Belo Monte permite que o Banco Mundial intervenha em casos de orientação para ajudar a impedir que o Brasil entre em colapso outra vez. Os empréstimos através do Banco Inter-Americano de Desenvolvimento para grandes barragens exacerbou os problemas brasileiros e contribuiu para sua crise de energia e o racionamento que resultou (Switkes 2001).

Como maior devedor do mundo em desenvolvimento, o Brasil paga mais agora em serviço da dívida do que durante a crise da dívida dos anos 80. A Eletronorte intensificou sua dívida socialmente danosa. A avaliação ambiental e social de Belo Monte (Eletronorte 2001? s/d) confirma que continua externalização por Eletronorte dos custos sociais e ambientais (cf: Forline e Assis, 2004). Isto é parte do motivo pelo qual a indústria de barragens tem resistência quanto à internalização dos custos sociais e ambientais, e em todas as probabilidades, a licitação vencedora de Belo Monte receberá a oferta proposta para vender eletricidade à

grade nacional ao preço mais baixo, externalizando estes custos.

Outra experiência de aprendizado, que é essencial antes de investir em nova capacidade de geração, é acessar a rentabilidade da geração existente. Particularmente, até que ponto a energia de Tucuruí beneficiou os cidadãos de Belém, a população do Pará e a Nação como um todo? A geração de empregos devia ser um dos critérios mais influentes dos projetos de desenvolvimento, mas Tucuruí criou apenas 2.000 empregos. O Brasil pode querer reavaliar sua política industrial (Mello, 2002) com relação ao saldo entre o processamento primário para exportação (p.ex., dois milhões de toneladas de lingotes de alumínio / ano) por um lado, ou captando agregação de valor pelo processamento doméstico e aumentando a geração de empregos por outro lado. A proporção de empregos criados por unidade de energia é mais importante do que os lingotes produzidos por unidade de energia.

### Segunda Prioridade: Classificação da SEA e Custo Mínimo

A classificação de custo mínimo começa com a anuência de objetivos e necessidades. Que quantidade de energia é necessária naquelas datas e qual a seqüência de menor custo para atender aquelas necessidades? A rega prudente é cuidar das opções de custo mínimo (incluindo em especial os custos sociais e ambientais) antes das opções de custos mais altos. Esta “Análise de custo mínimo” é uma ferramenta padrão, amplamente aceita por



economistas e engenheiros, que deve ser aplicada no seqüenciamento de Belo Monte com as alternativas mais viáveis. A melhor forma significa investir nas medidas (econômicas, sociais e ambientais) de custo mais baixo, antes de investir nos projetos de custo mais alto. As diversas partes da resposta precisam ser classificadas e seqüenciadas na ordem de impactos e custos sociais e ambientais. O seqüenciamento de custos mínimos ambientais e sociais hoje é denominado **Avaliação Ambiental Estratégica (SEA)**.

A SEA seqüencia as alternativas a fim de rebaixar os planos menos viáveis e promover os melhores planos. Todas as alternativas de menor impacto devem ser esgotadas antes de absorver uma alternativa mais arriscada e de maior impacto. SEA é um critério efetivo para selecionar projetos de menor impacto e para interromper ou adiar projetos de impactos inaceitavelmente altos.

Os principais elementos da definição internacionalmente aceita da SEA (Goodland 2004b, 2005) incluem:

1. SEA é definida como **a avaliação ambiental e social de planos, programas e políticas**. SEA é um processo — proativo, *ex ante*, formal, sistemático e de rotina. É flexível e feito sob medida para a tarefa. Todas as SEAs levam a um documento — embora não seja uma formalidade “once-off”. EA é

reativa; SEA é proativa. Assim, SEA é “EA acima e antes do EA convencional a nível de projeto”.

2. SEA concentra-se em três principais classes de trabalho:

(a) Normas — legislação, e outras regras que regem as ações;

(b) Planos e estratégias, incluindo planos regionais, planos para bacias hidrográficas e planos setoriais (p. ex., códigos novos ou revisados sobre água, mineração ou hidrocarbonetos, uma nova estratégia de redução da pobreza, ou orçamentos anuais)

(c) Programas — ou conjuntos de projetos coordenados, ao invés dos próprios projetos individuais específicos, em parte porque os projetos específicos são identificados na conclusão da Avaliação Ambiental Estratégica (SEA).

3. SEA é programada desde o início, “a montante”, assim que for decidido um esboço de norma, plano ou programa, e bem antes de os projetos individuais terem sido identificados. A SEA começa assim que a obra começa em um setor.

4. SEA é projetada para identificar, prever, relatar, prevenir, compensar, intensificar ou de outra forma minimizar as implicações sociais, ambientais e de saúde da norma, plano ou programa. Em particular, a SEA é eficiente na prevenção de erros dispendiosos e danosos.



## SEA x Avaliação Ambiental

A avaliação ambiental e social (doravante denominada 'EA') enfatiza um projeto específico uma vez definido (uma rodovia específica, por exemplo). Uma das principais lutas nos últimos trinta anos foi começar o processo EA assim que o projeto foi identificado. Embora ainda existam muitas EA's *post hoc* acrescentadas no final de um projeto concluído, mesmo após a construção, para justificar as decisões já tomadas, a maioria das EAs hoje começa imediatamente depois que um projeto é identificado. Este é um caso raro, mas ainda no Brasil. Sevá (2004) mostra que aos 18 anos desde a lei de Avaliação Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), de 1986, a avaliação do meio ambiente ainda não é iniciada antes da tomada de importantes decisões.

Contudo, vemos agora que é difícil para a EA a nível de projeto recomendar uma ferrovia ao invés da rodovia proposta, por exemplo, ou recomendar uma usina a gás ao invés da usina a carvão proposta. Principalmente com a finalidade de submeter essas decisões mais importantes<sup>3</sup>, de maior ordem ou estratégicas a exame ambiental e social

minucioso, a Avaliação Ambiental Estratégica (SEA) foi criada para<sup>4</sup> avaliar as opções antes de um projeto ser identificado. Integrada, a avaliação participativa é determinada no Brasil pela Lei Federal PNRH 9433/97, e promovida pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA/SQA 2002). O Plano Decenal de Expansão dos Sistemas Elétricos, da Eletrobrás, inicialmente produzido em 1990 é um bom começo para a SEA, porque visa seqüência, ou classifica as facilidades da próxima geração e as linhas de transmissão com base na demanda do projeto, custo e impactos ambientais. Após o Plano Decenal 2000/2009 da Eletrobrás, ele foi assumido pelo Ministério das Minas e Energia. A avaliação estratégica foi projetada para a bacia hidrográfica do Tocantins/Araguaia, mas ainda não foi empreendida (ANA, Março de 2003). Em junho de 2004, a Eletrobrás (e a CEPREL) anunciaram uma "Metodologia para Avaliação Ambiental Estratégica Setorial" a ser aplicada no setor elétrico, brevemente disponível. Chegou a hora da SEA.

5. SEA é uma ferramenta de tomada de decisão projetada para promover melhores projetos, adiar projetos questionáveis e ajudar a cancelar os piores projetos em um programa. SEA seleciona entre as alternativas, e as melhores SEAs classificarão alternativas em uma ou mais ordens de qualidade (por exemplo, mais sustentável contra a menos sustentável (Veja Box "Sustentabilidade"), menos impactos sociais negativos contra a maiores impactos sociais). SEA inclui "EA Regional", bem como "EA Cumulativo".<sup>2</sup> Assim, SEA evita a necessidade de EAs a nível de projeto "Análises de Alternativas".

6. SEA é totalmente transparente e participativo, conforme determinado pela Convenção Århus das Nações Unidas, por exemplo. O consentimento prévio totalmente informado (FPIC) é a meta (ver abaixo).

7. SEA posteriormente muda de fase para EA convencional de projetos individuais. EA a nível de projeto é reativo na medida em que toma um projeto proposto e avalia as implicações ambientais. EAs que obedecem seguir a SEA serão mais rápidas e custarão menos, uma vez que somente os melhores projetos foram absorvidos, e a Análise de Alternativas será desnecessária.

8. Finalmente: SEA é estreitamente ligada ao Livre Consentimento Prévio Informado (Free Prior Informed Consent, ou FPIC: ver abaixo). Consentimento prévio significa que todos os interessados têm de tratar todas as alternativas para o projeto proposto, concordar com uma metodologia e depois

concordar com a classificação de todas as alternativas. O consentimento é ganho quando os depositários concordam com as prioridades. A exclusão transparente de uma alternativa é uma parte importante da SEA e do FPIC. A anuência com relação à classificação desejável encoraja o consentimento.

### Terceira Prioridade: Reassentamentos e Livre Consentimento Prévio Informado

*"O que deve ser combatido são as decisões autoritárias tomadas sem a participação pública".* Luiz Pinguelli Rosa, 1990, Presidente da Eletrobrás 2003-2004.

As duas maiores precauções necessárias aqui são, em primeiro lugar, para com as comunidades indígenas, e em segundo lugar o desalojamento de pessoas em geral, incluindo Reassentamento Involuntário. O reassentamento involuntário deve tornar-se consensual (através do FPIC. Ver abaixo), e melhorando os benefícios para as pessoas atingidas.

O reassentamento das pessoas desalojadas é uma valiosa oportunidade para desenvolvimento. O reassentamento tem de ser consensual; coerção não tem mais lugar no processo de desenvolvimento econômico. A Política Nacional de Recursos Hídricos do Brasil de 1997 e a Constituição de 1988 determinam que as pessoas afetadas devem ter parte nos benefícios do projeto, como o recebimento de uma fração bem pequena (por exemplo, 1%) das vendas de eletricidade perpetuamente. O proponente do projeto deve retificar qualquer dano social anterior que possa ter

criado antes da permissão para iniciar um novo projeto. Se o proponente não remediar o dano anterior, é improvável evitar a repetição do dano no futuro. As multas são para estimular as empresas a evitar tais danos e acelerar a retificação imediata.

A restituição e as compensações por danos anteriores são cada vez mais mencionados (Baron, c.1989, WCD 2000). Empresas esclarecidas anunciam seguros-desempenho ou outro tipo de seguros para garantir qualidade aceitável.

A principal ferramenta ou metodologia para estimular o consentimento é o Livre Consentimento Prévio Informado (Free Prior Informed Consent - FPIC). FPIC é um processo para melhorar o desenvolvimento.<sup>5</sup> FPIC significa que as comunidades atingidas têm de concordar com um projeto antes de executar o mesmo. Esta postura tem sido reforçada gradativamente desde a década de 1980, com a primeira aceitação internacional de que o desalojamento de pessoas não deve ser executado se as comunidades potencialmente atingidas considerar inaceitável. Todo desalojamento deve ser tão atraente a ponto de ser inteiramente voluntário. “Aceitação geral” seria a regra. Os desalojados se tornariam beneficiários do projeto.

Embora não seja perfeito, o FPIC é um grande aprimoramento do uso da força no desenvolvimento ou imposição de condições involuntárias sobre as pessoas impactadas. FPIC fornece às comunidades potencialmente impactadas informações sobre o projeto proposto e estimula seu consentimento. Começa com a provisão de detalhes sobre a natureza de uma ação proposta, e os riscos, benefícios e alternativas para a ação proposta. FPIC pode ser um processo para proteger os consumidores fornecendo informações relevantes para que eles possam fazer escolhas conscientes.

FPIC é uma ferramenta para dar aos agentes de desenvolvimento uma “licença social” para operar. O processo FPIC é um importante meio de assegurar que as comunidades potencialmente afetadas tenham todas as informações necessárias à sua disposição para negociar em igualdade de condições com os proponentes do projeto. A negociação equilibrada demanda educação dos participantes (governos, proponentes, comunidades atingidas) com relação a seus direitos e responsabilidades. Governo e proponente devem ser legislados para tentar o FPIC. A negociação entre as partes assimétricas usualmente exige advogados, facilitadores e assistência técnica.

Um projeto tende a falhar se houver oposição significativa de base ampla, e os projetos de desenvolvimento que dependem do deslocamento involuntário de massa, tais como reservatórios em terras de população densa, devem ser reprojitados. Alternativamente, o FPIC pode ser obtido garantindo-se benefícios às comunidades impactadas através de seguros, seguros-desempenho ou fundos fiduciários caucionados.

FPIC ajuda mais os pobres do que os ricos, que usualmente não são coagidos a aceitar ações potencialmente danosas, uma vez que tendem a ter mais poder e voz. Os pobres tendem a aceitar trabalhos mais arriscados e condições inseguras de trabalho, e podem fornecer o consentimento de forma mais imediata do que os ricos, estritamente devido à necessidade. Portanto, o FPIC é uma condição necessária mas insuficiente para permitir um projeto de desenvolvimento.

Ouvir as pessoas que usualmente eram prejudicadas pelo desenvolvimento é um processo relativamente novo. Nas décadas de 1950 e 1960, as pessoas na iminência de serem prejudicadas por um projeto poderiam ser informadas com antecedência, mas raramente ajudadas. Frequentemente era dito que “não se pode fazer um omelete sem quebrar os ovos”. Com a disseminação da democracia, e o Partido dos Trabalhadores de Lula na liderança do País, a opinião das pessoas tinha de ser reconhecida. FPIC foi claramente operacionalizado por Mehta e Stankovitch (2000). Bass e outros (2004) fornecem estudos de casos detalhados mostrando como o PIC foi abordado no caso de mineração. A autorização legal para o PIC é descrita por MacKay (2004).

Principais características principais do FPIC: (1) é dado livremente, (2) é totalmente informado, (3) é obtido antes da permissão para um proponente proceder com o projeto, e (4) é consensual.

1. “Dado livremente” significa que as pessoas potencialmente afetadas devem oferecer seu consentimento livremente. O consentimento deve ser totalmente voluntário. Em outras palavras, as pessoas não devem ser forçadas ou induzidas a consentir .

2. “Totalmente informadas” significa que as pessoas afetadas conhecem e entendem bem os seus próprios direitos, bem como a implicação do projeto proposto, como acontece com os proponentes, de modo que ambos os lados possam negociar com igualdade de informações. Isto significa duas categorias de informações. Primeiro o lado vulnerável



### Terminologia

**1. Consulta:** Os participantes têm as mesmas informações sobre o projeto proposto, bem como os proponentes. As opiniões dos participantes foram ativamente solicitadas e consideradas pelos proponentes. Os participantes totalmente informados tomaram parte em todo o processo de tomada de decisão.

**2. Participação:** A participação é o processo através do qual os participantes influenciam e compartilham controle sobre a colocação de prioridades, elaboração de normas, alocação de recursos e acesso aos bens e serviços públicos. A participação não poderá ser significativa se não incluir a possibilidade de rejeitar a proposta, em outras palavras, dizer “não”.

**3. Consentimento:** Este termo abrange a participação significativa. Consentimento significa que as comunidades participantes totalmente informadas aceitam o projeto proposto, inclusive os impactos previstos, com a condição de que, conforme antecipadamente acordado de forma ampla, os impactos sejam minimizados, as pessoas afetadas sejam incluídas no fluxo de benefício e outras formas de compensação sejam garantidas.

e mais fraco dos dois lados deve entender quais são os seus direitos, usualmente seus direitos territoriais históricos – seus direitos às terras onde vivem há diversas gerações, e seus direitos de acesso aos recursos naturais dos quais elas dependem, como pesca nos rios próximos. Os indígenas têm o direito de determinar o curso e o ritmo de seu próprio desenvolvimento, direito de autodeterminação. As ações facilitadoras do processo do FPIC usualmente são promovidas de forma mais satisfatória por agentes neutros (Colchester e outros, 2003).

A segunda categoria de informação diz respeito à natureza do projeto que está sendo contemplado pelo proponente. As pessoas afetadas devem entender os danos e riscos potenciais que podem lhes acarretar se aceitarem o projeto. Cenas de “piores casos” e possíveis desastres precisam ser entendidas. Por exemplo, na experiência de muitos povos indígenas, pode estar além de sua imaginação que um rio possa morrer, evaporar. Contudo, a indústria pode facilmente matar um rio. Não é fácil para muitos indígenas imaginarem a possível morte de um rio, a esterilização de uma área do oceano ou a remoção irreversível de uma região de floresta. Até os danos de um incêndio florestal raro e devastador, dentro da memória viva ou na história verbal, não são irreversíveis. O renascimento restaura muitas necessidades de recursos após alguns cinco ou dez anos. Mostrar um desenho animado ou um vídeo de um projeto ou acidente similar em qualquer parte não pode ser presumido como suficiente para levar as pessoas afetadas a passar

imediatamente para o critério de compreensão de “totalmente informado”.

Não é possível obter o FPIC se as pessoas envolvidas jamais tiverem visto um exemplo do projeto proposto. Não é bom pedir opinião das pessoas sobre uma mina de ouro se eles não sabem o que é uma mina de ouro. Igualmente, mesmo se as pessoas tiverem visto uma rodovia no país, não é legítimo pedir que elas imaginem uma estrada algumas ordens de grandeza maior que a estrada que elas conhecem, e fazer perguntas sobre aquela rodovia imaginada. Formular perguntas sobre um projeto de infra-estrutura que eles nunca viram significa pedir que eles exercitem sua imaginação. Se uma pessoa é questionada sobre a aceitabilidade de um reservatório – “como o reservatório da fazenda que você conhece bem, só que milhares de vezes maior” – a imaginação não dará uma base adequada para uma resposta válida.

No caso de Ontário, Canadá, o governo achou impossível obter o consentimento totalmente informado sobre sua proposta para localizar novas usinas de energia nuclear. O governo, portanto, financiou uma experiência de aprendizado que permitiria que as pessoas potencialmente afetadas pudessem entender as perguntas que no futuro lhes seriam formuladas. Este “Financiamento do Interventor” agora é lugar-comum. O financiamento do interventor aumenta a capacidade das comunidades afetadas de projetar estudos, formular as perguntas certas e assimilar os resultados — tudo antes de decidir sobre o FPIC.

No caso das barragens, as pessoas vão até a próxima barragem similar de modo que possam entender com é um reservatório e possam passar alguns dias conversando detalhadamente com pessoas que anteriormente foram impactadas por uma barragem relativamente antiga. Explicar com que um projeto será parecido não é fácil. Embora os modelos de escala, vídeos, mapas, diagramas, fotos etc., possam ajudar, provavelmente não são suficientes. As pessoas afetadas, ou seus representantes, precisam visitar projetos similares e conversar com pessoas que originalmente passaram por impactos similares. “Totalmente informado” é o significado de igualdade de negociação. Muitas empresas exigem a formação de relacionamentos recíprocos antes de iniciar legitimamente as negociações. A falta de compreensão de todas as informações significa que a falta de informação das pessoas está sendo explorada pelo proponente.

3. “Prévio” significa que o consentimento deve ser obtido antes da permissão ser concedida para que

proponente dê continuidade ao projeto proposto que afetará as comunidades. Isto quer dizer, bem antes de uma agência de financiamento considerar o pedido de financiamento do projeto. O consentimento é melhor obtido como parte do processo EA/SA. Os impactos são previstos em conjunto e sua minimização também é projetada em conjunto. Como Sevá conclui em seu estudo de EPIA (2003), o consentimento deve ser obtido antes de o projeto poder ser feito em detalhes.

4. “Consentimento” significa a anuência voluntária harmoniosa com as medidas projetadas para tornar o projeto proposto aceitável para as comunidades potencialmente afetadas. O FPIC não demanda consenso absoluto; basta uma maioria significativa. Uma maioria de 51% é suficiente em eleições democráticas, o que pode ser usado como guia para a definição de “maioria significativa”. Há diversos mecanismos para obter o FPIC, embora eles possam ser chamados por diferentes termos. Plebiscitos (votos diretos por assunto individual), consultas populares (voto sobre uma proposta ou endosso posterior de um acordo obtido por líderes ou por um corpo legislativo) por exemplo, são usados quando necessário. Se houver oposição substancial ao projeto proposto, o FPIC torna-se menos possível de obter. Embora não existam regras difíceis e rápidas sobre um acordo de fracionamento, o ponto é usualmente menos importante do que parece. A maioria das empresas relevantes discute problemas importantes em conjunto, como uma comunidade, com líderes e

representantes, e às vezes por sucessivos dias juntos, até obter um consenso.

O ponto essencial do PIC é que as comunidades afetadas devem entender que serão beneficiadas do projeto proposto, e que esses benefícios específicos excederam em muito qualquer simulação de “pior-caso” sobre impactos não previstos. As comunidades afetadas devem estar convencidas de que existem mecanismos efetivos para garantir seus benefícios, a compensação será justa e a reabilitação garantirá que as comunidades estarão claramente melhores com o projeto. Além disso, as pessoas afetadas devem entender que elas estarão totalmente envolvidas na monitoração legalmente executável a fim de garantir o cumprimento do que quer que elas estejam consentindo.

O FPIC essencialmente é transmitido na negociação, que só pode funcionar quando as duas partes em negociação possuem as mesmas informações e não têm um desequilíbrio de forças. A negociação pode ser muito difícil para o parceiro mais fraco, em parte porque a “arena” muda a cada ano, o preço do produto exigido pelo proponente pode flutuar e as regras e leis que regem o desenvolvimento e os direitos humanos mudam com o passar dos anos.

As pessoas potencialmente atingidas se organizam para compreender seus direitos e os riscos potenciais da proposta, e têm de ser capazes de negociar um acordo de “Impactos e Benefícios”. Em outras palavras, as comunidades afetadas precisam

### Que é sustentabilidade?

De acordo com: Goodland & Daly, 2004

1. Renováveis: Sustentabilidade de recursos renováveis significa a manutenção do capital natural, ou fontes não esgotáveis e capacidades das bacias. A meta da escala sustentável da economia humana em relação a seu ecossistema circunvizinho, exigirá um limite social ou coletivo sobre a produção total (fluxo de matérias-primas e energia das fontes do ecossistema - minas, poços, florestas, terras férteis, áreas de pesca), através das economia, e de volta às bacias do ecossistema [depressões, atmosfera, mar] para manter-se dentro das capacidades de absorção e regeneração das fontes e bacias do meio ambiente.
2. Não renováveis: A quase sustentabilidade serafiana dos recursos não renováveis implica o esgotamento dos mesmos numa proporção igual ao desenvolvimento dos substitutos sustentáveis (El Serafy 2002).
3. Sustentabilidade Fraca x Forte: Manter intacta a soma do capital natural e artificial é sustentabilidade fraca, dentro da suposição de que são amplamente substitutos. Manter o capital natural intacto, sustentabilidade forte, supõe que o

capital natural e o capital artificial, isto é, criado pelo homem, são amplamente complementos, e aquele capital natural está se tornando cada vez mais o fator limitador.

4. Controle da Produção: A produção ou rendimento não pode ser controlada sem que as restrições sejam colocadas nos produtos (p. ex., poluição, emissões de GHG), bem como sobre os insumos (p.ex., combustível fóssil). Frequentemente, é possível uma maior eficiência no uso de matérias-primas (por um fator de 4 ou mesmo 10). Como existem poucas minas de carvão, poços de petróleo e reservas hídricas na floresta em relação aos números de tubos de aspiração, geradores de eletricidade e chaminés, seria eficiente para controlar o esgotamento de combustível fóssil (p.ex., imposto de indústria extrativa na boca da mina ou cabeça do poço, ao invés de controlar milhões de usuários. A grande vantagem é que se o influxo de matérias-primas do meio ambiente para a economia for limitado, os produtos, poluição e GHG serão automaticamente limitados. Se as fontes ambientais forem controladas (p.ex., reservatórios “sujos”), as bacias ambientais serão conservadas.

estar aptas a equilibrar os riscos e custos potenciais de um lado, com o que está sendo oferecido pelo proponente ou exigido pela comunidade do outro lado. Os sindicatos trabalhistas às vezes tem um papel na delegação de poderes aos pobres para melhorar a relação benefício/impacto.

Há poucos precedentes para a “melhor prática” para fundamentar as negociações. Algumas comunidades locais impactadas não recebem *royalties*. Uma comunidade poderia receber 20% de *royalties*, mas isto poderia depois ser deduzido do que o governo central previamente alocou para aquela comunidade, fazendo o benefício cair para zero. Algumas comunidades impactadas tentam 100% de *royalties* para recursos extraídos de suas terras. No caso do oleoduto de Chad-Cameroon, 5% de *royalties* foram alocados para a região produtora de petróleo. Se os termos escritos e detalhados do processo de negociação forem amplamente aceitáveis para as pessoas potencialmente afetadas, o FPIC foi atingido. O consentimento é ganho quando há aceitação pública demonstrável do contrato negociado de forma transparente.

Se as comunidades bem informadas e potencialmente afetadas rejeitarem um projeto proposto, mas o projeto continuar acima de suas objeções, a democracia e as liberdades terão sido questionadas. O uso do despejo e do desalojamento forçado devido à falta de consentimento implica autocracia, e não democracia. Isto não pode ser interpretado como uma licença social para operar. O FPIC equilibra o interesse nacional com os direitos comunitários. Claramente, não deve ser do interesse nacional se uma mina extraordinariamente lucrativa, por exemplo, for mantida como refém por uma família ausente com uma casa sobre o filão. O FPIC não delega poder de veto a uma família individual. Mas o FPIC protege os pobres de modo que eles não venham a sofrer muito com os impactos do desenvolvimento.

## Conclusões

- As estatísticas sugerem que a era dos grandes hidroprojetos “de cima para baixo” e planejados centralmente pode ter chegado ao fim.
- A economia tipo “trickle down” ou fluxo descendente está perdendo rapidamente credibilidade

e está sendo substituída por investimentos diretos no setor social: educação, saúde, nutrição, geração de empregos e desenvolvimento conduzido pela comunidade.

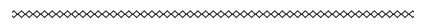
- A transição do paternalismo, autocracia e elitismo para democracia e política com origem no povo reduz o risco de corrupção, injustiça social e má administração da economia bruta.
- A coerção ou uso da força contra pessoas relutantes, como na reassentamento involuntário, invalida a teoria econômica e torna-se inaceitável no desenvolvimento econômico.
- A tendência de internalizar os custos externos (p.ex., impactos sobre as pessoas, especialmente o vulnerável e sobre o meio ambiente) é intensificado à medida que a democracia é restaurada.
- A internalização eleva os custos dos projetos com graves impactos (como brandes barragens), e reduz os custos dos projetos de baixo impacto, como energia renovável (conservação, eficiência, eólica, solar, biomassa), às vezes com gás natural como um combustível de ligação para uso mais completo dos renováveis.
- A avaliação ambiental estratégica garante que os projetos com impactos aceitáveis são acelerados, enquanto os projetos com impactos não aceitáveis são cancelados.
- O Prévio Consentimento Informado, conforme estimulado pelas Nações Unidas, CMB e EIR, deve ser tentado por quaisquer grandes projetos em todos os setores em nossos dias.
- O atendimento às recomendações da Comissão Mundial de Barragens melhora bastante a aceitabilidade dos projetos propostos.

## Agradecimentos

Calorosos agradecimentos pela iniciativa exemplar de Marcus Colchester, Roberto Cavalcanti de Albuquerque, Ted Scudder, Salah El Serafy, Patrick McCully, Glenn Switkes e Oswaldo Sevá. Cordiais agradecimentos a meus ex-parceiros do Banco Mundial nesta saga: Maritta Koch-Weser, Herman Daly, Sandy Davis, Mike Cernea e Marc Dourojeanni.



## Referências citadas e fontes adicionais de informação



- Acsegrad, H. 1991. Planejamento autoritário e desordem socioambiental na Amazônia: crônica do deslocamento de populações em Tucuruí. Rio de Janeiro, Revista de Administração Pública 25 (out./dez.).
- Almeida Junior, J.M.G de. 1986. Carajás: Desafio político, ecologia e desenvolvimento. São Paulo, Brasiliense [&] Brasília DF., CNPq.
- Araújo, A.V., Pankararú, P. & Schwartzman, S. 1996. Brazil: The legal battle over indigenous land rights. The NACLA Report on the Americas 29 (5): 36-41.
- Arbage Lôbo, M. A. 1996. Estado e capital transnacional na Amazônia: O caso de Albras-Alunorte. Belém do Pará, UFPA/NAEA/PLADES 171 p.
- Arnt, R. & Schwartzman, S. 1992. Um artifício organico: Transição na Amazônia e a ambientalismo 1985-1990. Rio de Janeiro, Editora Rocco 366 p.
- Assis, C. J. de, 1984. O escândalo do CAPEMI (79-99) em Os Mandarinos da República: Anatomia dos escândalos da administração pública. Rio de Janeiro, Paz e Terra
- Azevedo, E. com Barbosa, N. P. e Ismério, M. G. 2004. [A História do Meio Ambiente do Eletrobrás]. Coord. L. Cabral. Rio de Janeiro, Editora Memoria da Eletricidade, c.300 p (no prelo).
- Baines, S. G. 1988. "É a FUNAI que sabe": a frente de atração Waimiri-Atroari. Brasília DF, Universidade de Brasília, tese de Doutorado, Depto. de Antropologia.
- Baines, S. G. 1991. Dispatch: The Waimiri-Atroari and the Paranapanema Company. London, Critique of Anthropology 11(2): 143-153.
- Baines, S. G. 1993. Government indigenist policy and the Waimiri-Atroari Indians: Indigenist administrations, tin mining, and the construction of directed Indian "Self-Determination" in Brazilian Amazonia. Universidade de Brasília, Depto de Antropologia: 21 p.
- Baines, S. G. 1994<sup>a</sup>. A usina hidrelétrica de Balbina e o deslocamento compulsório dos Waimiri-Atroari. Brasília DF., Série Antropológico 166: 15 p.
- Baines, S. G. 1994b. Epidemics, the Waimiri-Atroari Indians and the politics of demography. Brasília DF., Série Antropológico 162.
- Baron, S. c.1989. Reparations and indemnification for losses suffered by dam-affected people. World Commission on Dams, submitted paper.
- Barreto, C. Souza Jr et al. 2001. Amazônia Sustentável: limitantes e oportunidades para o desenvolvimento rural. Belem do Pará, AMAZON, 71 p.
- Bass, S., Parikh, P.S., Czebiniak R. & Filbey, M. 2004. Prior informed consent and mining: Promoting the sustainable development of local communities. Washington DC., Environmental Law Institute 42 p.
- Bermann C. 2002. Energia no Brasil: para que? Para quem? São Paulo, Editora FASE/Livraria da Fisica.
- Borghetti, J.R., Nogueira, V.S.G., Borghetti, N.R.B. & Canzi, C. 1994. The fish ladder at the Itaipu Binational hydroelectric complex an the Paraná river, Brazil. *Regulated Rivers*, 9:127-130.
- Borghetti, J.R., Perez Chena, D. & Nogueira, V.S.G. 1993. Installation of a fish migration channel for spawning at Itaipu. *Water Power & Dam Construction* 45(5):24-25.
- Branford, S.M., Kucinski, B. & Wainwright, H. 2004. Politics transformed: Lula and the Workers' Party in Brazil. London, New Press 240 p.
- Carli, C.A. de 1985. O escândalo-rei: o SNI e a trama CAPEMI. São Paulo, Baumgarten Global.
- Cavalcanti, J. C. 1981. As perspectivas do setor de energia elétrica do Brasil. (Petrópolis Rotary 28 de março). Rio de Janeiro, Eletrobras 70 p.
- CEPEL, 1999. A incorporação da dimensão ambiental no planejamento da expansão do setor elétrico Brasileiro.
- Cernea, M. 2003. For a new economics of resettlement: A sociological critique of the compensation principle. em Cernea, M. & Kanbur, R. (eds.) An exchange on the compensation principle in resettlement. Ithaca NY, Cornell University Working paper 33: 27p.
- Coelho dos Santos, S. e Nücke, A. (eds.) 2003. Hidrelétricas e povos indígenas. Florianópolis, Letras Contemporâneas Oficina Editorial...
- Coelho dos Santos, S. & Aspelin, P. 1981. Indian areas threatened by hydroelectric plants in Brazil. Copenhagen, IWGIA
- Colchester, M. (ed.) 1985. An end to laughter: Tribal peoples and economic development. London, Survival International.
- Colchester, M. 2000. Self-determination or environmental determinism for Indigenous Peoples and tropical forest conservation. *Conservation Biology* 14(5): 365-367.
- Colchester, M. & Chatty, D. (ed.) 2002. Conservation and mobile indigenous peoples: Displacement, forced settlement and sustainable development. New York, Berghahn Books 392 p.
- Colchester, M., Tamayo, A. L., Rovillos, R. & Caruso, E. (eds.) 2003. Extracting promises: Indigenous Peoples, extractive industries and the World Bank. Baguio City, Tebtebba Foundation [Forest Peoples Program UK]: 342 p.
- Conselho Indigenista Missionario (CIMI), 2003.
- COPPE/UFRJ, 2000. Estudos de caso da Comissão Mundial de Barragens, usina hidrelétrica de Tucuruí (Brasil). Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ.
- Correa Costa, R. c.1999 (nd). Hidrelétricas de grande escala em ecossistemas Amazônicos: A volta grande do Xingu. São Paulo, USP. Depto de Geografia (Doutorado): 16 p.
- Costa, A. L. B. Martins, 1990. Hidrelétricas, ecologia e progresso: contribuições para um debate. Rio de Janeiro, Centro Ecumênico de Documentação e Informação 68 p.
- Cota, R. G. 1984. Carajas: a invasão desarmada. Petrópolis, Editora Vozes.
- Cowell, A. 1990. The decade of destruction: The crusade to save the Amazon rain forest. London, Hodder & Stoughton 215 p.
- Cummings, B. J. 1990. Dam the rivers, damn the people; Development and



- resistance in Amazonian Brazil. London, Earthscan 132 p.
- Cunha, M. Carneiro da, & Almeida, M. W. B. de. 2000. Indigenous Peoples, traditional people and conservation in the Amazon. *Daedalus* 129(2): 315- .
- Dallari, D. de Abreu, Cunha M C. da., & Vidal, L. B. (eds.) 1981. A questão da terra indígena. São Paulo, Global Editora 184 p.
- Debernardi, E. 1996. Apuntes para la historia política de Itaipú. Asunción, Editorial Grafica Continua SA, 613 p.
- Eletrobras, 1979. Potencial hidrelétrico da região Amazônica: Utilização e transporte para outras regiões. Rio de Janeiro, Eletrobras, Apoio ao Planejamento 7: 69 p.
- Eletrobras, 1986<sup>a</sup>. *Manual de estudos de efeitos ambientais dos sistemas elétricos*. Rio de Janeiro, Eletrobras (June).
- Eletrobras, 1986b. I Plano Diretor para proteção e melhoria do meio ambiente nas obras e serviços do setor elétrico. Rio de Janeiro, Eletrobras (Novembro).
- Eletrobras, 1990. II Plano diretor de meio ambiente 1991/1993 – II PDMA. Rio de Janeiro, Eletrobras 2 vols.
- Eletrobras, 1987. Plano nacional de energia elétrica 1987/2010 – Plano 2010. Rio de Janeiro, Eletrobras/MME (May): 269 p.
- Eletrobras/Eletronorte, 2001(?) (s/d) Complexo hidrelétrico Belo Monte: estudo de impacto ambiental. Rio de Janeiro, Eletrobras 5 vols.
- Eletronorte, 1985. Informações sobre problemas sociais na área de Tucuruí. *em* Comissão Interministerial: Relatório e Dossiê, Brasília DF, Congresso Nacional.
- Eletronorte, 1988. Amazônia: Cenários socio-econômicos e demanda de energia elétrica: 1988-2010, versão técnica. Recife PE., Eletronorte, Dept. Estudos de Mercados 321 p.
- El Serafy, S. 2002. La contabilidad verde y la sostenibilidad (pp.15-30) *em* Madrid, Min. de Economía, Revista de Economía Nº.800: (Junio-Julio).
- Fearnside, P. M. 1989. Brazil's Balbina dam: environment versus the legacy of the pharaohs in Amazonia. *Environmental Management* 13: 401-423.
- Fearnside, P. M. 1990<sup>a</sup>. Balbina: lições trágicas na Amazônia. *Ciência Hoje* 11(64): 34-42.
- Fearnside, P. M. 1990b. A hidrelétrica de Balbina: o faraonismo irreversível versus o meio ambiente na Amazônia. São Paulo, Instituto de Antropologia e Meio Ambiente 69 p.
- Fearnside, P. M. 1990c. Environmental destruction in the Brazilian Amazon (179-225) *em* Goodman, D. e Hall, A. (eds.). The future of Amazonia: destruction or sustainable development? New York, Macmillan.
- Fearnside, P. M. 1999. Social impacts of Brazil's Tucuruí dam. *Environmental Management* 24: 483-495.
- Fearnside, P. M. e Barbosa, R. I. 1996a. Political benefits as barriers to assessment of environmental costs in Brazil's Amazonian development planning: the example of the Jatapú dam in Roraima. *Environmental Management* 20:615-630.
- Fearnside, P. M. e Barbosa, R. I. 1996b. The Cotingo dam as a test of Brazil's system for evaluating proposed developments in Amazonia. *Environmental Management* 20: 631-648.
- Fearnside, P. M. 1995. Hydroelectric dams in the Brazilian Amazon as sources of 'greenhouse' gases. *Environmental Conservation* 22(1): 7-19.
- 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* 22(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. 2001. O cultivo da soja como ameaça para o meio ambiente na Amazônia Brasileira *em* Forline, L. & Murrieta, R. (eds.) Amazônia: 500 anos: V centenário e o novo milênio. Belém, Museu Paraense Emílio Goeldi.
- Ferraz, I. 1991. Carajas: Dez anos depois: vitrine de ambientalismo (87-91) em Povos Indígenas. São Paulo, CEDI.
- Ferraz, I. 1985. [Reserva Indígena] Mãe Maria: em estado de guerra: Proteção do território e da vida tribal. Report to CVRD.
- Ferreira, L. V. 1999. Identificação de áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade através da representatividade das unidades de conservação e tipos de vegetação nas ecorregiões da Amazônia Brasileira. Macapá, Seminário de Consulta (21 a 25 de setembro): 65 p.
- Fisher, J. 2003. International governance and civil society: It is inconceivable that any Northern donor or international NGO could begin to match the diversity of experience and knowledge already extant within the Third World. *Journal of International Affairs* 57(1): 1-19.
- Flavio Pinto, L. 1982. Carajás: O ataque ao coração da Amazônia. Rio de Janeiro, Marco Zero.
- Flavio Pinto, L. 2001. Amazon basin dam would be the world's largest 'run-of-river' scheme. *World Rivers Review* (April).
- Flavio Pinto, L. c.2002. Amazônia: A fronteira do caos. Belem do Pará, Falangola Editores 159 p.
- Foresta, R. 1991. Amazon conservation in the age of development: The limits of providence. Gainesville FL., Univ. of Florida Press 368 p.
- Forline, L. & Assis, E. 2004. Dams and social movements in Brazil: Quiet victories on the Xingu. *Practicing Anthropology* 26(3): 21-25.
- Gaffin, S. R. c.2000. Comparing CH<sub>4</sub> emissions from hydropower and CO<sub>2</sub> from fossil fuel plants. Working paper for the World Commission on Dams 20 p.
- Gall, N. 2002. Brazil's difficulties in making decisions: Blackout in energy policy. São Paulo, F. Braudel Institute, research paper 31: 21 p.
- Garfield, S, 2001. Indigenous struggle at the heart of Brazil: state policy, frontier expansion, and the Xavante Indians, 1937-1988. Durham NC., Duke University Press 316 p.
- Germani, G. 1982. Os expropriados de Itaipu: o conflito: Itaipu x colonos. Porto Alegre, Univ. Fed. do RGS, Fac. Arquitetura 109 p.
- Gomes, M. P. 2000. The Indians of Brazil. Gainesville, FL., University of Florida Press 306 p.
- Goodland, R. 1978. Environmental assessment of the Tucuruí hydroproject, Rio Tocantins, Amazônia. Brasília DF., Eletronorte: XXXIV + 250p.
- Goodland, R. 1981. Economic development and Tribal Peoples: Human ecologic considerations. Washington, D.C., The World Bank: 103 p.
- Goodland, R. 1986. Hydro and the environment: evaluating the tradeoffs. *Water Power and Dam Construction* (Nov.): 25-31.
- Goodland, R. 1990a. The World Bank's new environmental policy on dam and reservoir projects. *International Environmental Affairs* 2(2): 109-129.
- Goodland, R. 1990b. Environmental precautions for dams and reservoirs: the World Bank's policy. *Water Resources Development* 6(4): 226-239.
- Goodland, R. 1991. As políticas ambientais sobre grande barragens (202-232) *em* DiGenio, J.C. e Marina Mesquita (eds.) "Amazônia". São Paulo, Universidade Paulista (UNIP): 422 p.
- Goodland, R. Juras, A. & Pachauri, R. 1993. Can hydro-reservoirs in tropical moist forest be made environmentally acceptable? *Environmental Conservation* 20(2): 122-130.
- Goodland, R., Juras, A. & Pachauri, R. 1994. Can hydro-reservoirs in tropical moist forest be made environmentally acceptable? *Energy Policy* (June): 507-515.

- Goodland, R. 1996a. Distinguishing better hydros from worse. *International Water Power and Dam Construction* (Sept.): 34-36.
- Goodland, R. 1996b. Environmental sustainability: a challenge to the hydro industry. Nanjing PRC, Proceedings of the International Conference on Environmental Protection of Electric Power (ICEPEP): 11-15 Oct: 46 p.
- Goodland, R. & Negishi, S. 1996. Greening hydro: The environmental sustainability challenge for the hydro industry (98-111) *em* Financing Hydro-power Projects. London, International Water Power and Dam Construction 148 p.
- Goodland, R. 1997a. The Big Dams Debate: The environmental sustainability challenge for dam engineers. ["The Freeman Lecture"]. *Civil Engineering Practice, Journal of the Boston Society of Civil Engineers ASCE*: 12(1): 11-32.
- Goodland, R. 1997b. Environmental sustainability in the hydro industry: Disaggregating the debate (69-102) *em* Dorsey, T (ed.). Large Dams: Learning from the past; looking at the future. Gland, Switzerland, IUCN [&] Washington DC., The World Bank: 145 p.
- Goodland, R. 1999. What factors dictate the future role of hydro in the power sector mix? *Environmental sustainability in hydroprojects* (Ch. 3: 30 p). *em* Sverre Husebye (ed.) Hydro-power Technologies and Programmes. Escorial, Madrid, Spain 15-17 March workshop. Paris, International Energy Agency v.p., 9 chapters.
- Goodland, R. 2000. Is there a future for big dams? Maybe, but only if environmentally sustainable. (Ch. 22: 187-208) *em* Smits, A.J.M., Nienhuis, P.H. and Leuven, R.S.E.W. (eds.) 2000. New approaches to river management. Leiden, Backhuys Scientific, 355 p.
- Goodland, R. 2001. The future for big dams (3.22: pp. 1423-1434) *em* Tolba M. (ed.) Our Fragile World: Challenges and Opportunities for Sustainable Development. London, EOLSS Publishers, 2 vols.
- Goodland, R. 2003. The independent Extractive Industries Review of the World Bank: Sourcebook of social and environmental priorities. Washington DC., Extractive Industry Review [for the] World Bank 186 p.
- Goodland, R. & El Serafy, S. 1998. The urgent need to internalize CO<sub>2</sub> emission costs. *Ecological Economics* 27: 7-19.
- Goodland, R. & Daly, H. 2004a. The definition of environmental sustainability. Vienna, *Journal of Sustainable Development* (in press).
- Goodland, R. 2004b. Prior Informed Consent: The Institutionalized use of force is no longer acceptable in economic development. *Sustainable Development Law and Policy IV* (2): 66-74..
- Goodland, R. 2005. Strategic environmental assessment and the World Bank. *Int. Journal of Sustainable Development* (in press) .
- Graham, L. 1987. Constitutional lobbying in Brazil: Indians seek expanded role. *Cultural Survival Quarterly* 11(2): 61-62.
- Greenpeace, 2003. Pará: Estado do conflito: Uma investigação sobre grileiros, madeiros e fronteiras sem lei do Estado do Pará, na Amazônia (3 Nov.): 49 p.
- Hebette, J. 1996. A reconstrução do espaço perdido no entorno da barragem de Tucuruí. *em* Magalhães, S., Britto, R. C. & Castro, E. (Org.). *Energia na Amazônia*. Belém: MPEG/UFPA/UNAMAZ: 2 vols.
- Hemming, J. 2003. Die if you must: Brazilian Indians in the Twentieth Century. London, Macmillan 864 p.
- IBAMA/INPA/CI. 1991. Workshop 90: Biological priorities for conservation in Amazonia. Map and legend prepared from the January 1990 conference in Manaus sponsored by IBAMA, INPA, Conservation International, the New York Botanical Garden, the Smithsonian Institution, and the Royal Botanic Gardens. Washington DC., Conservation International
- IBAMA/GTZ. Orientações para a criação de novas unidades de conservação. Projeto 'Unidades de Conservação'. (documento interno, não publicado)
- IHA, c.2003. Greenhouse gas emissions from reservoirs. International Hydro-power Association.
- IUCN & World Bank, 1997. Large dams: Learning from the past, looking at the future. Dorsey, T. (ed.) Gland, IUCN & Washington DC., The World Bank 145 p.
- Khagram, S. 2000. Toward democratic governance for sustainable development: Transnational civil society organizing around big dams (83-114). *em* Florini, A.M., (ed.) The Third Force: The rise of transnational civil society. Japan Center for International Exchange and Washington, DC, Carnegie Endowment for International Peace.
- Khagram, S. 2004. Dams and development: Transnational struggles for water and power. Ithaca NY, Cornell Univ. Press 288 p.
- Kotscho, R. 1981. O massacre de posseiros: conflito de terras do Araguaia-Tocantins. São Paulo, Editora Brasiliense 113 p.
- Lima, A.C. de S. 1995. Um grande cerco de paz: poder tutelar, indianidade e formação do estado no Brasil. Petrópolis, Editora Vozes
- Little, P.E. 2001. Territorial struggle on a perennial frontier. Washington, D.C., Johns Hopkins Univ. Press 200 p.
- Lutzenberger, J.A. 1976. Fim do futuro: Manifesto Ecologico Brasileiro. Editora Movimento, 98 p.
- MacKay, F. 2004. Indigenous peoples right to free, prior and informed consent and the World Bank's Extractive Industry Review. *Sustainable Development Law and Policy IV* (2): 43-65.
- Magalhães, A. C. 1990. The Parakanã Indians (181-185) *em* Santos, L.A. de O. & Andrade, L.M.M. de, (eds.) 1990. Hydroelectric dams on Brazil's Xingu river and Indigenous Peoples. São Paulo, Pro-Indian Commission 192 p.
- Magalhães, S. B. 1994. As grandes hidrelétricas e as populações camponesas. *em* Silveira, I. M. (org.) *Amazônia e a crise da modernização*. Belém do Pará, MPEG
- Magalhães, S. B. 1996. O desencantamento da beira: reflexões sobre a transferência compulsória provocada pela Usina Hidrelétrica de Tucuruí. *em* Magalhães S., Britto, R. C. & Castro, E. (Org.). *Energia na Amazônia*. Belém do Pará, MPEG/UFPA/UNAMAZ, 2 vols.
- Maia, A. S. 1988. Os recursos humanos e o trato da questão indígena nas empresas do setor elétrico. Rio de Janeiro, CEADE/Fundação Getulio Vargas 2/88.
- MAREWA (Movimento de Apoio à Resistência Waimiri-Atroari) 1987. Balbina: Catástrofe e destruição na Amazônia. Manaus, MAREWA, 28 p.
- Marin, R. A., Hoyos, J. L. P. E. e Bardalez, J. I. (orgs.). 1993. Hidrelétricas; conhecimento e dimensão ambiental. Belém do Pará, UFPA/NUMA/NAEA: 174 p.
- Martins, J. de S. 1991. Expropriação e violência: a questão política no campo. São Paulo: Hucitec.
- McCully, P. 1996. Silenced rivers: The ecology and politics of large dams. London, Zed Books 350 p.
- McDonald, M. D. 1993. Dams, displacement and development: A resistance movement in Southern Brazil. *em* Friedmann, J. & Rangan, H. (eds.) In defense of livelihood: Comparative studies on environmental action. West Hartford CT., Kumarian Press 219 p.
- Mehta, L. & Stankovitch, M. 2000. Operationalisation of free prior informed consent. Institute of Development Studies (UK) [and] World Commission on Dams, Contributing Paper: 29 p.
- Mello, H. 2002. Política industrial. Rio de Janeiro, Escola Superior de Guerra LS607'02/DACT/ec: 84p.
- Milder, R. O. 1987. Desenvolvimento de Altamira e sua região após a construção da Transamazônica

- (1970-1984). Nijmegen, Universidade Católica de Nijmegen.
- Miranda, M. 1992. Colonização oficial na Amazônia: o caso de Altamira. *em* Becker, B. K. et al. (eds.) *Fronteira Amazônica: questões sobre gestão do território*. Brasília DF., UNB / Rio de Janeiro, UFRJ: 219 p.
- Monosowski, E. 1991. L'Evaluation et la gestion des impacts sur l'environnement de grands projets de developpement: le barrage de Tucuruí en Amazonie, Brésil. Paris, Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales, Têse de doctorat, 283+p.
- Monteiro Neto, A. 2001. Impactos do crescimento econômico no desmatamento da Amazônia. *em* Causas e dinâmica do desmatamento na Amazônia. Brasília, Ministério do Meio Ambiente, MMA, 436 p.
- Movimento Pelo Desenvolvimento da Transamazônica e Xingu (MPDXTX). Manifesto da Transamazônica e Xingu (1). Altamira: março de 2001.
- Müller, A.C. 1996. Hidrelétricas, meio ambiente e desenvolvimento São Paulo, Makron Books do Brasil Editora 412 p.
- Pinheiro, S. 1989. Tucuruí: O agente laranja em uma república de bananas. Porto Alegre RS, Editora Sulina 145 p.
- Nunes, A. F. 2003. A batalha do riozinho do Anfrísio: seringueiros, índios, e outros brasileiros.
- Pontes Jr., F. & Beltrão, J. F. 2004. Xingu, barragem e nações indígenas. Belém do Pará, Univ. Federal do Pará: 28 p.
- Ramos, A. R. 1998. Indigenism: Ethnic politics in Brazil. Madison, Univ. Wisconsin Press 326 p.
- Reis, M. J. & Bloemer, N. M. S. (org.) 2001. Hidrelétricas e populações locais. Florianópolis Cidade Futura, Editora da UFSC 198 p.
- Rovere, E. L. La. 1993. O processo de avaliação de impactos ambientais e a geração hidrelétrica no Brasil. *em* Marin, R. A., Hoyos, J. L. P. e Bardalez, J. I. (org.). *Hidrelétricas: conhecimento e dimensão ambiental*. Belém do Pará, UFPA/NUMA/NAEA: 174 p.
- Rylands, A. B. & Luiz Paulo de São Paulo, 1998. Conservação da biodiversidade na Amazônia Brasileira: uma análise do sistema de Unidades de Conservação. Rio de Janeiro, Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável. 63 p.
- Santos, G. M. & Merona, B. 1996. Impactos imediatos da usina hidrelétrica de Tucuruí sobre as comunidades de peixe e a pesca. *em* Britto, R. de C. et al. (org.) *Energia na Amazônia*. Belém do Pará, MPEG/UFPA/UNAMAZ, vol.1.
- Santos, L.A. de O. & Andrade, L.M.M. de, (eds.) 1990. Hydroelectric dams on Brazil's Xingu river and Indigenous Peoples. São Paulo, Pro-Indian Commission 192 p.
- Saraiva de Paula, A. 2004. Uma análise do projeto CHE Belo Monte e de sua rede de transmissão associada frente às políticas energéticas do Brasil. (Ch. 5: *Tenotã Mô*: 19 p) *em* Sevá, A.O. (ed.)
- Schwade, E. 1990a. Alternativas às hidrelétricas na região Amazônica: O caso do Ji-Paraná. *Revista Travessia*. # 8.
- Schwade, E. 1990b. Le prix des grands projets en Amazonia: L'extermination des Waimiri-Atroari. *Recherches Amerindiennes au Quebec* 20(2): 5-20.
- Schwartzman, S. 2000. Brazil society. *Daedalus* 129: 29-56.
- Scudder, T. 2005. The future of large dams: Dealing with social, environmental, institutional and political issues. London, Earthscan 339 p. (in press)
- Sevá Filho, A. O. 1990. Works on the great bend of the Xingu (19-36) *em* Santos, L.A. de O. & Andrade, L.M.M. de, (eds.). *Hydroelectric dams on Brazil's Xingu river and Indigenous Peoples*. São Paulo, Pro-Indian Commission 192 p.
- Sevá Filho, A. O. 2004. Desfiguração do licenciamento ambiental de grandes investimentos. São Paulo, ANPPAS 20 p.
- Sevá Filho, A. O. 2002. Mega-projeto hidrelétrico no Rio Xingu. Sobrevive a insanidade eletrocrática que pariu Itaípu e Tucuruí? Campinas SP., UNICAMP: 32 p.
- Silva, M. das G. da. 1997. Planejamento territorial, deslocamento compulsório e conflito sócio-ambiental: mosquito e pistolagem na barragem de Tucuruí. (Dissertação de Mestrado). Rio de Janeiro: IPPUR/UFRJ.
- Singer, P. 1997/2004. Social exclusion in Brazil. Geneva, UN ILO
- Sigaud, L. 1998. Crença, descrença e interesses: por uma sociologia das condutas face ao deslocamento compulsório. *em* *Energia na Amazônia*. Magalhães, S., Britto, R. C. & Castro, E. (Org.). *Energia na Amazônia*. Belém do Pará. MPEG/UFPA/UNAMAZ: 2 vols.
- Sigaud, L. 1990. Social implications of the electric sector policy (97-104) *em* Santos, L.A. de O. & Andrade, L.M.M. de, (eds.) *Hydroelectric dams on Brazil's Xingu river and Indigenous Peoples*. São Paulo, Pro-Indian Commission 192 p.
- Smeraldi, R., Serrão, A., Becker, B., Carneiro da Cunha, M., Forgaach, J. e Nitsch, M. 2003. Programa piloto para a proteção das florestas tropicais do Brasil. Grupo de Assessoria Internacional, Relatório da XIX reunião: O PPA 2004-2007 na Amazônia: Novas tendências e investimentos em infraestrutura. Brasília (Aug): 15 p.
- Stédile, J. P. 1982. A política fundiária do governo e os atingidos pelas barragens. Erechim, RS, *Perspectiva* 23.
- Stédile, João Pedro, Görden, S. A. e Frei, S. 1993. A luta pela terra no Brasil. São Paulo: Scritta Editorial 118 p.
- Stédile, J. P., Oliveira F. de, e Genoino Neto, J. 2000. Clases sociais em mudança e a luta pelo socialismo. São Paulo, Ed. Fundação Perseu Abramo 57 p.
- Switkes, G. R. 2001. Dancing in the dark: The InterAmerican Development Bank's Energy Sector Strategy and its responsibility for the blacking out of Brazil. *International Rivers Network (website)*: 21 p,
- Treccani, G. D. 2001. Violência e grilagem: instrumentos de aquisição da propriedade da terra no Pará. Belém, ITERPA e UFPA, Centro de Ciências Jurídicas.
- Tundisi, J.G., Santos, M.A., & Menezes, C.F.S. 2000? (n.d.). Tucuruí reservoir and hydroelectric plant: Management experience brief. 20 p.
- Usher, A. D. (ed.) 1997. Dams as aid: A political economy of Nordic development thinking. London, Routledge 200 p.
- Vainer, C. B. 1993. População, meio ambiente e conflito social na construção de hidrelétricas. *em* Martine, G. (Org). *População, meio ambiente e desenvolvimento: verdades e contradições*. São Paulo, Editôra UNICAMP: 207 p.
- Verissimo, A., Cochrane, M., Souza. C. and Salomão, R. 2002. Priority areas for establishing national forests in the Brazilian Amazon. *Conservation Ecology* 6(1).
- World Commission on Dams, 2000. *Dams and development: a new framework for decision-making*. London, Earthscan Publications 402 p.
- Wright, A. & Wolford, W. 2003. To inherit the earth: the Landless Movement and the struggle for a new Brazil. Oakland CA., Food First Books 368 p.



## Notas

---

<sup>1</sup> COPPE 2000, Fearnside 1999, 2001, Hebette 1996, Tundisi 2000.

<sup>2</sup> (a) A Rodovia Cuiabá-Santarém (BR 163), de 784 km, está programada para ser pavimentada em breve (por 175 milhões de dólares) e sua EIA está sendo preparada a partir de 2004. Esta rodovia é destinada principalmente para soja do Mato Grosso a Santarém. O terminal da Cargill significa que 500.000 ha de floresta entre Santarém e Belterra à margem do FLONA Tapajós terão de ser destruídos. Melhorar uma rodovia

para soja significa mais florestas para cortar ilegalmente. A estimativa de aumento da produção de soja em 25 milhões de toneladas/ano de Guaporé (Complexo Hidrelétrica - Hidroviário do rio Madeira significa que mais 80.000 km<sup>2</sup> de florestas serão perdidos; incompatível com o zoneamento oficial de Rondônia, mas financiado (duas vezes) pelo Grupo do Banco Mundial. (b) Claramente, as linhas de transmissão necessárias para Belo Monte têm de ser uma parte importante da SEA.

<sup>3</sup> O FPIC foi adotado por diversas agências das Nações Unidas (p.ex., UN ILO), e Tratados Internacionais das Nações Unidas (p.ex., Convenção de Rotterdam (após 10 anos de testes). O IFC do Banco Mundial usa o FPIC e foi determinado pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento desde 1978 (MacKay 2004). A Comissão Mundial de Barragens o determina para as comunidades indígenas, e a Análise da Indústria Extrativa independente do Grupo do Banco Mundial (2003) o transformou em prioridade superior (Goodland 2003)

## **7. 1. A lógica da Volta Grande adulterada: conseqüências prováveis afetando moradores urbanos, rurais e ribeirinhos em Altamira e municípios vizinhos; efeitos possíveis para os arquipélagos, pedrais, cachoeiras, e na “ria” do baixo Xingu.**

Osvaldo Sevá

192

O patamar máximo da tragédia no Xingu seria o resultado conjunto das seis obras previstas : quase 20.000 km quadrados no perímetro das represas, e outro tanto ou mais do que isto, de terreno desmatado e rasgado, aterrado, para passar linhas de transmissão, estradas de serviço, e para retirar material de construção das obras.

Isoladamente cada projeto teria a sua destruição, e a mais extensa de todas seria a de Babaquara: um paredão de 60 metros poucos km rio acima de Altamira, e atrás dele um “lago” que quando estiver cheio ocupará mais de 6.000 km<sup>2</sup> de superfície, e que poderá o seu nível d’água oscilando em mais de 20 metros de altura, cobrindo e descobrindo mais de 3 mil km<sup>2</sup> de antigas matas, igapós e ilhas.

O projeto da usina hidrelétrica de *Belo Monte* de fato poderia ter a menor “área alagada” dentre os seis projetos, mas vai colidir com a integridade de um monumento fluvial que tem o mesmo porte que da ilha e do pantanal do Bananal, no rio Araguaia ou que as corredeiras de São Gabriel, no rio Negro, e que talvez seja ainda mais monumental do que as corredeiras da Itaboca no Tocantins, já perdidas sob a represa de Tucuruí.

A Volta Grande do Xingu, os arquipélagos fluviais, os pedrais, as Cachoeiras do Jericoá até a da Baleia formam um dos maiores monumentos fluviais do país ainda não destruídos e pouco mexidos.

O que o projeto da Eletronorte pretende fazer com a Volta Grande? Ou, o quê resultaria para a Volta

Grande se fosse um dia construída tal obra? Conforme já vimos no resumo executivo desse livro, a idéia dos engenheiros para aproveitar o desnível de quase 90 metros de altura do rio Xingu entre o início da Volta Grande (no trecho rio acima de Altamira) e o seu final ( no trecho da balsa da Transamazônica em Belo Monte do Pontal ) sempre foi fazer uma derivação do fluxo de água pela margem esquerda do rio, para “ encurtar a Volta”, desde o primeiro projeto Kararaô, no final dos anos 1980.

O trecho chamado de Volta Grande do rio Xingu, é algo tão peculiar, que talvez seja único na Amazônia, nestas dimensões. O formato do rio indica isto: o Xingu vem lá de MT, descendo sempre do Planalto Central e seus patamares, num rumo geral para o Norte, para desembocar no rio Amazonas. Ao chegar em Altamira seu rumo está um pouco inclinado para a direita, no sentido Nordeste, e aí o rio dobra quase 90 graus como se tivesse sido “obrigado” pela geo - morfologia do planeta, pelo seu relevo neste trecho. Como se o rio tivesse que se desviar do escudo cristalino do Planalto Central Brasileiro, até encontrar passagens para atravessar esta beirada rochosa, esse degrau mais baixo deste extenso Planalto brasileiro, onde ele chega o mais perto possível da margem direita do rio Amazonas.

Os últimos testemunhos, os mais baixos, desta beirada norte do Planalto Central estão ali nas serrotas perto de Altamira, em seus morros redondos e alguns chanfrados, retos em cima. Principalmente nestas costas altas, como se fossem falésias sobre o

litoral...caindo sobre a calha do rio, no trecho mais próximo de Vitória do Xingu.

Uma destas falésias panorâmicas foi batizada pelo povo, de **Belo Monte** do Pontal, na margem direita, onde passa a rodovia Transamazônica, vindo de Repartimento e Anapu. Nome já incorporado na cultura popular e no imaginário brasileiro, e nordestino especialmente, pois Belo Monte foi também a cidadela organizada pelo líder messiânico Antonio Conselheiro no Norte da Bahia, uma agro-vila em pleno semi-árido, devastada pelas forças republicanas na terceira tentativa.

Pois bem, vejamos os desníveis e as distâncias percorridas pela vazão do rio: em Altamira a cota média é **93 metros de altitude**; ao virar para o Sudeste e o Sul, o rio começa a descer; uns 40 km rio abaixo, na ilha Pimental, prevista para o barramento principal da represa da Eletronorte, a cota caiu uns dez metros, e fica perto dos **83 metros**.

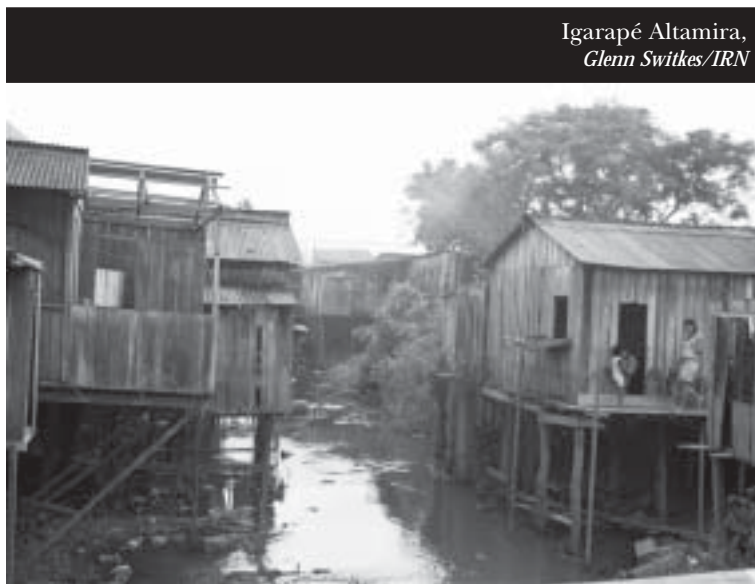
### Conseqüências prováveis para a área urbana de Altamira

Como a represa formada estaria, segundo a Eletronorte na cota **97 metros** ( no primeiro projeto Kararaô, a cota máxima era 96 metros ), conclui-se que uma parte da beirada do rio em Altamira ficaria quase sempre coberta de água.

São necessários para qualquer interessado, morador ou estudioso, mapas corretos, e plantas baixas de localização em escalas grandes, 1: 25.000 ou 1: 10.000, com a indicação das altitudes de metro em metro.

Isto para que se possa esclarecer, de uma vez por todas – como ficariam as áreas ribeirinhas e os baixões, caso se formasse a represa e ela atingisse durante uma parte dos meses, esta cota 97 metros. A previsão mais lógica neste caso é que os três igarapés da cidade se tornariam braços da represa:

**Igarapé Ambé**. Seriam alagados os terrenos e fornos dos oleiros e a área do balneário São Francisco,



Igarapé Altamira,  
Glenn Switkes/IRN

ao lado da ponte do acesso rodoviário que liga a cidade à Transamazônica. Talvez várias residências de um lado e outro desta ligação viária teriam que ser retiradas; talvez a própria pista teria que ser elevada e uma nova ponte construída. Na boca do igarapé no Xingu, também haveria remanejamentos a fazer, e talvez a serra

ria e a cerâmica antigas sejam atingidas

**Igarapé Altamira**. Seriam alagadas as margens atuais, onde ficam as palafitas, na altura do cruzamento com a rua Comandante Castilho, e todo o espraio do igarapé no bairro Brasília, interrompendo ruas, e em alguns casos, tendo que elevar as pistas, pontes de travessia e as pinguelas que o povo usa todo dia. A conferir casa por casa como ficaria o bairro chamado São Sebastião, onde residem os índios xipiaia e arara, além de moradores não índios.

**Igarapé Painelas**. Seriam alagados os terrenos e fornos dos oleiros, e talvez a água atingisse trechos da estrada que liga com o Aeroporto, e a ponte. A verificar como ficariam as duas serrarias que ainda funcionam por ali.

**Calçadão da Beira – Rio**. A água represada bateria no muro de arrimo da avenida João Pessoa, uns dois metros abaixo da calçada, a conferir. Remanejamento total de todas as moradias ribeirinhas desde o BIS até a praia do pajé, e modificação radical dos “portos” dos batelões e voadeiras, por exemplo, na rampa do “Seis” onde há varias casas que ficariam abaixo da cota 97 metros. A avaliar como ficariam alguns tubulões que despejam águas pluviais (e talvez esgotos clandestinos) no muro de arrimo, com as bocas de saída uns três metros abaixo da calçada.

**Imediações da cidade**. As atuais praias desapareceriam ou ficariam com a largura bem reduzida; a maior parte das ilhas ficaria bem reduzida, com a água batendo quase sempre nas árvores. Também mudaria, claro, o modo de operação da balsa que liga a margem esquerda ( entre a cidade e o aeroporto ) com a margem direita ( rodovia “Trans - asurini” ). E os pontos atuais de retirada de areia e de seixos do fundo do rio seriam modificados.

## Conseqüências prováveis para o monumento fluvial dos arquipélagos, pedrais e cachoeiras, no trecho represado - e - no trecho “seco”.

Continuemos a imaginar o futuro hipotético deste trecho **onde o rio viraria represa**.

No trecho abaixo de Altamira até a ilha Pimental ( onde ficaria o maior paredão de todas as obras previstas. abrigando o vertedouro principal e uma casa de força complementar, com potência prevista de 182 MW), há alguns trechos importantes desmatados nas margens do rio, especialmente na margem direita e subindo pelos morros próximos; na beirada ficam as casas, as fruteiras, as roças, e mais para dentro os pastos.

Existe, claro, o conjunto de sinais de degradação ambiental e de uso do solo, a região não é virgem nem desabitada; entretanto, a maioria das dezenas de ilhas, as barrancas na terra firme e nas bocas dos igarapés, estão ainda hoje cobertas de mata densa, exceto os setores onde afloram muitas lajes e rochedos, e as ilhotas e praias com alguma vegetação de restinga, no verão.

Na hipótese de ser feita a represa “da calha do rio”, acima da Ilha Pimental, os arquipélagos sucessivos, desde rio acima de Altamira até aqui, uma faixa de uns 80 km de comprimento por 8, 10, 20 km de largura, ficariam totalmente cobertos. Senão, quase isto, ficando para fora, até que morram de uma vez, as copas de árvores mais altas, castanheiras e sumaúmas.

Algo grandioso, as numerosas ilhas florestadas e as grandes extensões de rocha são visíveis desde os satélites (principalmente no trecho Sul-Norte da Volta Grande, entre a foz do Bacajá e o poção da travessia da balsa), aparecendo as lajes fraturadas em blocos retos, angulosos. Sabemos que, vistas de perto, nas fendas mais profundas, os canais são rebojos de água verde escura.

O riozão ali tem alguns km de largura, e chega a perder seu formato de rio, vai se espalhando como um grande alagadiço sobre os pedrais, entremeados com praias e bancos de areia dourados na luz do dia. Difícil imaginarmos como ficaria esse mundo equatorial exuberante sepultado sob a água da represa e apodrecendo.

Isto talvez possa ser compreendido de forma aproximada por meio de uma imagem re-trabalhada a partir das fotos destes lugares, que transmitisse uma ante-visão realista ou hiper-realista. Uma imagem totalmente distinta daquela visão ilusória e mentirosa da represa, aquela maquete plástica que

ficou longos meses no quiosque da Eletronorte no calçadão de Altamira. Por exemplo, na margem esquerda do Xingu rio abaixo de Altamira deságuam dois igarapés bem conhecidos, o de Gaioso e o de Maria, que percorrem a área dos travessões 18 e 27 da Transamazônica, cada um com fazendonas de gente importante e centenas de lotes de colonos do Incra com 20, 30 anos no local.

No projeto original, a metade final de cada igarapé se tornaria um braço de represa e a metade mais alta continuaria onde está hoje, com algum efeito de remanso nas proximidades da represa. Com a modificação, estes igarapés seriam rasgados por máquinas até 500 metros de largura, teriam seu fundo concretado, e suas barrancas acrescentadas de diques altos, para se tornarem canais de derivação do fluxo d água represado em direção à represa dos “cinco igarapés”.

Os pequenos afluentes dos igarapés de Gaioso e de Maria seriam contidos do “lado de fora” dos diques, e formariam, alagadiços intermináveis no Inverno e barreiros esquisitos no verão.

Toda a faixa dos dois igarapés e dos morrinhos que dividem suas bacias fluviais, seria atravessada pela maior estrada de serviço da obra do paredão Pimental e de um grande alojamento, e também seria atravessada por linhas de transmissão de eletricidade em 69 kV para suprir o canteiro de obra; e quando começasse a operar, linhas de 230 kV vindo da Casa de Força complementar.

Na maquete da Eletronorte exposta aos visitantes em Altamira durante o ano de 2002, nada disto aparece de modo minimamente realista!

Abaixo do grande paredão da Ilha Pimental e da Ilha da Serra, exatamente é **onde o rio começaria virar um ex - rio, bem mais seco que o rio original**. Logo adiante, no início do trecho fluvial a jusante da barragem principal, ficam as comunidades da Ilha da Fazenda e do garimpo da Ressaca, e o rio está nos **80 metros**. É um longo trecho de rio ameaçado, que os tecnocratas no EIA chamam de “estirão de jusante” (ou seja, a jusante, rio abaixo da barragem da Ilha Pimental).

Já que a maior parte da vazão que chega e passa pela represa acima da Ilha Pimental, seria desviada pelos canais de derivação para a represa “dos cinco igarapés”, e só seria devolvida ao rio Tocantins depois de turbinada na casa de força chamada de Belo Monte – aquele malfadado “estirão” correria o risco de ficar totalmente seco, e para afastar este risco, os empreendedores prometem (no EIA) liberar a cada mês uma vazão de água mínima.



O arbítrio e o crime dos tais “**vazões ecológicas**” estão resumidos nos seguintes fatos:

- a descida encachoeirada da Volta Grande tem uns 150 km de comprimento; grosso modo, a primeira terça parte ficará sob a água da represa; nos dois terços finais, a calha do rio será a mesma, mas a vazão será sempre menor do que as menores vazões históricas observadas no rio a cada mês;
- de fato, nestes 2/3 da Volta Grande, da ilha Pimental até o canal de fuga da água turbinada em Santo Antonio do Belo Monte, a principal vazão do rio será sempre **aquela que o operador da usina liberar para o tal “estirão de jusante”**;
- o proponente do EIA, interessado no licenciamento truncado junto à Sectam/PA, foi a Eletronorte mas, poderia não ser ela o operador futuro desta usina e portanto não seria ela a decidir os critérios de manobra destas comportas do prédio da Ilha Pimental;
- mesmo assim, a empresa promete no EIA liberar vazões de água da ordem de 200 até 2.000 m<sup>3</sup>/segundo em termos de médias mensais.

Vejamos: a simples comparação destes números com as séries observadas de vazões mensais mínimas – no período 1931- 2000 já mostra que as vazões liberadas pelo operador da usina para jusante, em 2/3 da Volta Grande serão sempre menores que os “piores meses” em termos de vazão:

- em números tirados do EIA: no Inverno, as mínimas mensais mais baixas foram em Março, com 9.561 metros cúbicos por segundo, e em Abril, 9.817 m<sup>3</sup>/s, e conforme o EIA, seriam liberados pelo menos **15,7% e 20,4%** destas vazões; respectivamente, **1.500 m<sup>3</sup>/s em Março e 2.000 m<sup>3</sup>/s em Abril**
- pior ainda, em pleno Verão, as mínimas mensais do rio Xingu ali foram de 908 m<sup>3</sup>/s em Agosto - e a liberação seria de apenas **250 m<sup>3</sup>/s**, uns **27%**; e 477 m<sup>3</sup>/s em Setembro - quando a liberação seria de apenas **225 m<sup>3</sup>/s**. Em Outubro, a mais baixa das mínimas mensais, com 444 m<sup>3</sup>/s e a liberação no vertedouro do Pimental seria de apenas **200 m<sup>3</sup>/s**
- ou seja, nos dois meses do verão com o rio sempre mais seco, seriam liberadas a jusante do Pimental, vazões equivalentes a **45% - 47% das vazões mínimas** destes dois meses.

Nem mesmo equivalente à metade das vazões mínimas, a toda poderosa empresa concede aos 100 km de rio e às centenas de famílias ribeirinhas que ali vivem.

Até aqui, já bastaria para caracterizar uma violenta adulteração e um crime: **nunca naquele trecho o rio teve tais vazões, nem poderia ter**, a não ser numa catástrofe climática... Conscientes destes fatos qualitativos e numéricos, os tecnocratas batizam tais vazões de “ecológicas”! Acho que cometem um tipo particular de crime contra a inteligência, e talvez até algum crime previsto no Código Civil: usurpação de nome ou de marca (porque chamar de “ecológica” esta vazão d’água descarregada a jusante?)...divulgação pública de informação falsa (chamar de ecológico algo que esconde justamente a destruição dos habitats naturais).

Pois bem, navegamos neste trecho do rio Xingu por uns quarenta km, em outubro (2003) que em geral é o mês de rio “mais baixo”, ou, “com menos água”. Segundo o pessoal de lá, ainda não era o “final do verão”; a vazão estava talvez na média da primeira semana do mês, entre 600 e 800 m<sup>3</sup>/s.

Dos povoados da Ilha da Fazenda e Ressaca até a foz do rio Bacajá, em quase 30 km, o nível do rio cai poucos metros. Neste trecho o desastre seria total, a navegação que é bem difícil no Verão, ficaria impossível, a calha do rio, larga com vários km de ilhas e pedras ficaria praticamente no seco com poças de água, que seriam quentes durante o dia, como em geral a água nos trechos mais rasos é quente no Verão, e poderia ficar morna durante boa parte da noite.

Com o rio sempre “no Verão”, quando vier o Verão mesmo, seria muito pior, uma situação inédita para todos os seres vivos: como ficarão os peixes, retidos nas poças, sem chance de circular, de nadar contra a correnteza? E os carizinhos dourados que todos querem vender para o exportador, sumirão? O mosquito da pedra todos temem que prolifere ainda mais, faz sentido, ele sempre aumenta no verão. Moluscos há muitos nos bancos de areia, podem dominar ou desaparecer?

E os pássaros que os comem? E as cobras e quelônios que estão sempre por ali? E as abelhas que ficam na florada dos arbustinhos das restingas?

De tudo que pude observar “in loco”, talvez, se houver o barramento, o ex- rio no seco, facilitaria para os garimpeiros, pois a lâmina d’água sempre seria menor do que hoje, os mergulhadores poderiam ficar mais no raso, ou até, desnecessários, pois em muitos trechos, o fundo do rio estará quase sempre à mostra. Podem até procurar ouro com menos dificuldade e menos custo, só que também eles precisam de água para beber e lavar seu cascalho, sua bateia; e, suas dragas precisam de rio navegável para se deslocar de um ponto a outro de garimpagem. As pilhas de seus rejeitos, que já



afloram atualmente ficarão como pirâmides ao longo do leito antigo do rio.

Para os que moram nas barrancas e mesmo para dentro, mas próximos do rio, haveria um transtorno grande, aumento de despesas com a captação de água, e talvez algum colapso em várias das casas e comunidades que usam água de poço. Isto porque o lençol freático no verão fica em geral no nível de 6 a 8 metros abaixo do solo, contando-se a partir das barrancas altas do rio, onde ficam as casas. Se o rio estiver barrado com a vazão bem mais baixa que o usual, estes lençóis podem baixar metros e metros, e alguns podem secar de vez.

Neste panorama, a chegada na calha do riozão, das vazões de descarga vindas de alguns igarapés como o Ituni, o Itata, o Pacajaí, não muda muito este tipo de estiagem inédita.

Na confluência do rio Bacajá com o Xingu, o encontro das vazões dos dois rios produz atualmente algo tipicamente amazônico: no verão, o rio Bacajá vindo com pouca água pela margem direita, escorre lentamente para dentro do Xingu também com pouca água; no inverno, o Xingu pode vir com tanta força que ao invés do Bacajá despejar a sua água ali naquele ponto, o Xingu é que invade o afluente e formará uma barreira hidrodinâmica, uma espécie de freio, que o povo e os engenheiros chamam de remanso.

No rio Bacajá, este fenômeno de remanso se prolonga por dezenas de km rio adentro, passando pelos primeiros grandes meandros ( Fazenda São João e Pedra do Índio ), mas talvez não altere o comportamento do rio mais acima, na Fazenda Cipaúba e bem mais acima, na Aldeia Urubu.

De toda forma, este remanso poderia nunca mais existir, se de fato forem liberadas no Xingu as tais vazões ínfimas, por exemplo, 15 a 20 % da vazão normal no inverno.

O Bacajá chegaria com a sua vazão usual, e escorreria direito no Xingu, sem qualquer resistência ou amortecimento; no trecho final do Bacajá, durante o Inverno, haveria no lugar do remanso que atualmente se forma, uma correnteza mais veloz e um aumento na erosão das barrancas.



Dragas nas margens do rio Xingu,  
O. Sevá, out 2003.

Bem perto desse ponto, outra curva apertada, uns 45 graus, o rio volta para o rumo Norte, abre vários furos, cada um equivale a um rio de porte médio. Mais 20 km rio abaixo, a água vai se espalhando pelos pedrais, e as corredeiras vão se concentrando em poucos pontos, começa a preparação da 1ª grande cachoeira, cuja parte represada rio acima está na cota **67 metros de altitude**.

A **Jericoá** é definida por um morro de mais de 50 metros de topo, em cada margem, e algumas ilhas morrotes entre eles, estimo que tenha uns 5 a 6 km de largura, com um desnível total de uns 13 metros.

Conforme os diagramas do perfil do rio (EIA) , a praia de baixo da Cachoeira Jericoá fica na cota **54 metros**.

Rio abaixo, há mais três ou quatro, a confirmar, cachoeiras como esta. Todas secariam muito, ficariam com quase uma quarta parte de água que deveriam ter, p.ex. em Agosto, ou menos da metade do que deveriam ter, p.ex. em Outubro. Aumentariam muito as extensões de praias e ilhas de areia. A vegetação de restinga e alguns manguezais na parte baixa tendem a morrer, pois podem ficar uma ou mais estações sem ser afogadas pela água que as fertiliza. Ou, porque suas raízes ficariam distantes dos lençóis subterrâneos da região da cachoeira, que tenderiam a baixar, em relação aos níveis de hoje.

A diminuição do volume e do ímpeto da correnteza nos canais principais por onde a água verte, nas fendas do pedral, talvez facilite um pouco a navegação de barcos menores e voadeiras.

E, novamente, talvez facilite para os garimpeiros... que há milênios buscam como secar os poços que recebem e guardam os sedimentos do rio, no meio dos quais pode estar o ouro.

Rio Xingu abaixo da praia da Jericoá, começam a desaguar pela margem esquerda, os quatro igarapés que nascem lá perto dos lotes da Transamazônica e dos travessões 45 e 55, e que vêm até aqui na zona das cachoeiras: o **Paquicamba**, depois o **Ticaruca**, o **Cajueiro**, e o **igarapé Cobal**.

Estes quatro igarapés foram escolhidos para compor uma

parte do projeto Belo Monte: a “represa em terra firme”, que serviria para encurtar o trajeto das águas até o desnível final em Santo Antonio do Belo Monte, seria basicamente formada a partir de cinco outras represas menores, cada uma num igarapé. Represas formadas exatamente nestes quatro igarapés e depois da Volta, no igarapé Santo Antonio.

Como as barragens que formariam tais represas são *verdadeiros diques*, não teriam vertedouros nem comportas. Conclusão, dali para baixo, cada igarapé represado ficaria completamente seco no início do trecho, talvez se torne intermitente no Verão, e, apenas na época mais chuvosa, poderia reconstituir uma pequena parte de sua vazão usual.

Assim, a vazão do Xingu nem pode aumentar alguns m<sup>3</sup>/s, que cada igarapé destes poderia acrescentar. Uma coisa puxa a outra, nas margens destes igarapés pode haver um rebaixamento dos lençóis, ou – ao contrário, pode minar água acumulada kms acima, na represa.

De toda forma, a contribuição de cada igarapé ao rio Xingu, que usualmente pode ser de poucos m<sup>3</sup>/segundo, dezenas talvez, no Inverno, será zero no Verão, ou uma proporção muito reduzida da contribuição atual no Verão, que também é muito baixa.

No trecho encachoeirado abaixo da Jericoá, (praia na cota 54 metros), a calha pedregosa do rio vai se estreitando entre as “serras” e os “rochedos”; em 35 km de percurso, ele despenca. As últimas quedas somam 50 metros; não as conheci mas dizem que são gargantas cavadas nas fendas das lajes rochosas: **a Baleia, a Assassina, a Itamaracá**, talvez outras...e são tantas que cada segmento, cada trecho encachoeirado, deve ter pelo menos um nome.

Antes das últimas gargantas rochosas, a vazão do rio se concentra em dois grandes fluxos, que terminam sua queda encachoeirada no grande poço, que fica alguns kms rio acima da vila de Belo Monte do Pontal. O nível d’água do poço fica entre **4 e 10 metros de altitude**, e dizem ter 80 metros de profundidade!

Seria alterado o funcionamento do poço e de suas ramificações que entram pela banda Leste do rio, do lado oposto à Volta Grande, até perto da Transamazônica, em terras do município de Anapu e perto da vila de Belo Monte do Pontal. O nível do poço estaria sempre mais baixo do que o atual, em todas as estações, simplesmente porque a vazão seria sempre menor do que a atual, em alguns casos, como já vimos, chegando a ser menos de 20% da atual (no trecho antes da foz do Bacajá).

Não conheço o trecho exato onde cruza a balsa da

Transamazônica, mas se as barrancas forem muito inclinadas, as dificuldades de acesso e saída dos veículos nas margens, hoje comuns no Verão, serão ainda maiores nesta época, e poderão ocorrer também no Inverno. Por causa da retenção de sedimentos orgânicos e dos compostos minerais mais pesados no fundo da represa, lá no início da Volta Grande, o poço do final das cachoeiras receberá menos matéria orgânica, o quê influenciará negativamente a vida aquática e a agricultura em todo o trecho rio abaixo.

### Efeitos possíveis na “ria” do baixo Xingu até a foz no Amazonas.

Nesta “esquina fluvial”, terminam os 150 km da Volta Grande desde Altamira. O rumo do rio no mapa da Amazônia brasileira vira para o Noroeste quase Norte, e aí começa de fato, o baixo Xingu; simbolicamente, digamos que nesta esquina fica a travessia da balsa da Transamazônica.

Começa então um tipo fluvial muito especial, que caracteriza justamente toda a calha central do Amazonas e Solimões, e a imensa planície sedimentar que acompanha esta calha, desde a ilha de Marajó, e até os confins do Peru, Equador e Colômbia.

É a *ria* do Xingu, similar às rias do Tapajós e do rio Negro, por exemplo: o afluente do Amazonas vem com um grande volume de água, e declividade bem baixa, quase zero, após o último degrau do escudo cristalino (caso do Xingu e do Tapajós) ou do escudo guianense, caso do rio Negro.

Como o volume d’água do Amazonas sempre foi maior, o efeito de remanso segurou os sedimentos e foi construindo quase uma restinga entre os rios; é como se o Xingu, caísse primeiro numa “banheirona”. E, desta banheirona a água fosse lentamente escoando para o rio principal.

Neste trecho do baixo Xingu, a “ria” tem mais de 200 km de comprimento, e poderia ser inteiramente afetada pelo funcionamento da usina de Belo Monte, mesmo dando-se um desconto pelo fato dela ser uma represa “a fio d’água”, com pouca acumulação de água. O trecho seco do rio, com vazão bem diminuída se prolongaria bem adiante da balsa.

Na margem esquerda ficam o Porto da Petrobrás, o vilarejo Santo Antonio do Belo Monte, a foz dos igarapés Sto Antonio e Gloria, que seriam destruídas, e os igarapés represados caso a obra se concretizasse.

E neste ponto, o canal de fuga da usina traria de volta ao Xingu a sua parte majoritária da vazão que havia sido derivada, encurtando a Volta Grande

(esta vazão devolvida pelo canal de fuga seria sempre mais de 50 % da vazão do rio, exceto quando a vazão natural ultrapasse os 28 mil m<sup>3</sup>/s, o que não é muito frequente).

Registremos as possibilidades lógicas: uma adulteração importante pode ocorrer mesmo nesta devolução da vazão ao rio: como a vazão devolvida é maior do que a que chega pelo rio, vindo do trecho encachoeirado, poderia haver um efeito de *rebojo* no encontro das águas, bem peculiar, com algum tipo de contra-corrente rio acima, o que seria uma anormalidade completa! Mas, pode não acontecer nada disto e acontecer outra coisa...

A partir deste trecho então, a ria vai se alargar muito. Depois da cidade de Vitória do Xingu, que fica na boca do igarapé Pucuruí, a largura do rio pode passar dos 10 km de margem a outra, em Senador José Porfírio e lá no final da ria, em Porto de Moz. Dali até Gurupá, já no rio Amazonas, a

água do Xingu se junta enfim ao rio principal, e aí também poderá haver uma ação de remanso sobre o Xingu, se este estiver com vazões mais reduzidas do que o habitual.

Talvez as obras de Belo Monte, com pouca acumulação de água, não tenham a capacidade de provocar repercussões lá embaixo, no final do rio, em sua foz, mas com a também hipotética represa de Babaquara, a de maior área e volume do país - se chegar a ser cometida - aí sim haveria certamente influência sobre a dinâmica da foz, sobre o rio Jauruçu, sobre as correntes e alturas dos igarapés e furos que ligam a planície final do Xingu com este trecho da ria, e sobre as ilhas, bancos de areia e praias.

E o quê fazer diante da ameaça de tantas adulterações em um único trecho de rio e suas terras firmes de um lado e de outro da barranca, e nos seus igarapés e rios afluentes?

CASTRO, Edna, RODRIGUEZ, Graciela *“As Mulheres de Altamira na defesa da água como Direito Humano Fundamental Rio Xingu- Amazônia - Brasil”*, Instituto Eqüit, Comitê de Mulheres da Alianza Social Continental, RJ, 2004.

“Foram apontados 14 (povoados) que seriam os mais vulneráveis aos impactos das barragens, nos estudos preliminares realizados pela Universidade Federal do Pará (LIRIO e SÁ:2001): Agrovila Leonardo da Vinci, Comunidades Sagrado coração, São José, Boa esperança, São Francisco de Assis, Vila Rica (no mapa aparece como Vila Nova), Santa Terezinha, São Raimundo Nonato, Bom Jardim e Bom jardim II ou Goianos, Santo Antonio, Santa Luzia, São Francisco das Chagas-Deus é Amor e Terra Preta.”.

“Em Altamira e perto da foz do Itatá, encontram-se mais três localidades e doze núcleos sujeitos a impactos: Paritizinho, Palhal de cima e de baixo, Cana Verde, Ituna,

Ressaca (vila), (Ilha da )Fazenda, Paratizão, São Lázaro, Ilha Itaboca, Santa Luzia e São Pedro além dos três povoados originários do garimpo, conhecidos por Galo, Itatá e Japão.”

“Porém são as cidades de Altamira, Vitória do Xingu e Senador José Porfírio as regiões consideradas pela empresa Eletronorte como sujeitas aos maiores impactos. Em outras áreas, beirando o rio, perto da área urbana de Altamira, e em seus igarapés Altamira, Ambé e Pannels, estão previstas várias obras, entre os quais a vila residencial (dos engenheiros) do empreendimento.

Na percepção da sociedade civil, que valoriza dimensões da vida em geral não consideradas na visão técnica e burocrática das empresas, a abrangência dos impactos será muito maior do que a admitida pela empresa Eletronorte.”



## 7.2. Informe sobre a “Vazão ecológica” determinada para a Volta Grande do rio Xingu

Ivan Fumeaux

### Introdução

O presente informe tem como objetivo apresentar uma opinião técnica sobre o hidrograma proposta no Estudo de Impacto Ambiental e outras notas técnicas do projeto como “vazão ecológica”, com objetivo mitigar o impacto ambiental na denominada Volta Grande do rio Xingu. O projeto é baseado no desvio de grandes volumes de água da Volta Grande do Xingu, através de canais de adução, que encurtam a caída até a casa de força principal localizada no sitio Belo Monte onde seria turbinada para a geração de energia elétrica.

Este trabalho parte da definição do conceito de “Fluxo ambiental”, elemento chave para a maior compreensão das implicações sócio-ambientais da manipulação dos recursos hídricos, e algumas das metodologias de cálculo vigentes. Posteriormente descreve os aspectos fundamentais dos Estudos do projeto Belo Monte, que deram como resultado o hidrograma da “vazão remanescente” para a Volta Grande. Continua com as observações sobre a metodologia utilizada para a determinação, em função do conceito do fluxo ambiental, finalizando com correspondentes conclusões e recomendações.

### Fluxo ambiental

#### 1. Definição:

Este conceito é relativamente novo para o sector de aproveitamento de recursos hídricos. Vários dos métodos utilizados para sua determinação têm sido

desenvolvidos nos últimos 20 anos em mais de 25 países com a construção de uma considerável experiência ao respeito.

Um *fluxo ambiental*, independente da metodologia utilizada na sua determinação constitui *um regime destinado a manter um fluxo mínimo para garantir as condições ambientais originais com seus benefícios sociais e econômicos*. Por isso é preciso considerar todos os aspectos que conformam um rio e sua bacia de drenagem, não apenas hidráulicos, hidrológicos, econômicos, ambientais, e bióticos em forma isolada ou com relações parciais entre alguns dos aspectos mencionados.

Se seja um conceito fácil de compreender, colocar na prática pode ser complexo, sendo que requiere a integração de diversas disciplinas, como engenharia, ecologia, hidrologia, legislação, e os demais. Também precisa a participação e negociação de todos os atores interessados. Alcançar um acordo significa garantir a sobrevivência do ecossistema, e lograr um equilíbrio ótimo entre os distintos usos da água.

Os novos projetos, como aquele analisado no presente informe, apresentam uma oportunidade de considerar os fluxos ambientais dentro do quadro das estratégias de operação, permitindo chegar a estabelecê-los com a flexibilidade necessária para adaptá-se a futuras modificações, variações estacionais e/ou câmbios climáticos, tendo em conta a larga vida útil destas obras (50-100 anos). Também se nota a necessidade de manter um fluxo

ambiental adequado durante o processo da construção e na fase do enchimento do reservatório. Não menos importante é a necessidade de ter, durante os primeiros anos de operação, um plano de monitorio e manejo do regime fluvial previamente determinado por alguma das metodologias utilizadas, para diminuir as incertezas na predição da resposta do rio a este fluxo ambiental.

Dentro desta problemática, é interessante analisar o **ciclo do projeto** da obra, como um dos caminhos a considerar para quando e como introduzir um fluxo ambiental na seleção, desenvolvimento, e administração do aproveitamento. A seguinte figura mostra uma representação genérica deste ciclo. Há a relação com o ciclo de vida do aproveitamento, sendo que sua vida útil inclui a possibilidade de atualizações, expansões, e até o desmantelamento na sua saída de serviço, dependendo em como os fatores físicos, econômicos, e sociais afetam a bacia ribeirinha ao longo do tempo.

## Metodologias de quantificação

Existem diversos métodos para a determinação destes fluxos ambientais, desde os métodos puramente estatísticos, até o uso de modelos detalhados do sistema determinado, cada um com as suas vantagens e desvantagens em função das informações disponíveis, objetivos desejados, e prazos de tempo. Sinteticamente, se dividem em duas categorias principais: **prescritivas e interativas**.

### Métodos prescritivos

Estes métodos usualmente se aplicam para determinar um valor único de fluxo, ou um regime de fluxo, pelo qual se aplica especialmente quando os objetivos são claros e pontuais e as chances de conflito com outros usos da água são baixas, e/ou falta informação suficiente. Dividem-se em 4 categorias:

- **Índices hidrológicos:** são métodos principalmente de gabinete baseados no recorde histórico do rio, volumes e alturas hidrométricas por exemplo, resultando como "output" um valor recomendável. Pouca ou nenhuma atenção se põe na natureza do rio ou na sua biota.
- **Características hidráulicas:** Utiliza as relações entre os valores de descarga do rio e alguns dos parâmetros físicos do mesmo como a profundidade, declive e perímetro molhado para calcular um valor de fluxo recomendado. É melhor que o anterior a pesar de considerar apenas os aspectos físicos do rio.
- **Painel de especialistas:** Consiste na utilização duma equipe de especialistas nos diversos aspectos do

rio como hidrólogos, geólogos, biólogos, entre outros, que devem levantar considerações sobre as necessidades de fluxo ambiental, na base de ampla informação e visitas ao sítio em diversas épocas para conhecer as características dos distintos estados de funcionamento do rio. As recomendações devem ser o resultado também de debates e oficinas inclusive com a participação de representantes das comunidades atingidas.

- **Métodos holísticos:** Requer a disponibilidade de ampla e detalhada informação e conhecimento sobre o rio para poder determinar o melhor possível das entre as características do mesmo e as necessidades de fluxo para os principais grupos bióticos (vegetação, peixes, invertebrados), com o qual se "construa" o fluxo ambiental em acordo com as necessidades ambientais, por exemplo com uma variação mensal.

### Métodos interativos

Esta segunda categoria, mais complexa do que a anterior, se enfoque nas relações existentes entre o fluxo do rio e os seus distintos componentes, não restringindo o resultado a um único valor de regime, consistente com os outros usos da água. Estes métodos se classificam em duas categorias, denominadas **Simulação do Habitat** e **Métodos Holísticos**. Os mais conhecidos são a IFIM (Instream Flow Incremental Methodology) e a DRIFT (Downstream Response to Imposed Flow Transformations). O interessante destes métodos é que o resultado consiste num conjunto de opções-alternativas ou cenários, dependendo no método utilizado, que são descritos e quantificados para permitir a toma de decisões pertinentes para administrar e gerenciar o recurso:

- O regime do fluxo modificado.
- A condição resultante do rio ou as espécies, dependendo no requisito.
- Os impactos para os usuários ribeirinhos.
- Os custos diretos e os benefícios.

Cabe destacar em quanto a sua complexidade, que o método DRIFT inclusive considera os custos sociais dos ribeirinhos águas abaixo (consideradas como população de baixo risco) como consequência dos câmbios provocados pela manipulação do regime do rio.

## Vazão Remanescente para a Volta Grande

Dentro do espectro dos trabalhos elaborados no desenvolvimento do projeto Belo Monte, foi feito um "Estudo de Vazão Remanescente para a Volta

Grande do rio Xingu", determinando um hidrograma de fluxos destinados como defluentes para a Volta Grande, e qualificado de "ecológico". Ele simula as variações anuais do ciclo hidrológico do rio Xingu, com o objetivo de minimizar o impacto causado pelo desvio da maior parte dos seus fluxos naturais, destinados para a geração de energia elétrica e "dando a oportunidade do surgimento de um novo ecossistema" em acordo com o próprio estudo.

Os critérios básicos que foram considerados para estabelecer esta "vazão remanescente" foram as seguintes:

- Minimizar o impacto ambiental.
- Possibilitar o "surgimento de um novo ecossistema", mantendo o comportamento das descargas do rio em condições semelhantes ao ciclo hidrológico natural.
- Otimizar a relação entre geração de energia e os impactos ambientais causados pelo empreendimento.

#### Analísaram-se três alternativas

- **Alternativa 350 m<sup>3</sup>/s:** fundamentada na norma N° 02 da antiga DNAEE de agosto de 1984 que estabelece no seu item 3.7 um valor de "vazão remanescente" não inferior ao 80% da mínima média mensal da série histórica com extensão de pelo menos 10 anos. Para o rio Xingu se observou em 08/1968 um fluxo de 444 m<sup>3</sup>/s, e aplicando a metodologia citada chegou ao valor de 350 m<sup>3</sup>/s. Esta norma foi revogada pela resolução da ANEEL N°/ 394 de 04/12/1998, em acordo com o estudo.
- **Alternativas "Ciclo 1" e "Ciclo 2":** as duas alternativas se estabeleceram em função da hipóteses do que as variações naturais do rio devem preservar para beneficiar o ecossistema porque são precisas para sua subsistência e manutenção. A alternativa "Ciclo 1" resultou na otimização da série original de vazões, considerando a capacidade variável de "engolimento" das turbinas. Em quanto à "Ciclo 2", consiste numa melhoria da série anterior para melhor representar as variações do ciclo hidrológico natural do rio.

Finalmente, depois de analisar os aspectos Legais, Hidrológicos-ambientais e de Geração de Energia, foi selecionado a denominada "Ciclo 2" com o critério econômico-ecológico aparentemente satisfatório para os aspectos mencionados, respeitando as variações naturais do ciclo hidrológico ao longo do ano, supostamente "possibilitando a manutenção de um ecossistema local" e com menores

perdas econômicas ocasionadas pela não utilização de estas vazões na geração de energia em respeito da alternativa "Ciclo 1".

Para este último se estudaram as perdas de energia firme em função da aplicação de cada alternativa mediante um modelo de simulação energética chamado MSUI. Considerou-se um valor de USD\$ 34/MWh, 50 anos de vida útil da usina, uma configuração de 20 turbinas de 550 MW cada uma e uma energia firme de 4996 MW médios, chegando aos seguintes valores de perdas:

- "350 m<sup>3</sup>/s" = 5,6% -> USD\$ 636.000.000,00
- "Ciclo 1" = 10,4% -> USD\$ 1.190.000.000,00
- "Ciclo 2" = 6,7% -> USD\$ 800.000.000,00

A primeira alternativa foi considerada a mais conveniente do ponto de vista econômico, aliás foi selecionada a correspondente a "Ciclo 2" pelas vantagens descritas anteriormente.

#### Observações sobre o Estudo de Vazão remanescente

Um objetivo é tratar de simular apenas o comportamento "natural" (a forma) de um ciclo hidrológico, neste caso do rio Xingu, e outro muito distinto é atender as necessidades mínimas do ecossistema dependente no rio para conservá-lo nas suas condições originais, quer dizer considerar um **fluxo ambiental**.

Contando com a informação do projeto, conceitos e definições anteriormente detalhadas, podemos fazer as seguintes observações sobre o hidrograma proposta como vazão remanescente:

- **Comportamento da hidrograma anual proposta:** se afirma que respeita a "forma" que apresentam outros rios na região, quando que deve ser prioritário é manter o próprio rio Xingu.
- **Vazões médios mensais:** se observa que os valores determinados estão muito inferiores aos que correspondem a um "ano seco" do rio (Out98/Set99).
- **Aspectos ambientais:** se mencionam como fatores na determinação da vazão, aliás não aparece claramente sua relação nem sua influência na definição dos valores estabelecidos no hidrograma proposta.
- **Fluxo defluente:** Não há certeza de como vão administrar os fluxos maiores aos do hidrograma proposto, como se encontram em épocas de crescidas.
- **Metodologia utilizada:** a priori, o desenho deste defluente foi feito através de métodos hidrológicos baseados no record histórico de vazões mais que aspectos ambientais, semelhante num processo prescritivo.

## Conclusões

Pelo exposto nos pontos anteriores se conclui que é altamente arriscada a implementação deste hidrograma defluente devido principalmente aos escassos valores assinados como mínimos e a incerteza ao respeito da forma de administração de vazões maiores que os mínimos estabelecidos.

Estes aspectos são longes de cumprir os requisitos para a determinação de fluxo ambiental, e a própria sobrevivência do ecossistema original ficaria em perigo. Isso poderia trazer conseqüências hidrológicas, tanto para as águas no superfície, tanto nos aquíferos na zona perto da beira do rio, sendo que diminuiria a vazão de recarga do aquífero; aos ambientes e a biota em geral; e sociais, sendo que

vai reduzir ou impedir o aproveitamento do trecho como recurso de pesca, navegação, e demais para a população da zona afetada.

Por último deve-se considerar os aspectos legais vigentes hoje no Brasil, como a Lei Nacional N° 9433 que institui a Política Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Entre seus fundamentos, se define a água como um bem de Domínio Público, limitado e com valor econômico, de propósitos múltiplos, mas assinando prioridade ao uso humano e animal em situações de escassez do recurso. Além disso, se expressa que a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com participação do Poder Público, os usuários e as comunidades, que estabelecerá o contexto para a determinação de um fluxo ambiental.

Vazões características rio Xingu ( $m^3/seg$ )

| Mês | Defluente | Q pro | Q seco | Q med | Q hum |
|-----|-----------|-------|--------|-------|-------|
| Out | 200       | 1121  | 715    | 1125  | 1325  |
| Nov | 250       | 1891  | 1378   | 1959  | 2209  |
| Dez | 325       | 3766  | 3643   | 3590  | 3915  |
| Jan | 500       | 7790  | 6867   | 7353  | 15641 |
| Fev | 1000      | 12876 | 7992   | 15047 | 16047 |
| Mar | 1500      | 18123 | 13361  | 15973 | 17473 |
| Abr | 2000      | 19942 | 12416  | 22744 | 24744 |
| Mai | 1300      | 15959 | 11274  | 16711 | 18011 |
| Jun | 550       | 7216  | 5594   | 6114  | 6664  |
| Jul | 300       | 2903  | 2225   | 2865  | 3165  |
| Ago | 250       | 1559  | 1100   | 1598  | 1848  |
| Set | 225       | 1068  | 778    | 1172  | 1397  |

**Defluente:** "vazão remanescente" para a Volta Grande

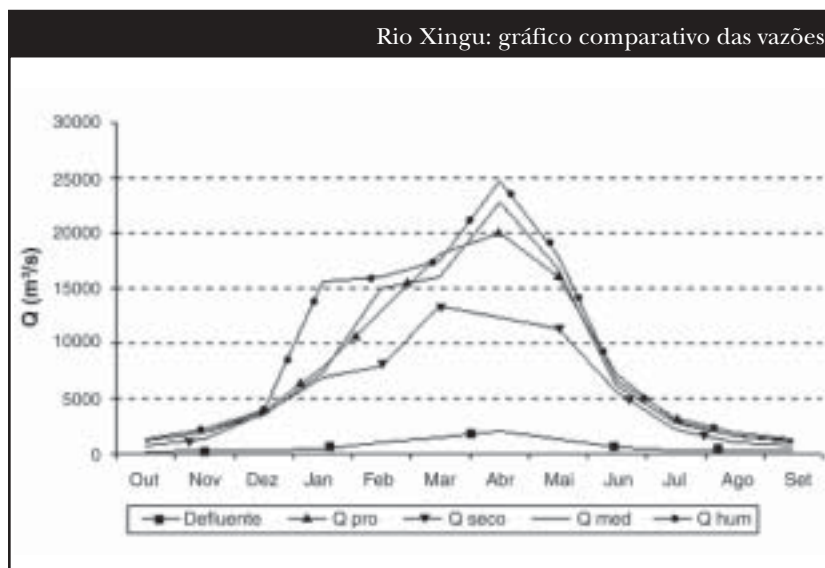
**Q pro:** Vazões promedios estatísticos série 1931-2000

**Q seco:** Valores ano seco (Out 98/Set99)

**Q med:** Valores ano medio (Out 96/Set97)

**Q hum:** Valores ano úmido (Out 77/Set78)

Rio Xingu: gráfico comparativo das vazões



## Referências

---

ELETRONORTE: “Dimensionamento dos parâmetros energéticos do Complexo Hidrelétrico Belo Monte” – 2001.

ELETRONORTE: “Estudo de vazão remanescente para a Volta Grande do Xingu” – Agosto/2001.

ELETRONORTE: COMPLEXO HIDRELÉTRICO BELO MONTE: “EIA-Relatório Final “ – Tomos I e II - Fevereiro/2002.

IUCN – THE WORLD CONSERVATION UNION: “Flow – The essentials of environmental flows” – 2003.

THE WORLD BANK: “Water Resources and Environment” - Technical Note C.1 – March/2003.



# Capítulo 8

## Hidrelétricas planejadas no rio Xingu como fontes de gases do efeito estufa: Belo Monte (Kararaô) e Altamira (Babaquara)

Philip M. Fearnside

204

### Resumo

Calcular as emissões de gases de efeito estufa de barragens hidrelétricas é importante no processo de tomada de decisão em investimentos públicos nas várias opções para geração e conservação de energia elétrica. A proposta da hidrelétrica de Belo Monte (antigamente Kararaô) e sua contrapartida rio acima, a hidrelétrica de Altamira (mais conhecida por seu nome anterior: Babaquara), está no centro das controvérsias sobre como deveriam ser calculadas as emissões de gases de efeito estufa de represas. A hidrelétrica de Belo Monte por si só teria uma área de reservatório pequena (440 km<sup>2</sup>) e capacidade instalada grande (11.181,3 MW), 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 km<sup>2</sup>).

Está previsto que, em cada ano, o nível d'água em Babaquara vai variar em 23 m, expondo assim repetidamente uma área de 3.580 km<sup>2</sup> (a zona de deplecionamento) a uma vegetação herbácea, de fácil decomposição, que cresceria rapidamente. Esta vegetação se decomporia a cada ano no fundo do reservatório quando o nível d'água sobe, produzindo metano. O metano oriundo da vegetação da zona de deplecionamento representa uma fonte permanente deste gás de efeito estufa, diferente do grande pulso de emissão oriunda da decomposição dos estoques iniciais de carbono no solo e nas folhas e liteira (serapilheira ou foliço) da floresta original. As turbinas e vertedouros puxam água de níveis abaixo do termoclino, isto é, da barreira de

estratificação por temperatura que isola a água do fundo do reservatório, rica em metano, da camada superficial que está em contato com o ar. Quando a água do fundo emerge das turbinas e dos vertedouros, grande parte da sua carga de metano dissolvido é liberado para a atmosfera. O gás carbônico oriundo da decomposição da parte superior das árvores da floresta inundada, que fica acima d'água, representa outra fonte significativa de emissão de gás de efeito estufa nos primeiros anos depois da formação de um reservatório.

Belo Monte e Babaquara representam um desafio ao ainda principiante sistema brasileiro de avaliação de impacto ambiental e licenciamento de obras. O procedimento atual considera cada projeto de infra-estrutura isoladamente, em lugar de avaliar a gama completa de impactos que o conjunto como um todo provocaria. Neste caso, as características excepcionalmente favoráveis da primeira barragem (Belo Monte) são altamente enganadoras como indicações das conseqüências ambientais de uma decisão para construir aquela obra. Os impactos principais serão provocados pelos reservatórios muito maiores rio acima, começando pelo de Babaquara e, possivelmente, outras quatro represas planejadas na bacia do Xingu, que inundariam grandes áreas de floresta tropical e terra indígena, além de emitir gases de efeito estufa.

A presente análise indica que o complexo Belo Monte/Babaquara não teria um saldo positivo, em termos de emissões de gases de efeito estufa,

comparado ao gás natural, até 41 anos após o enchimento da primeira represa. Isto, na forma de cálculo mais favorável para hidrelétricas, com zero de desconto para os impactos no aquecimento global, essencialmente como se o impacto pesado nos primeiros anos fosse um empréstimo sem juros. A aplicação de qualquer taxa de desconto acima de 1,5% ao ano resulta no complexo não ter um saldo positivo, comparado ao gás natural, até o final do horizonte de tempo de 50 anos usado no Brasil em avaliações de projetos propostos de energia. O impacto sobre o aquecimento global de represas é uma indicação da necessidade de o País reavaliar as suas políticas atuais, que alocam grandes quantias de energia da rede nacional para uma indústria subsidiada de exportação de alumínio.

## **I. O Rio Xingu e as Barragens mais Controversas da Amazônia**

A proposta da hidrelétrica de Belo Monte, no rio Xingu (um afluente do rio Amazonas no Estado do 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 rio acima, 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 duas décadas (o inventário inicial para a obra começou em outubro de 1975).

“Barrageiros” ou construtores de barragens representam uma subcultura distinta na sociedade brasileira (veja Fearnside, 1989, 1990). 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 m<sup>3</sup>/segundo (média no período de 1931 a 2000), outro local como Belo Monte

é difícil de se encontrar. 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. Em um Brasil ideal, Belo Monte poderia produzir, pelo menos em grande parte, os benefícios que seus promotores retratam. Mas no Brasil real de hoje, em lugar disso, a obra levaria a impactos sociais e ambientais desastrosos em troca do pouco benefício para a população brasileira. A existência de Belo Monte forneceria a justificativa técnica para a construção de represas rio acima que inundariam vastas áreas de terra indígena, praticamente todas sob floresta tropical, em troca de subsidiar os lucros de companhias de alumínio multinacionais que empregam pouca mão-de-obra no Brasil (veja outros capítulos neste volume).

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 rio acima, presumindo que o embalo político começado pela Belo Monte aniquilasse 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 rio acima, 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 as 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 rio acima, a dificuldade em obter uma aprovação rápida logo ficou patente às autoridades do setor elétrico. A exigência de um estudo de impacto ambiental (EIA) no Brasil entrou em vigor em janeiro de 1986, e a constituição federal de outubro de 1988 estipulou a exigência de aprovação pelo Congresso Nacional para projetos que inundam áreas indígenas. Um estudo novo foi elaborado, então, para Belo Monte sem a presunção da regularização da vazão por represas a montante. O estudo revisado (atual) 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 aufera 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". (Brasil, ELETRONORTE. s/d [C. 2002]a, p. 6-82).

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 rio acima (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 "camelona-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 começa, nós, provavelmente, vamos acordar e encontrar Babaquara já instalada.

O enredo do "camelona-barraca" já aconteceu com projetos da ELETRONORTE em pelo menos duas ocasiões paralelas. A primeira ocorreu durante o enchimento do reservatório de Balbina. 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 sobre o 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 (Brasil, ELETRONORTE, 1987a). Porém, quando o nível d'água alcançou a cota de 46 m, o processo de enchimento não parou durante um único segundo para os estudos ambientais planejados, e o enchimento continuou sem interrupção até a cota de 50 m e até mesmo além deste nível (veja Fearnside, 1989, 1990). Na realidade, o plano em vigor durante todo o processo de encher a represa indicava enchimento direto até o nível de 50 m (Brasil, ELETRONORTE, 1987b). Hoje a represa

é operada, sem nenhuma justificativa, com um nível máximo operacional de 51 m.

O segundo exemplo é a expansão em 4.000 W 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 constituição brasileira de 1988 exige um EIA para qualquer hidrelétrica com 10 MW ou mais de capacidade instalada. Porém, o EIA foi truncado quando a ELETRONORTE começou a construir o projeto sem um estudo ambiental em 1998 (veja Fearnside, 2001). 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 sobre o nível médio do mar (Indriunas, 1998). 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.

Essa estratégia também é percebida para 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." (Brasil, ELETRONORTE, 2002, Tomo II, p. 8-155).

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 infra-estrutura 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 a 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, a 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 infra-estrutura. 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 dar impulso à construção da Babaquara paira como uma espada pendurada em cima de todas as discussões de Belo Monte.

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.

## II. Hidrelétricas e Emissões de Gases de Efeito Estufa

A 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 (Fearnside, 1995a), esta conclusão foi atacada, apresentando um caso hipotético que correspondeu à Belo Monte, com uma densidade energética de mais de 10 Watts de capacidade instalada por m<sup>2</sup> de área de superfície de reservatório (Rosa *et al.*, 1996). 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 km<sup>2</sup> rio acima de Belo Monte (Fearnside, 1996a). 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 (1996) calcularam esta relação como excedendo ligeiramente 10 W/m<sup>2</sup>, baseado na área do reservatório originalmente planejada de 1.225 km<sup>2</sup> (o índice seria de 25 W/m<sup>2</sup> sob as mesmas hipóteses, quando considerada a área atualmente planejada de 440 km<sup>2</sup>).

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



Árvores apodrecendo no reservatório da hidrelétrica Tucuruí,  
Miguel Chikaoka



conselho executivo do MDL, reunindo em Buenos Aires em dezembro de 2004, que estes créditos sejam restritos a barragens com densidades energéticas de pelo menos  $10 \text{ W/m}^2$  de área de reservatório (UN-FCCC, 2004, p. 4), coincidentemente a marca alcançada para Belo Monte segundo o cálculo de Rosa *et al.* (1996). 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  $10 \text{ W/m}^2$  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 atual para as duas barragens juntas, com  $11.000 + 181,3 + 6.274 = 17.455 \text{ MW}$  de capacidade instalada, e  $440 + 6.140 = 6.580$  milhões de  $\text{m}^2$  de área de reservatório é de  $2,65 \text{ W/m}^2$  de reservatório. Isto não é muito melhor que a densidade energética de Tucuruí-I ( $1,86 \text{ W/m}^2$ ), e muito inferior ao número mágico de  $10 \text{ W/m}^2$ .

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 (Brasil,

ELETRONORTE, s/d. [C. 1989]). 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  $3.580 \text{ km}^2$  (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.

Reservatórios são estratificados de modo térmico, com uma faixa (termocline) tipicamente localizada de 2 a 3 m de profundidade. A temperatura da água diminui abruptamente abaixo do termocline, e a água presa debaixo desta camada não se mistura com a água da superfície. Esta água funda (o hipolimnion) logo se torna anóxica, e a vegetação herbácea da zona de deplecionamento que se decompõe sob estas condições produz metano ( $\text{CH}_4$ ) em lugar de gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ). Uma tonelada de  $\text{CH}_4$  provoca 21 vezes mais impacto sobre o efeito estufa que uma tonelada de  $\text{CO}_2$ , se utilizamos o fator de conversão (potencial de aquecimento global, ou GWP) adotado pelo Protocolo de Kyoto (Schimel *et al.*, 1996), ou 23 vezes mais se o valor mais recente calculado pelo Painel Intergovernmental sobre Mudança do Clima (IPCC) for utilizado (Ramaswamy *et al.*, 2001, pág. 388). Por tonelada (megagrama = Mg) de carbono liberado em cada forma,  $\text{CH}_4$  tem 7,6 vezes mais impacto, considerando o GWP de 21.

Não se acredita que a madeira nas 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 é mostrado pela experiência em Tucuruí onde, 20 anos 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 verde decompõe-se rapidamente, liberando assim seu estoque de carbono na forma de gases, alguns dos quais são liberados 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 age, então, como uma verdadeira fábrica de metano, convertendo continuamente o CO<sub>2</sub> em CH<sub>4</sub>. 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 alcançar 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 CH<sub>4</sub> gerado pela decomposição subaquática da biomassa herbácea do reservatório e do CO<sub>2</sub> 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 um certo nível de emissão permanente. A vasta zona de deplecionamento de Babaquara assegura que esta fonte será significativa.

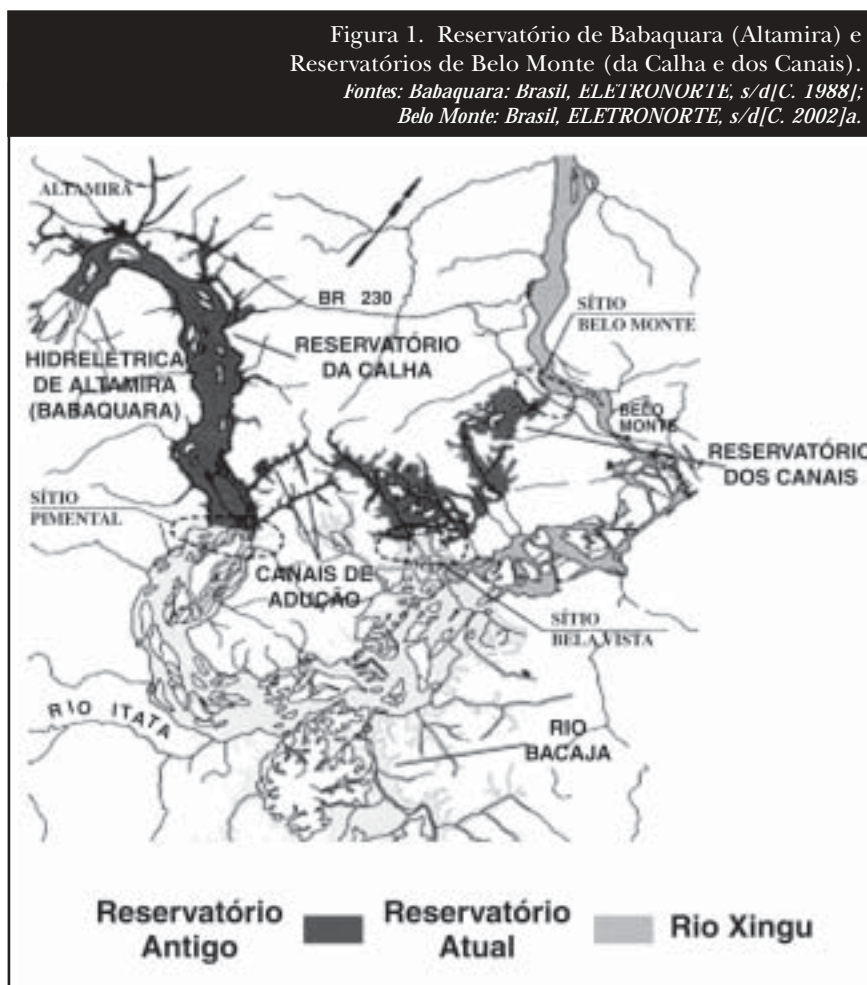
### III. Características das Barragens de Belo Monte e Babaquara

#### A) Belo Monte

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 Sítio Pimental (Figura 1). O vertedouro principal tira água deste reservatório, assim como uma pequena "casa de força complementar" (181,3 MW de capacidade instalada) 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.

Para abastecer as turbinas da principal casa de força, com capacidade de



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

| Item  | Unidades                 | Belo Monte (Kararaô)  |                         | Total Belo Monte | Babaquara (Altamira) | Nota |
|---|--------------------------|-----------------------|-------------------------|------------------|----------------------|------|
|   |                          | Reservatório da Calha | Reservatório dos canais |                  |                      |      |
| Área do reservatório no nível máximo operacional normal | km <sup>2</sup>          | 333                   | 107                     | 440              | 6.140                |      |
| Área do reservatório no nível mínimo operacional normal | km <sup>2</sup>          | 333                   | 102                     | 438              | 2.560                |      |
| Área de deplecionamento                                 | km <sup>2</sup>          | 0                     | 5                       | 5                | 3.580                |      |
| Variação do nível d'água                                | m                        | 0                     | 1                       |                  | 23                   |      |
| Volume no nível máximo operacional normal               | Bilhão de m <sup>3</sup> | 2,07                  | 1,89                    | 3,96             | 143,5                |      |
| Volume no nível mínimo operacional normal               | Bilhão de m <sup>3</sup> | 2,07                  | 1,79                    | 3,86             | 47,16                |      |
| Volume de armazenamento vivo                            | Bilhão de m <sup>3</sup> | 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 <sup>3</sup> /s        | 253                   | 695                     | —                | 672                  |      |
| Consumo de água total                                   | m <sup>3</sup> /s        | 1.771                 | 13.900                  | 15.671           | 12.096               |      |
| Vazão média   | m <sup>3</sup> /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 <sup>2</sup>          |                       |                         | 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 m<sup>3</sup>/s foi calculado por Maceira & Damázio (s/d) para Babaquara.

turbinar 13.900 m<sup>3</sup>/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 dias 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 termoclino 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.

## B.) Babaquara

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 km<sup>2</sup> (Brasil, ELETRO-NORTE, s/d. [C. 1989]).

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 no Brasil, ELETRO-NORTE, s/d. [C. 1988]) 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 m<sup>3</sup>/segundo (Brasil, ANEEL, 2001), enquanto a vazão no local da barragem de Babaquara (*i.e.*, abaixo da confluência) é de 8.041 m<sup>3</sup>/segundo (Maceira & Damázio, s/d). 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 CH<sub>4</sub> e emissões em outras represas. O modelo desenvolvido para este propósito é descrito nas seções seguintes.

## IV. Fontes de Carbono e Caminhos de Liberação de Gases de Efeito Estufa

### A.) Metano

O metano produzido por decomposição subaquática pode ser liberado de vários modos. Uma é a ebulição e a difusão pela superfície do reservatório. Ebulição permite que o CH<sub>4</sub> atravesse a barreira do termoclino, 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, mas não depois disso; isto porque as populações bacterianas na água de superfície (epilimnion) aumentam, resultando que qualquer metano que se difunde por esta camada é oxidado para CO<sub>2</sub> antes de alcançar a superfície (Dumestre *et al.*, 1999; Galy-Lacaux *et al.*, 1997). As emissões de superfície também são mais altas nos primeiros anos depois do enchimento porque o estoque de carbono nas folhas e liteira de floresta original e na fração instável do carbono de 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 de 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.* (1999) acreditam que o carbono do solo é a fonte principal 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 (hidrossolúvel) do solo de 54 Mg C/ha medido nos 60 cm superficiais de um Ultisolo amazônico típico (Trumbore *et al.*, 1990, pág. 411). Suposições relativas à taxa de decomposição dos estoques produzem um total teórico para o carbono liberado na água na forma de CH<sub>4</sub>. Considerando o efeito de diluição pelos influxos de água para o reservatório, a quantidade de carbono que se decompõe anaerobicamente por bilhão de metros cúbicos 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 CH<sub>4</sub> 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 liteira de foliça, 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 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 CH<sub>4</sub> aos 30 m de profundidade é mostrada na Figura 2. Os dados de concentração são de Petit Saut (Galy-Lacaux *et al.*, 1999), com a exceção do ponto extremo no lado esquerdo, com 6 mg CH<sub>4</sub>/litro aos 30 m de profundidade, que é de Tucuruí (J.G. Tundisi, citado por Rosa *et al.*, 1997, pág. 43). A faixa de valores para a quantidade de carbono que se decompõe anaerobicamente é dividido em três segmentos para o cálculo da concentração de CH<sub>4</sub> aos 30 m de profundidade (equações 1-3).

Para decomposição anaeróbica = 684,4 Mg C/bilhão de m<sup>3</sup> de água:

$$Y = 0,00877 X \quad (\text{eq. 1})$$

Para decomposição anaeróbica entre 684,5 e 15.000 Mg C/bilhão de m<sup>3</sup> de água:

$$Y = 0,000978 X + 6 \quad (\text{eq. 2})$$

Para decomposição anaeróbica > 15.000 Mg C/bilhão de m<sup>3</sup> de água:

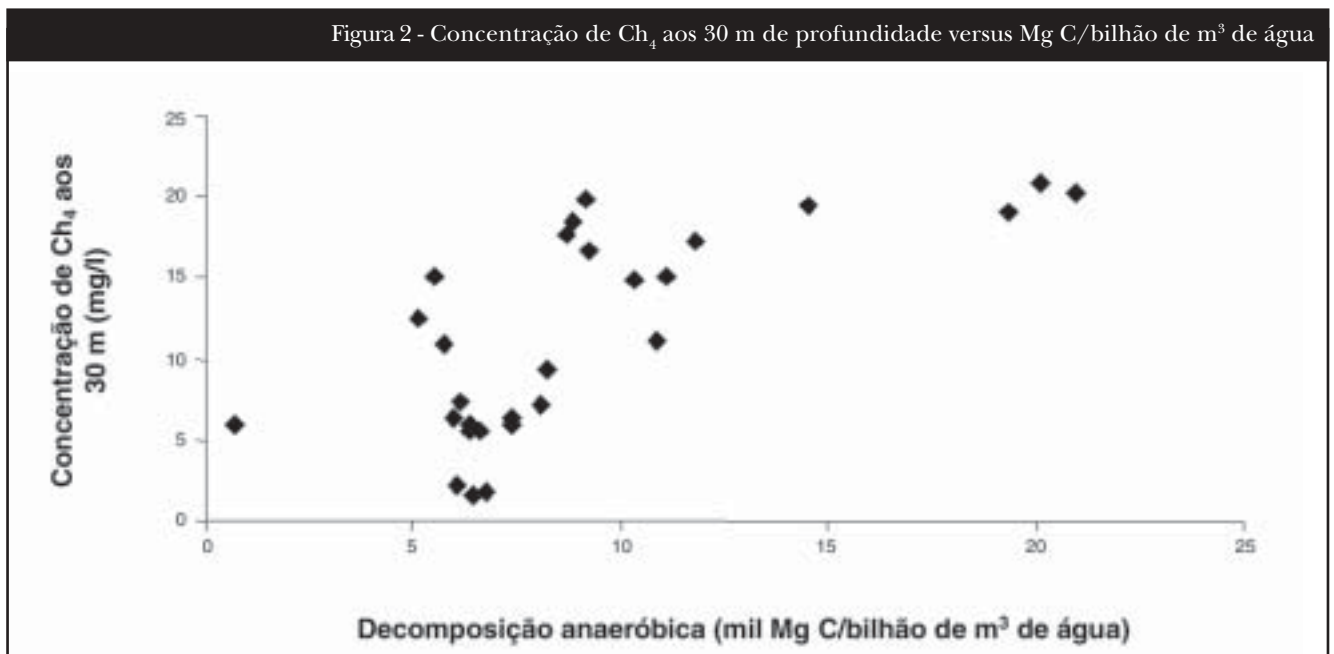
$$Y = 20 \quad (\text{eq. 3})$$

Onde: X = decomposição anaeróbica (Mg C/bilhão de m<sup>3</sup> de água)

Y = concentração de CH<sub>4</sub> 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

Figura 2 - Concentração de CH<sub>4</sub> aos 30 m de profundidade versus Mg C/bilhão de m<sup>3</sup> de água





que as populações bacterianas nas águas de superfície fiquem mais capazes de degradar o metano para gás carbônico. Dados do reservatório de Samuel quando isto tinha cinco meses de idade (J.G. Tundisi, citado por Rosa *et al.*, 1997, pág. 43) são usados para representar reservatórios até 12 meses depois do enchimento; dados de Petit Saut (Galy-Lacaux *et al.*, 1999) são usados para representar reservatórios do 13° até o 36° mês, e dados de Tucuruí coletados 44 meses depois do enchimento (J.G. Tundisi, citado por Rosa *et al.*, 1997, pág. 43) são usados para representar reservatórios depois do 36° mês. As razões são calculadas usando as equações na Tabela 2.

As emissões de ebulição e de difusão podem ser relacionadas à concentração de CH<sub>4</sub> a uma profundidade padronizada de 30 m. A Tabela 3 apresenta equações para estas emissões para água com profundidades diferentes. Estas razões resultaram das medidas em Petit Saut (Galy-Lacaux *et al.*, 1999). A concentração de CH<sub>4</sub> prevista aos 30 m de profundidade é estreitamente relacionada às emissões de ebulição observadas em cada faixa de profundidade nos dados de Petit Saut (0-3 m, 4-6 m e 7-8 m) (Figura 3a, b e c). As emissões de difusão em Petit Saut, independente da profundidade, também são estreitamente relacionadas à concentração de CH<sub>4</sub> prognosticada aos 30 m (Figura 3d).

Usando os dados derivados acima, as concentrações de CH<sub>4</sub> em Babaquara e nos dois reservatórios de

Belo Monte podem ser calculadas. A calibração da liberação de carbono calculada por decomposição anaeróbica aos dados existentes sobre concentração de CH<sub>4</sub> em reservatórios semelhantes 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 igarapés e do fluxo normal do rio, como a água que entra em Babaquara, não contém praticamente nada de CH<sub>4</sub>, como foi mostrado pelas medidas em Petit Saut (Galy-Lacaux *et al.*, 1997). No caso de Belo Monte, no entanto, a água que entra diretamente de Babaquara conterá quantidades apreciáveis de CH<sub>4</sub>.

Presume-se que o manejo d'água em Babaquara siga uma lógica baseada em prover a quantidade máxima possível de água anualmente a Belo Monte, dentro das limitações colocadas pelo ciclo sazonal de vazões do rio, o máximo que pode ser usado pelas turbinas em Babaquara, e o volume de armazenamento vivo do reservatório. 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 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

**Tabela 2: Razão das concentrações de CH<sub>4</sub> em diferentes profundidades para a concentração aos 30 m de profundidade**

| Gama de profundidade (m) | Idade = 12 meses <sup>(a)</sup> | Idade 12,1-36 meses <sup>(b)</sup> | Idade > 36 meses <sup>(c)</sup> |
|--------------------------|---------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| 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, 5 meses depois de encher (J.G. Tundisi, citado por Rosa *et al.*, 1997, pág. 43).

(b) Dados de Petit Saut (Galy-Lacaux *et al.*, 1999).

(c) Dados de Tucuruí 44 meses depois de encher (J.G. Tundisi, citado por Rosa *et al.*, 1997, pág. 43).

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

Y = Razão entre a concentração de CH<sub>4</sub> e a concentração aos 30 m de profundidade

X = Profundidade debaixo da superfície (m)



Figura 3a. Emissões de ebulição para 0-3 m de profundidade

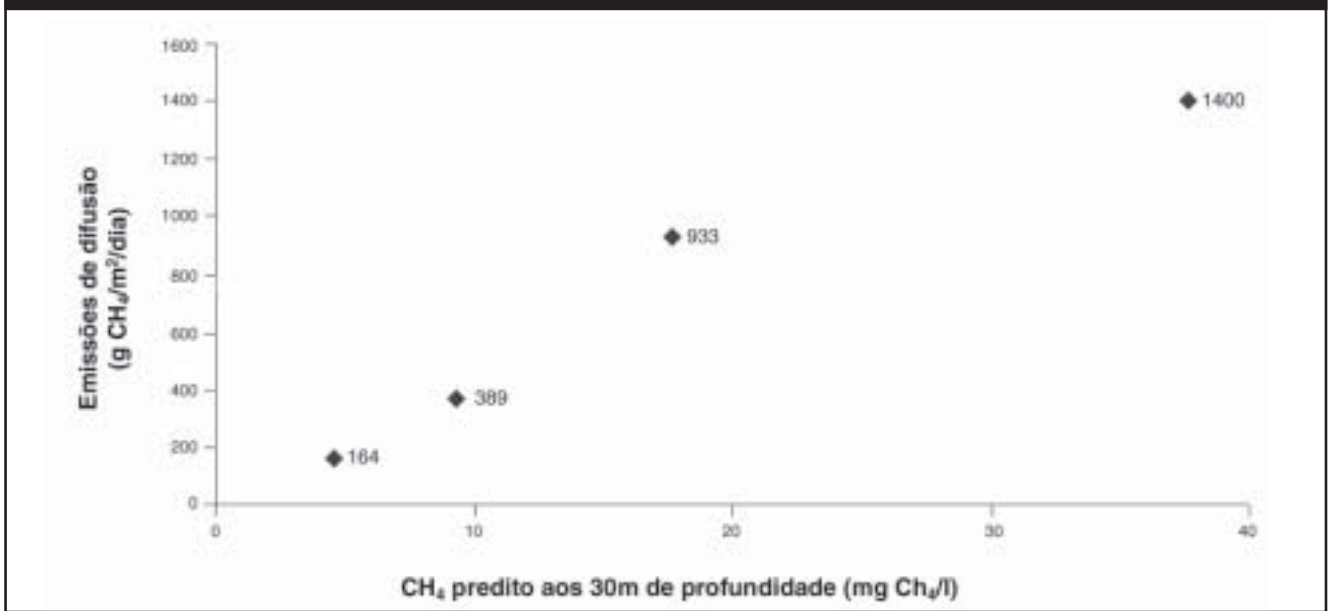


Figura 3b. Emissões de ebulição para 4-6 m de profundidade

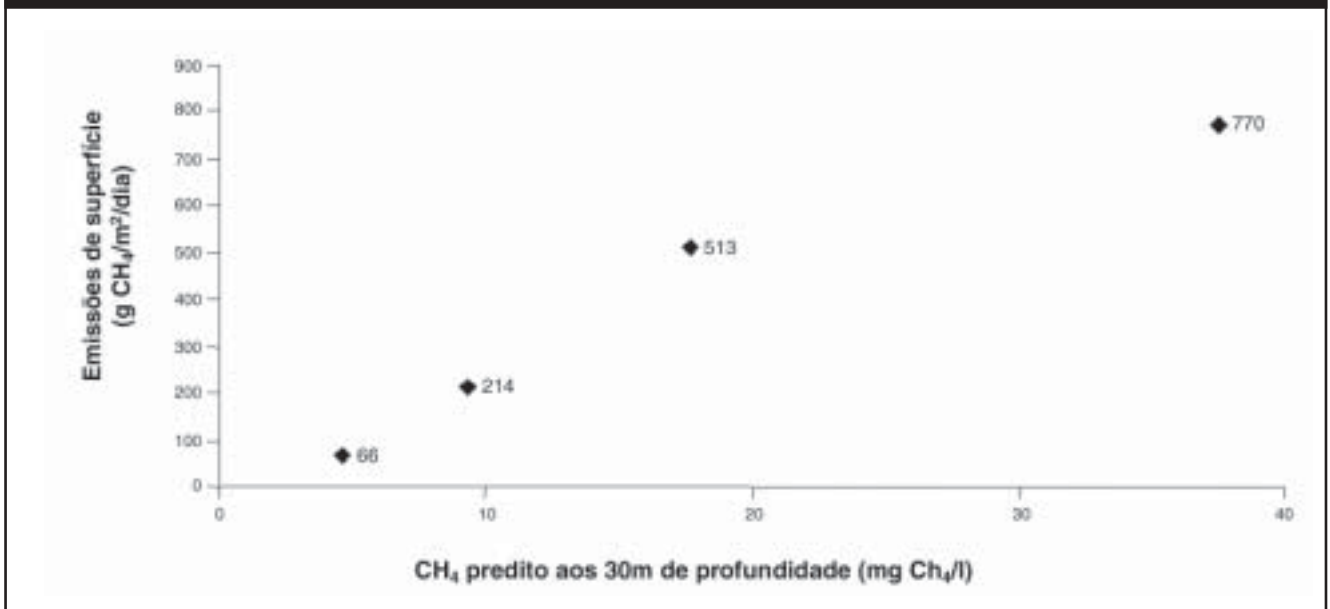
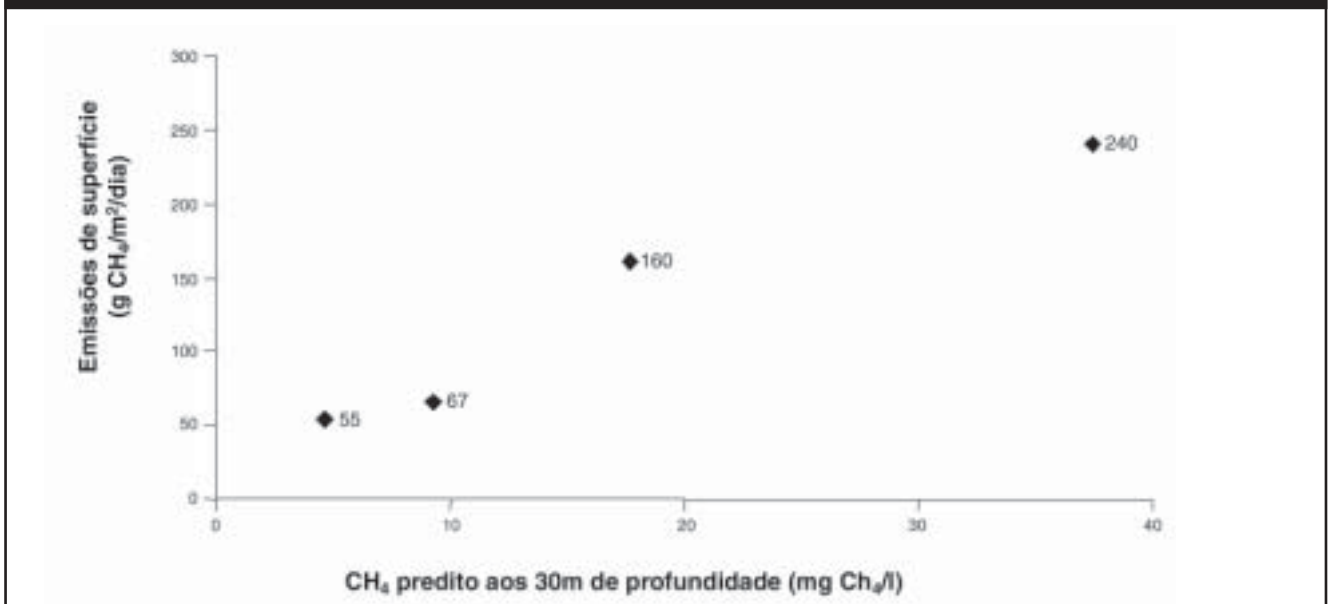
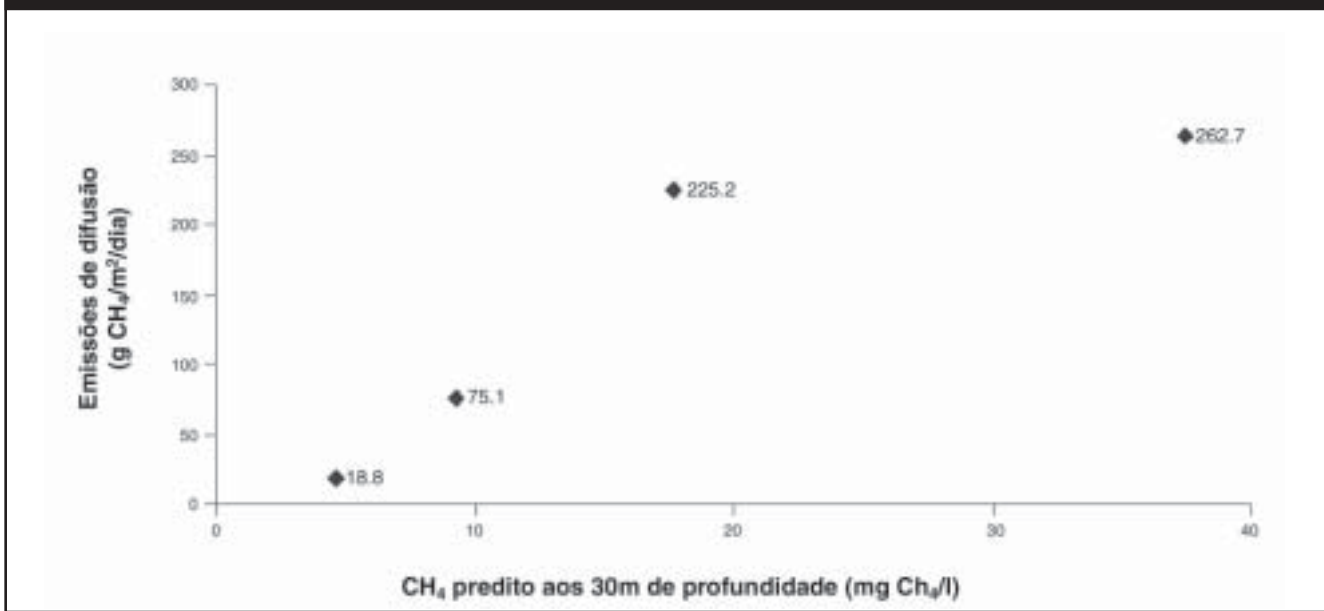


Figura 3c. Emissões de ebulição para 7-8 m de profundidade





**Tabela 3: Emissões ebulição e de difusão de concentração de CH<sub>4</sub> aos 30 m de profundidade<sup>(a)</sup>**

| Caminho de emissão | Gama de profundidade (m) | Gama de concentração de CH <sub>4</sub> aos 30 m de profundidade (mg/litro) | Declive | Intercepte |
|--------------------|--------------------------|---|---------|------------|
| Ebulição           | 0-3 m                    | 0-9,2   | 47,572  | -54,214    |
|                    |                          | 9,3-1,6   | 64,979  | -216,344   |
|                    |                          | ≥ 17,7  | 23,562  | 516,453    |
| Ebulição           | 4-6 m                    | 0-9,2   | 31,284  | -77,499    |
|                    |                          | 9,3-17,6  | 35,738  | -118,989   |
|                    |                          | ≥ 17,7  | 12,959  | 284,049    |
| Ebulição           | 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 CH<sub>4</sub> (mg/m<sup>2</sup>/dia) ; X = Concentração de CH<sub>4</sub> aos 30 m de profundidade (mg/litro) e m = Declive b = Intercepte

em cada classe de idade é calculada durante cada mês. Isto permite um cálculo da quantia de biomassa herbácea que é inundada, baseado em suposições relativas 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 à produção de madeira, em lugar de tecidos mais macios (a biomassa de folhas da floresta é usada para esta categoria).

Macrófitas são uma fonte importante de biomassa macia, facilmente decomposta. As populações destas plantas aquáticas aumentam com exuberância

para cobrir uma parte significativa de um reservatório novo, como aconteceu em Brokopondo, no Suriname (Paiva, 1977), Curuá-Una, no Pará (Junk *et al.*, 1981), Tucuruí, no Pará (de Lima, 2002), Balbina, no Amazonas (Walker *et al.*, 1999), e Samuel, em Rondônia (Fearnside, s/d-a). Imagens do satélite LANDSAT indicam que as macrófitas em Tucuruí cobriram 40% da superfície do reservatório dois anos depois do enchimento, diminuindo subsequente a 10% depois de uma década (de Lima *et al.*, 2002). Baseado em monitoramento em Samuel e Tucuruí, Ivan Tavares de Lima (2002) desenvolveu uma equação (eq. 4) para descrever a evolução da cobertura de macrófitas, que é usada na presente análise:

$$Y = 0,2 X^{-0,5} \quad (\text{eq. 4})$$

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 (Melack & Forsberg, 2001, pág. 248). O ponto central desta faixa (4,8 meses) implica que 14,4% da biomassa de macrófita morrem em cada mês. Esta taxa foi adotada para mortalidade de macrófita nos reservatórios. Além desta mortalidade, é encalhada uma parte da biomassa de macrófita quando o nível da água desce. Porque os ventos prevalecentes (que sopram de leste para oeste) empurrem 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 (veja Fearnside, 2001). Porque 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 decompõem-se 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 acrescentada 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 reinundadas.

A cobertura de macrófitas em reservatórios amazônicos sofre uma sucessão regular de espécies, começando com *Eicchornia* e terminando com *Salvinia*, como aconteceu em Curuá-Una (Vieira, 1982) e Balbina (Walker *et al.*, 1999). *Eicchornia* e outras espécies 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 (Walker *et al.*, 1999, pág. 252). Nos presentes cálculos presume-se que a troca para *Salvinia* acontece sete anos depois de enchimento do reservatório para as represas do Xingu. Macrófitas flutuantes como *Eicchornia* 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 *Eicchornia* mensurado em Lago Mirití, um lago de várzea perto de Manacapuru, Amazonas (P.M. Fearnside, dados não publicados). Para comparação, em lagos de várzea, espécies de *Oryza* tiveram 9-10 Mg/ha de peso seco, enquanto *Pasalum* teve 10-20 Mg/ha (T.R. Fisher, D. Engle & R. Doyle, dados inéditos citados por Melack & Forsberg, 2001, pág. 248). Em outra medida em lagos de várzea (onde a disponibilidade nutrientes é maior como nas represas no Xingu), nove medidas de macrófitas enraizadas na várzea depois de aproximadamente três meses de crescimento resultaram em uma média de 5,7 Mg/ha de biomassa seca (DP=1,7, variação=3,2-8,7) (Junk & Piedade, 1997, pág. 170). O valor presumido de 11,1 Mg/ha nas represas do Xingu está na faixa para biomassa de macrófitas flutuantes e submersas em outras partes do mundo. Por exemplo, as macrófitas submersas em Lago Biwa, no Japão tem 7-10 Mg/ha de biomassa seca (Ikusima, 1980, pág. 856).

Depois que a transição para *Salvinia* acontece, a biomassa por hectare de macrófitas é 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* (Junk & Piedade, 1997, pág. 169).

O metano da água que é presa debaixo do termocline será exportado dos reservatórios na água puxada pelas turbinas e pelo vertedouro. Esta é uma característica de represas hidrelétricas, completamente diferente dos corpos d'água naturais, tais como lagos de várzea, que são fontes globalmente significativas de CH<sub>4</sub> 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 do termocline a concentração de CH<sub>4</sub> 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 CH<sub>4</sub>, em qualquer determinado ponto é aproximadamente constante a qualquer dada profundidade abaixo da superfície, independente da profundidade até o fundo do local em questão (Galy-Lacaux *et al.*, 1997). A presente análise calcula para cada mês a profundidade abaixo da superfície do vertedouro e das entradas da turbina, para então calcular a concentração de CH<sub>4</sub> correspondente na água liberada por estas estruturas.

À medida que se desce pela coluna d'água, a pressão aumenta e a temperatura diminui. Ambos

efeitos agem para aumentar a concentração de  $\text{CH}_4$  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 (Fearnside, 2004). A pressão é quase cinco atmosferas aos 48 m de profundidade da entrada das turbinas no nível operacional normal em Babaquara. Quando a água emergir das turbinas, a pressão cai imediatamente para uma atmosfera. São liberados gases dissolvidos quando a pressão cair, da mesma maneira que bolhas de  $\text{CO}_2$  emergem imediatamente quando se abre uma garrafa de Coca Cola. A queda de pressão quando uma garrafa de Coca Cola é aberta é muito menor que a queda de pressão quando a água emerge das turbinas de uma hidrelétrica, a liberação de gases é ainda mais rápida na hidrelétrica. 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  $\text{CH}_4$  do que para  $\text{CO}_2$ , fazendo com que, também por esta razão, o metano seja liberado mais prontamente que as bolhas de gás carbônico de uma garrafa de Coca Cola. Em Petit Saut, por exemplo, a água que entrava nas turbinas em 1995 apresentava uma razão de  $\text{CO}_2$  para  $\text{CH}_4$  de 9:1, mas no ar na nuvem imediatamente abaixo da barragem, a relação era de 1:1, significando assim que, proporcionalmente, muito mais metano dissolvido é liberado (Galy-Lacaux *et al.*, 1997).

A fração do  $\text{CH}_4$  dissolvido que é liberado no transcurso da água pelo vertedouro e pelas turbinas dependerá da configuração destas 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, porém, alguma parte do conteúdo de  $\text{CH}_4$  provavelmente será repassada para o reservatório de Belo Monte, imediatamente a jusante de Babaquara. O reservatório de Belo Monte é planejado para chegar até o pé da barragem de Babaquara, fazendo com que seja injetada a água que emerge das turbinas de Babaquara diretamente no reservatório de Belo Monte, em lugar de fluir em um trecho de rio normal antes de entrar no reservatório. Como a água puxada do fundo da coluna d'água do reservatório de Babaquara estará a baixa temperatura, provavelmente afundará imediatamente no hipolimnion uma vez que entra diretamente no reservatório de Belo Monte. Seu conteúdo de  $\text{CH}_4$  seria, então, parcialmente preservado, e estaria sujeito a liberação

quando a água emergir posteriormente das turbinas de Belo Monte.

## B) Gás carbônico

Diferente do metano, o gás carbônico é tirado da atmosfera pela fotossíntese quando as plantas crescem. Portanto, o  $\text{CO}_2$  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  $\text{CO}_2$  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  $\text{CO}_2$  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 em algum detalhe, baseado no que é conhecido a partir da experiência em Balbina (que foi enchido ao longo do período 1987-1989). Os troncos das árvores se partem no ponto atingido pelo nível alto da água, deixando tocos projetando fora da água quando o nível decai. Até oito anos depois de ser inundadas, aproximadamente 50% das árvores de  $\geq 25$  cm de diâmetro e 90% das árvores de  $< 25$  cm de diâmetro tinham-se partidos (Walker *et al.*, 1999). Além disso, os galhos continuamente caem das árvores em pé. Aproximadamente 40% das árvores de terra firme flutuam em água (veja Fearnside, 1997a). As árvores que se afundam permanecem onde elas estão, seja na zona permanentemente inundada ou nas áreas mais rasas que estão periodicamente expostas na zona de deplecionamento. Os troncos que flutuam são empurrados pelo vento e pelas ondas até a margem e serão expostos à decomposição aeróbia na zona de deplecionamento quando o nível d'água descer. São calculados os estoques e as taxas de decomposição para cada categoria. A decomposição aeróbica contribui para a emissão de  $\text{CO}_2$  da biomassa acima da água. Parâmetros para a dinâmica e decomposição aeróbica da biomassa acima d'água são apresentados na Tabela 4.

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

**Tabela 4: Parâmetros para a emissão gases da biomassa acima da água no reservatório de Babaquara**

| Parâmetro  | Valor   | Unidades                   | Fonte   |
|--|---------|----------------------------|---|
| Fração acima do solo   | 0,759   |                            | Fearnside 1997b, pág. 337   |
| 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 (Fearnside, 1996b, pág. 611)                                      |
| Taxa de decomposição acima d'água (5-7 anos)   | -0,1841 | Fração/ano                 | Presumido mesmo como floresta derrubada (Fearnside, 1996b, pág. 611)                                      |
| Taxa de decomposição acima d'água (8-10 anos)  | -0,0848 | Fração/ano                 | Presumido mesmo como floresta derrubada (Fearnside, 1996b, pág. 611)                                      |
| Taxa de decomposição acima d'água (>10 anos)   | -0,0987 | Fração/ano                 | Presumido mesmo como floresta derrubada (Fearnside, 1996b, pág. 611)                                      |
| Conteúdo de carbono de madeira   | 0,50    |                            | Fearnside <i>et al.</i> , 1993  |
| Biomassa total médio de floresta a Babaquara   | 244     | Mg/ha                      | Revilla Cardenas (1988) para biomassa acima do solo; Fração acima do solo como acima.                     |
| Profundidade de água médio ao nível operacional normal   | 18,4    | metros                     | A 142 m sobre o mar   |
| Profundidade de água médio 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 Fearnside (1995a, pág. 12), 13.77 De Revilla-Cardenas, 1988, pp. 75 & 77 |
| Biomassa inicial presente: madeira acima d'água  | 138,8   | Mg/ha                      | Calculado de biomassa total e de Fearnside (1995a, pág. 12),  |
| Biomassa inicial presente: debaixo do solo   | 58,8    | Mg/ha                      | Calculado de biomassa total e de Fearnside (1995a, pág. 12),  |
| Liberação de metano por térmitas em floresta   | 0,687   | kg CH <sub>4</sub> /ha/ano | Martius <i>et al.</i> , 1996, pág. 527  |
| Liberação de metano por térmitas em biomassa acima d'água por Mg C se deteriorado por térmitas           | 0,0023  | Mg CH <sub>4</sub>         | Martius <i>et al.</i> , 1993  |
| Por cento de decomposição mediado por térmitas acima do nível d'água máximo operacional normal           | 4,23    | %                          | Martius <i>et al.</i> 1996, pág. 527 para biomassa derrubada  |
| Por cento de decomposição mediado por térmitas abaixo da linha d'água do nível máximo operacional normal | 0       | %                          | Baseado em Walker <i>et al.</i> , 1999.   |
| Área total do reservatório ao nível operacional normal   | 6.140   | km <sup>2</sup>            |   |
| Área do leito fluvial  | 136     | km <sup>2</sup>            | Revilla-Cardenas, 1988, pág. 87   |
| Área desmatada antes de inundar (zona de inundação permanente)   | 0       | km <sup>2</sup>            |   |
| Área total de floresta inundada  | 6.004   | km <sup>2</sup>            | Calculado por diferença   |
| Área de floresta original na zona de inundação permanente  | 2.424   | km <sup>2</sup>            | Área da zona, menos o leito fluvial e a área previamente desmatada  |
| Área de floresta original de zona de deplecionamento   | 3.580   | km <sup>2</sup>            | Calculado por diferença de área de floresta de total  |



**Tabela 4: Parâmetros para a emissão gases da biomassa acima da água no reservatório de Babaquara (cont.)**

| Parâmetro  | Valor | Unidades                       | Fonte  |
|--|-------|--------------------------------|--|
| 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 Walker <i>et al.</i> , 1999, 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 Walker <i>et al.</i> , 1999, 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> , 1999, pág. 245   |
| Por cento da biomassa acima do solo de madeira viva em galhos e tronco acima do primeiro galho | 30,2  | %                              | Fearnside, 1995a, pág. 12 baseado em Klinge & Rodrigues, 1973  |
| Por cento da biomassa de madeira acima do solo em troncos                                      | 69,8  | %                              | Fearnside, 1995a, pág. 12 baseado em Klinge & Rodrigues, 1973  |
| Por cento de biomassa de tronco > 25 cm DAP  | 66,0  | %                              | Calculado abaixo   |
| 10-25 cm DAP como por cento de biomassa de fuste total em árvores vivos > 10 cm DAP            | 22    | %                              | Brown & Lugo, 1992,  |
| 0-10 cm DAP como por cento de biomassa vivo total acima do solo                                | 12    | %                              | Jordan & Uhl, 1978,  |
| Bole como por cento de Biomassa de sobre-chão ao vivo total em árvores ao vivo > 10 cm DAP     | 57,47 | %                              | Baseado em fator de expansão de biomassa de 1,74 para bole biomassa > 190 Mg/ha em árvores ao vivo > 10 cm DAP (Brown e Lugo, 1992). |
| Biomassa viva acima do solo < 10 cm DAP  | 22,2  | Mg/ha                          | Calculado a partir de informações acima  |
| Galhos como porcentagem de biomassa de fuste viva  | 51,4  | %                              | Baseado em Brown & Lugo, 1992  |
| Biomassa de filial   | 55,9  | Mg/ha                          | Calculado a partir de informações acima  |
| Biomassa acima do solo de floresta   | 185,3 | Mg/ha                          | Calculado de total e fração acima do solo  |
| Sobre-chão Biomassa de madeira ao vivo   | 155,5 | Mg/ha                          | Total-folhas-morto   |
| Sobre-chão Biomassa de madeira morto   | 25,6  | Mg/ha                          | Klinge, 1973, pág. 179   |
| Biomassa de bole ao vivo   | 108,6 | Mg/ha                          | Aporcionamento baseado em Brown & Lugo, 1992   |
| Biomassa de fuste vivo 10-25 cm DAP  | 23,9  | Mg/ha                          | Aporcionamento baseado em Brown & Lugo, 1992   |
| Biomassa de fuste vivo < 10 cm DAP   | 13,0  | Mg/ha                          | Jordan & Uhl, 1978   |
| Biomassa de fuste vivo 0-25 cm DAP   | 36,9  | Mg/ha                          | Somado de acima  |
| Biomassa de fuste vivo > 25 cm DAP   | 71,7  | Mg/ha                          | Partioning baseado em Brown & Lugo, 1992   |
| Biomassa de fuste vivo: acima da linha d'água  | 96,4  | Mg/ha                          | Distribuição vertical interpolou de Klinge & Rodrigues, 1973,  |
| Biomassa de fuste vivo: 0-25 cm DAP: acima da linha d'água                                     | 32,8  | Mg/ha                          | Distribuição vertical interpolou de Klinge & Rodrigues, 1973,  |
| Biomassa de fuste vivo: > 25 cm DAP: acima da linha d'água                                     | 63,6  | Mg/ha                          | Distribuição vertical interpolou de Klinge & Rodrigues, 1973,  |
| Fração das árvores que flutuam   | 0,4   | Fração                         | Richard Bruce, comunicação pessoal, 1993; veja Fearnside, 1997a, pág., 61  |
| Fração de filiais originais em árvores restantes que caem por ano                              | 0,094 | Fração                         | Calculado de Walker <i>et al.</i> , 1999.  |
| Fração médio de área de drawdown de ano expôs  | 0,5   | Fração                         | Estimativa aproximada baseado no nível do reservatório em 2000 em Balbina.   |

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.

Outra fonte de emissões é de árvores perto da margem do reservatório, mortas quando o lençol d'água sobe e alcança as suas raízes. Em Balbina, uma faixa de árvores mortas é evidente ao redor da margem do reservatório (Walker *et al.*, 1999). 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 CO<sub>2</sub>, 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 floresta secundária cresça à mesma taxa que as capoeiras em pousios de agricultura itinerante (Fearnside, 2000).

## V. Emissões de Ecossistema de Pre-represa

As emissões dos ecossistemas presentes antes das represas serem construídas devem ser deduzidas das emissões das represas para se ter uma avaliação justa do impacto líquido do desenvolvimento hidrelétrico. A idéia de que as florestas inundadas pelos reservatórios têm emissões naturais grandes de gases de efeito estufa foi um dos principais componentes do ataque que a indústria hidrelétrica montou contra estudos que indicam emissões altas das represas hidrelétricas. Quando os primeiros estudos indicaram que a hidrelétrica de Balbina emitiu mais do que seria liberado produzindo a mesma quantidade de eletricidade a partir de combustíveis fósseis (Fearnside, 1995a), a Associação Nacional de Hidrelétricas dos EUA (USNHA) reagiu com a declaração:

“É uma asneira e é muito exagero ... O metano é produzido bastante substancialmente na floresta tropical e ninguém sugere cortar a floresta tropical.”

Esta declaração de Karolyn Wolf (porta-voz da USNHA) ilustra bem a veemência com que se resistiu a este assunto (veja IRN, 2002). A Hydro-Québec foi mais longe ao afirmar que as emissões grandes de ecossistemas de várzea nas áreas inundadas por represas hidrelétricas poderiam fazer com que o impacto líquido destes projetos fosse um “assunto de soma zero” (Gagnon, 2002). Infelizmente, um exame destes argumentos indica o contrário, apontando para uma emissão líquida substancial das represas hidrelétricas. Babaquara ilustra bem isto, e vale a pena examinar este caso em algum detalhe.

As áreas dos ecossistemas naturalmente inundados e não inundados são apresentadas na Tabela 5. 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 (veja Melack & Hess, 2004). No entanto, deveria ser lembrado que lagos temporários ao longo dos rios Xingu e Iriri existem: mapas analisados por de Miranda *et al.* (1988, pág. 88) indicam de 28 a 52 lagos na área a ser inundada por Babaquara, dependendo do mapa usado na análise.

Os parâmetros para emissões de metano pela floresta não inundada (floresta de terra firme) são apresentados na Tabela 6. Estes indicam um efeito mínimo sobre o metano, com a perda de um sumidouro pequeno no solo quando inundado. Emissões de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) em solo florestado não inundado são pequenas: 0,0087 Mg de gás/ha/ano (Verchot *et al.*, 1999, pág. 37), ou 0,74 Mg/ha/ano de carbono CO<sub>2</sub>-equivalente, considerando o potencial de aquecimento global de 310 (Schimel *et al.*, 1996, pág. 121). Cálculos de óxido nitroso para floresta não inundada e para áreas inundadas são apresentados na Tabela 7. Os cálculos incluem o efeito da formação de poças temporárias em áreas de terra firme durante eventos periódicos de chuva pesada (Tabela 7).

Para áreas inundadas, 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 CH<sub>4</sub>/m<sup>2</sup>/dia, DP=74,1, variação=7-230) é a média de cinco estudos em floresta de várzea de água branca revisada por

**Tabela 5: Área e Biomassa de vegetação ao Belo Monte e Babaquara<sup>(a)</sup>**

| Tipo de vegetação   | BABAQUARA               |           |   | BELO MONTE              |           |   |
|---|-------------------------|-----------|---|-------------------------|-----------|---|
|   | Área (km <sup>2</sup> ) | Por cento | Biomassa acima do solo <sup>(b)</sup> (Mg/ha peso seco) | Área (km <sup>2</sup> ) | Por cento | Biomassa acima do solo <sup>(b)</sup> (Mg/ha peso seco) |
| <b>Vegetação não inundada</b>   |                         |           |   |                         |           |   |
| Floresta aberta de terra firme [floresta aberta mista (FA) + floresta aberta submontana (FS)] | 3.565,3                 | 58,0      | 175,2   |                         |           |   |
| Floresta aberta de terra firme sobre revelo acidentado  |                         |           |   | 205,7                   | 46,7      | 125,27  |
| Floresta aberta de terra firme sobre revelo ondulado  |                         |           |   | 11,9                    | 2,7       | 201,9   |
| Floresta secundária latifoliada   | 10,9                    | 0,2       | 20,0 <sup>(c)</sup>                                     | 11,0                    | 2,5       | 20,0  |
| <b>Vegetação inundada</b>   |                         |           |   |                         |           |   |
| Floresta densa ciliar estacionalmente inundável ou Floresta Densa Ciliar (FC)                 | 2.421,9                 | 39,3      | 201,2   | 191,5                   | 43,6      | 121,2   |
| Floresta Aberta ciliar estacionalmente submersa (Formações pioneiras aluviais campestres)     | 5,6                     | 0,1       | 60,0  |                         |           |   |
| <b>Nenhuma vegetação (canal de rio)</b>   |                         |           |   |                         |           |   |
| Áreas sem cobertura vegetal   | 136,3                   | 2,4       | 0,0   | 20,0                    | 4,5       | 0,0   |
| <b>Totais</b>   |                         |           |   |                         |           |   |
| 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 (1987, p.55; 1988, p.87), com áreas ajustadas em proporção à estimativa de área de reservatório atual (6.140 km<sup>2</sup> para Babaquara; 440 km<sup>2</sup> 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 (1988) para Babaquara, baseado em dados de Tucuruí.

Wassmann e Martius (1997). Um valor semelhante de 112 mg CH<sub>4</sub>/m<sup>2</sup>/dia (n=68, DP=261) foi encontrado durante inundações em florestas de água preta (igapós) ao longo do rio Jaú, um afluente do rio Negro. Nas florestas de igapó na bacia do rio Jaú estudadas por Rosenqvist *et al.* (2002, pág. 1323) a taxa de emissão de metano das áreas inundadas é muito mais alta durante o período curto quando o nível d'água estiver 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 expressado em termos de emissão por ciclo de inundação (em

lugar de por dia inundado). 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 CO<sub>2</sub> em Babaquara em uma base diária, ou 0,248 milhões de toneladas de carbono CO<sub>2</sub>-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.

**Tabela 6: Fluxo evitado de metano da perda de floresta em Babaquara**

| Item   | Valor     | Unidades  | Fonte  |
|--|-----------|---|--|
| <b>ABSORÇÃO PELO SOLO EM FLORESTA NÃO INUNDADA</b>                                 |           |   |  |
| CH <sub>4</sub> anual médio suprem com gás absorção de não inundada arborize terra | -3,8      | kg CH <sub>4</sub> /ha/ano  | Potter <i>et al.</i> (1996) de 22 estudos  |
| Área total de floresta inundada por reservatório                                   | 6.004     | km <sup>2</sup>   | Baseado em 6.140 área de reservatório de km <sup>2</sup> e stream bed de Revilla Cardenas, 1988, p.87,         |
| Área de floresta ribeirinha inundada por reservatório                              | 2.427     | km <sup>2</sup>   | Revilla Cardenas, 1988, pág. 87  |
| Área de floresta de firme de terra inundada por reservatório                       | 3.576     | km <sup>2</sup>   | Calculado por diferença  |
| Fração de ano que floresta ribeirinha inundou naturalmente                         | 0.17      | Fração  | presumido ser 2 meses, em média  |
| Absorção por ha por ano em floresta ribeirinha                                     | -3,17     | kg CH <sub>4</sub> /ha/ano  | Proporcional cronometrar não inundada  |
| Absorção por ano em floresta ribeirinha  | -768,70   | Mg CH <sub>4</sub> /ano   | Absorção por ha área de X de floresta ribeirinha   |
| Absorção por ano em floresta de firme de terra                                     | -1.358,98 | Mg CH <sub>4</sub> /ano   | Absorção por ha área de X de floresta de firme de terra  |
| Absorção total por ano   | -2.127,68 | Mg CH <sub>4</sub> /ano   | Some através de tipo de floresta   |
| Potencial de efeito estufa (GWP) de CH <sub>4</sub>                                | 21        | Mg CO <sub>2</sub> suprem com gás equivalente/<br>Mg gás de CH <sub>4</sub> | Schimel <i>et al.</i> , 1996   |
| CO <sub>2</sub> carbono equivalente/ano  | -0,012    | Milhões de Mg CO <sub>2</sub> - C/ano equivalente                           | Calculado de emissão de CH <sub>4</sub> , GWP, peso atômico de C (12) e peso molecular de CO <sub>2</sub> (44) |
| <b>EMIÇÃO ATRAVÉS DE TÉRMITAS DE FLORESTA</b>                                      |           |   |  |
| Emissão/ha/ano   | 0,5       | kg CH <sub>4</sub> /ha/ano  | Fearnside, 1996b,  |
| 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 <sub>4</sub> /ano   | Calculado a partir de informações acima  |
| CO <sub>2</sub> carbono equivalente/ano  | 0,0018    | Milhões de Mg CO <sub>2</sub> - C/ano equivalente                           | Calculado como acima   |
| <b>EMIÇÕES DE INUNDAÇÃO NATURAL DE FLORESTA INUNDADA PRE-REPRESA</b>               |           |   |  |
| Emissão de metano de floresta inundada durante inundação natural                   | 103,8mg   | CH <sub>4</sub> /m <sup>2</sup> /dia.                                       | Media de cinco estudos em floresta em várzea de água branca(Wassmann & Martius, 1997, pág. 140)                |
| Dias inundados por ano   | 59,4      |   | Suposição de dias, como acima.   |
| Emissão anual por km <sup>2</sup>  | 6,2       | Mg CH <sub>4</sub> /ano/km <sup>2</sup> .                                   | Calculado a partir de informações acima  |
| Emissão natural anual através de floresta inundada                                 | 14.961    | Mg CH <sub>4</sub> /ano.  | Calculado a partir de informações acima  |
| CO <sub>2</sub> carbono equivalente/ano  | 0,086     | Milhões de Mg CO <sub>2</sub> C/ano equivalente                             | Calculado a partir de informações acima  |

**Tabela 6: Fluxo evitado de metano da perda de floresta em Babaquara (cont.)**

| Item  | Valor   | Unidades   | Fonte   |
|---|---------|--|---|
| Emissão anual ajustou para comprimento de ciclo   | 44.883  | Mg CH <sub>4</sub> /ano                            | Considerando emissão por ciclo (2 vs de meses 6 meses)  |
| CO <sub>2</sub> carbono equivalente/ano   | 0,257   | Milhões de Mg CO <sub>2</sub> -C/ano equivalente   | Calculado de acima  |
| <b>EMISSIONES DE EVENTOS PERIÓDICOS DE FORMAÇÃO DE POÇAS EM FLORESTA DE TERRA FIRME</b> |         |  |   |
| Formação de poças em florestas de terra firme   | 1.801   | km <sup>2</sup> -dias/ano.                         | Calculado de área, 5% que inundam por evento (baseado em Mori & Becker, 1991) e presumiu frequência de 5-ano e duração de 30 dias |
| Emissão quando inundado ou com formação de poças  | 103,8mg | CH <sub>4</sub> /m <sup>2</sup> /dia.              | Presumido ser o mesmo que a floresta de várzea (como acima).  |
| Emissão natural anual através de formação de poças                                      | 187,0   | Mg CH <sub>4</sub> /ano.                           | Calculado a partir de informações acima   |
| CO <sub>2</sub> carbono equivalente/ano   | 0,001   | Milhões de Mg CO <sub>2</sub> - C/ano equivalente  | Calculado a partir de informações acima.  |
| <b>TOTAIS</b>   |         |  |   |
| Emissão total de metano   | 43.259  | Mg CH <sub>4</sub> /ano                            | Calculado a partir de informações acima, incluindo ajuste de comprimento do ciclo.  |
| CO <sub>2</sub> carbono equivalente/ano   | 0,248   | Milhões de Mg CO <sub>2</sub> - C/ano equivalente. | Calculado a partir de informações acima.  |

**Tabela 7: Emissão evitada de óxido nítrico de perda de floresta em Babaquara**

| Item   | Valor   | Unidades                   | Fonte   |
|--|---------|----------------------------|---|
| <b>EMISSIONES DE FLORESTA NÃO INUNDADA</b>                                 |         |                            |   |
| Emissão anual média de N <sub>2</sub> O do solo em florestas não inundadas | 8,7     | kg N <sub>2</sub> O/ha/ano | Verchot <i>et al.</i> , 1999, pág. 37   |
| Área total de floresta inundada por reservatório                           | 6.004   | km <sup>2</sup>            | Baseado em 6.140 área de reservatório de km <sup>2</sup> e leito fluvial de Revilla Cardenas, 1988, p.87, |
| Área de floresta inundada submersa pelo reservatório                       | 2.427   | km <sup>2</sup>            | Revilla Cardenas, 1988, pág. 87   |
| Área de floresta de terra firme inundada por reservatório                  | 3.576   | km <sup>2</sup>            | Calculado por diferença   |
| Fração do ano que floresta inundada é submersa naturalmente                | 0,17    | Fração                     | Assumido 2 meses média acesa  |
| Emissão por ha por ano em floresta inundada                                | 7,23    | kg N <sub>2</sub> O/ha/ano | Proporcional ao tempo não inundado  |
| Emissão por ano em floresta ribeirinha                                     | 1.755,6 | Mg N <sub>2</sub> O/ano    | Emissão por ha X área de floresta inundada  |
| Emissão por ano em floresta de firme de terra                              | 3.103,7 | Mg N <sub>2</sub> O/ano    | Emissão por ha X área de floresta de terra firme  |
| Emissão total por ano  | 4.859,3 | Mg N <sub>2</sub> O/ano    | Some através de tipo de floresta  |



**Tabela 7: Emissão evitada de óxido nítrico de perda de floresta em Babaquara (cont.)**

| Item   | Valor   | Unidades   | Fonte   |
|--|---------|--|---|
| Potencial de efeito estufa (GWP) de N <sub>2</sub> O     | 310     | Mg CO <sub>2</sub> suprem com gás equivalente / Mg gás de N <sub>2</sub> O | Schimel <i>et al.</i> , 1996  |
| CO <sub>2</sub> carbono equivalente/ano                  | 0,411   | Milhões de Mg CO <sub>2</sub> - C/ano equivalente                          | Calculado de área e por-hectare emissão, peso atômico de C (12) e peso molecular de CO <sub>2</sub> (44)  |
| <b>EMISSIONES DE INUNDAÇÃO</b>                           |         |  |   |
| Inundação de floresta inundada                           | 404,6   | km <sup>2</sup> -dias/ano  | Calculado de área e assumiu 6 meses de inundação em médio   |
| Emissão de formação de poças em florestas                | 1.801,1 | km <sup>2</sup> -dias/ano  | Calculado de área, 5% que inundam por de terra firme evento (baseado em Mori & Becker, 1991) e presumiu frequência de 5 anos e uma duração de 30 dias |
| Emissão quando inundada                                  | 7,6     | kg de N <sub>2</sub> O/ km <sup>2</sup> -dia                               | 7.6 mg N <sub>2</sub> O/m <sup>2</sup> /dia( médias dos reservatórios de Tucuruí e Samuel: de Lima <i>et al.</i> , 2002)                              |
| Emissão de inundação de floresta inundada                | 3,1     | Mg N <sub>2</sub> O/ano  | Inundando (km <sup>2</sup> /dia) X emissão/km <sup>2</sup> /dia   |
| Emissão de formação de poças em florestas de terra firme | 13,7    | Mg N <sub>2</sub> O/ano  | Formação de poças (km <sup>2</sup> -dias) X Emissão/km <sup>2</sup> /dia  |
| Emissão total de inundação                               | 16,8    | Mg N <sub>2</sub> O/ano  | Soma de emissões de inundação.  |
| CO <sub>2</sub> carbono equivalente/ano                  | 0,001   | Milhões de Mg CO <sub>2</sub> - C/ano equivalente                          | Calculado de GWP como acima.  |
| <b>EMIÇÃO TOTAL</b>                                      |         |  |   |
| Emissão total de perda de floresta                       | 4.876,0 | Mg N <sub>2</sub> O/ano  | Soma de floresta de não inundada, formação de poças e emissões inundando  |
| CO <sub>2</sub> carbono equivalente ano                  | 0,412   | Milhões de Mg CO <sub>2</sub> - C/ano equivalente                          | Calculado de GWP como acima.  |

## VI. Emissões de Construção

Represas, obviamente, requerem muito mais materiais, como aço e cimento, do que instalações equivalentes movidas a combustível fóssil, como as usinas termoelétricas 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 na Tabela 8. 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. As quantidades são calculadas em proporção às quantidades usadas em Belo Monte (Tabela 8).

A quantidade de cimento usada em cada barragem é determinada na Tabela 9. A Belo Monte é

excepcionalmente modesta no uso de cimento porque o local permite que a barragem principal (Sítio Pimentel) seja construída em um local que é mais alto em elevação que a casa de força principal (o Sítio Belo Monte). A barragem principal tem uma altura máxima de apenas 35 m (Brasil, ELETRO-NORTE, 2002, Tomo I, pág. 6-33), enquanto a casa de força principal aproveita uma queda de referência de 87,5 m (Brasil, ELETRONORTE, 2002, Tomo I, pág. 3-52). 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 obras públicas brasileiras em termos de uso de cimento, usou três vezes mais cimento do que a quantidade prevista para Belo Monte

(Pinto, 2002, pág. 39). A Babaquara usaria 2,6 vezes mais cimento por MW de capacidade instalada do que a Belo Monte (Tabela 9).

É esperado que a quantidade de diesel usada para Belo Monte seja  $400 \times 10^3$  Mg (Brasil, ELETRO-NORTE, 2002, Tomo II, pág. 8-145). 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, 1996 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 (Brasil, ELETRO-NORTE, 2002, Tomo I, pág. 8-22). Para Babaquara presume-se que o uso de diesel será proporcional à quantidade de escavação planejada naquela represa, (da Cruz, 1996, pág. 18).

**Tabela 8: Aço usado na construção de Belo Monte e Babaquara**

| Item  | Peso (kN) | Número | Massa total (Mg) | Totais por categoria (Mg) |
|---|-----------|--------|------------------|---------------------------|
| <b>Belo Monte<sup>(A)</sup></b>                               |           |        |                  |                           |
| <b>Equipamento elétrico e mecânico</b>                        |           |        |                  |                           |
| Turbinas-casa de força principal                              | 20.000    | 20     | 40.816           |                           |
| Condutos forçados   | 14.150    | 20     | 28.878           |                           |
| Comportas da tomada d'água                                    | 1.400     | 20     | 2.857            |                           |
| Peças fixas das comportas                                     | 260       | 20     | 531              |                           |
| Comportas ensecadeiras da tomada d'água principal             | 1.080     | 20     | 2.204            |                           |
| Peças fixas das comportas ensecadeiras                        | 157       | 20     | 320              |                           |
| Pórtico rolante da tomada d'água                              | 1.700     | 1      | 173              |                           |
| Grades da tomada d'água                                       | 410       | 8      | 335              |                           |
| Viga pescador das grades                                      | 60        | 1      | 6                |                           |
| Máquinas limpa grades   | 260       | 2      | 53               |                           |
| Comportas ensecadeiras dos tubos de sucção                    | 940       | 2      | 192              |                           |
| Peças fixas-comportas ensecadeiras                            | 110       | 2      | 22               |                           |
| Pórtico dos tubos de sucção                                   | 550       | 1      | 56               |                           |
| Pontes rolantes da casa de força                              | 4.800     | 2      | 980              |                           |
| Ponte rolante auxiliar (Galeria do SF6)                       | 180       | 1      | 18               |                           |
| Comportas-vertedouro principal                                | 2.300     | 17     | 3.990            |                           |
| Peças fixas - comportas do vertedouro principal               | 52        | 17     | 90               |                           |
| Comportas-ensecadeiras de montante                            | 2.380     | 2      | 486              |                           |
| Peças fixas-comportas ensecadeiras de montante                | 159       | 7      | 114              |                           |
| Comportas ensecadeiras de jusante                             | 1.228     | 2      | 251              |                           |
| Peças fixas de comportas ensecadeiras de jusante              | 191       | 2      | 39               |                           |
| Pórtico rolante de montante (& Tomada d'água complementar)    | 520       | 1      | 53               |                           |
| Pórtico rolante de jusante (& casa de força complementar)     | 800       | 1      | 82               |                           |
| Turbinas-casa de força complementar                           | 3.000     | 7      | 2.143            |                           |
| Comportas emergência (jusante)                                | 715       | 7      | 511              |                           |
| Comportas ensecadeiras tomada d'água complementar             | 952       | 4      | 389              |                           |
| Peças fixas-comportas ensecadeiras tomada d'água complementar | 78        | 4      | 32               |                           |

**Tabela 8: Aço usado na construção de  
Belo Monte e Babaquara (cont.)**

| Item  | Peso<br>(kN) | Número         | Massa<br>total<br>(Mg) | Totais por<br>categoria<br>(Mg) |
|---|--------------|----------------|------------------------|---------------------------------|
| <b>Belo Monte<sup>(A)</sup></b>                                     |              |                |                        |                                 |
| Pórtico rolante -tomada d'água complementar                         | 520          | 1              | 53                     |                                 |
| Grades da tomada d'água complementar                                | 305          | 4              | 124                    |                                 |
| Peças fixas-grades da tomada d'água complementar                    | 68           | 4              | 28                     |                                 |
| Máquinas limpa grades-tomada d'água complementar                    | 260          | 1              | 27                     |                                 |
| Comportas ensecadeiras dos tubos de sucção-complementar             | 603          | 2              | 123                    |                                 |
| Peças fixas-comportas ensecadeiras dos tubos de sucção-complementar | 42           | 2              | 9                      |                                 |
| Pórtico rolante dos tubos de sucção-complementar                    | 800          | 1              | 82                     |                                 |
| Pontes rolantes da casa de força complementar                       | 440          | 2              | 90                     |                                 |
| Comportas do vertedouro complementar                                | 3.050        | 4              | 1.245                  |                                 |
| Peças fixas-comportas do vertedouro complementar                    | 61           | 4              | 25                     |                                 |
| Comportas ensecadeiras de montante - complementar                   | 2.976        | 1              | 304                    |                                 |
| Peças fixas-comportas ensecadeiras de montante - complementar       | 242          | 1              | 25                     |                                 |
| Pórtico rolante-vertedouro complementar                             | 580          | 1              | 59                     |                                 |
| Peças fixas-pórtico rolante vertedouro complementar                 | 120          | 1              | 12                     |                                 |
| Geradores-casa de força principal                                   | 27.200       | 20             | 55.510                 |                                 |
| Geradores-casa de força complementar                                | 1.770        | 7              | 1.264                  |                                 |
| Sub-total   |              |                |                        | 144.598                         |
| <b>Vergulhão de concreto armado</b>                                 |              |                |                        |                                 |
| Armadura de concreto - casa de força                                |              |                | 80.715                 |                                 |
| Armadura de concreto - túnel de desvio                              |              |                | 850                    |                                 |
| Armadura de concreto - transições e muros de concreto               |              |                | 7.348                  |                                 |
| Armadura de concreto -Vertedouros de superfície                     |              |                | 9.836                  |                                 |
| Armadura de concreto -Tomada d'água e adutoras                      |              |                | 63.442                 |                                 |
| Armadura de concreto -Canal de adução                               |              |                | 16.472                 |                                 |
| Armadura de concreto -Canal e/ou túnel de fuga                      |              |                | 72                     |                                 |
| Sub-total   |              |                |                        | 178.735                         |
| <b>Total de aço em Belo Monte</b>                                   |              |                |                        | 323.333                         |
| <b>Babaquara</b>  |              |                |                        |                                 |
| Cálculo de volume concreto como sendo proporcional ao de Belo Monte |              |                |                        |                                 |
| <b>Equipamento elétrico e mecânico (b)</b>                          |              |                |                        |                                 |
| Capacidade instalada em Belo Monte                                  | 11.181,3     | MW             |                        |                                 |
| Capacidade instalada em Babaquara                                   | 6.274        | MW             |                        |                                 |
| Aço elétrico e mecânico em Belo Monte                               | 144.598      | Mg             |                        |                                 |
| Aço elétrico e mecânico proporcional em Babaquara                   | 81.136       | Mg             |                        |                                 |
| <b>Vergulhão de concreto armado</b>                                 |              |                |                        |                                 |
| Volume concreto em Belo Monte                                       | 4.355.480    | m <sup>3</sup> |                        |                                 |
| Volume concreto em Babaquara  | 5.410.000    | m <sup>3</sup> |                        |                                 |
| Armadura de concreto em Belo Monte                                  | 178.735      | Mg             |                        |                                 |
| Peso proporcional de armadura de concreto em Babaquara              | 222.009      | Mg             |                        |                                 |
| <b>Aço total em Babaquara</b>                                       |              | 303.146        | Mg                     |                                 |

(a) Fonte de dados: Brasil, ELETRONORTE, 2002.

(b) Além dos itens listados, faltam informações no estudo de viabilidade sobre o peso dos seguintes: elevadoras de subestações: principal (1), complementar (1), elevadores de transformadores: principal (22), complementar (5)

(c) Babaquara solidificam de da Cruz, 1996, pág., 18.

**Tabela 9: Cimento usado para construção de Belo Monte e Babaquara**

|                                       | Cimento (Mg) <sup>(a)</sup> | Nota |
|---------------------------------------|-----------------------------|------|
| <b>Belo Monte</b>                     |                             |      |
| Casa da força                         | 215.664                     |      |
| Túnel de desvio                       | 1.780                       |      |
| Transições e muros de concreto        | 42.882                      |      |
| Vertedouros de superfície             | 48.049                      |      |
| Tomada d'água e adutoras              | 183.951                     |      |
| Canal de adução                       | 356.160                     |      |
| Canal e/ou túnel de fuga              | 180                         |      |
| <b>Total</b>                          | <b>848.666</b>              |      |
| <b>Babaquara</b>                      |                             |      |
| Cálculo de cimento de volume concreto |                             |      |
| Volume concreto em Babaquara          | 5.410.000 m <sup>3</sup>    | (b)  |
| Conteúdo de cimento médio de concreto | 225 kg/m <sup>3</sup>       | (c)  |
| Uso de cimento calculado em Babaquara | 1.217.250 Mg                |      |

(a) Fonte de dados: Brasil, ELETRO-NORTE, 2002.

(b) da Cruz, 1996, pág. 18

(c) Conteúdo médio de cimento de 52 barragens suíças: 225 kg/m<sup>3</sup> (Dones & Gantner, 1996)

As estimativas de materiais para construção de represas e linhas de transmissão são apresentadas na Tabela 10. 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 CO<sub>2</sub> de construção de apenas 0,18 Mg equivalente/GWh (McCulloch & Vadgama, 2003, pág. 11).

## VII. Emissões Calculadas da 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 Sevá, 1990). 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 (Brasil, ELETRO-NORTE, 2002, Tomo II, pág. 8-171).

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 (Brasil, ELETRO-NORTE, 2002, pág. 8-171). 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 (Brasil, MME-CCPESE, 2002). O cenário de referência do Plano Decenal estima 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 4. 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 em 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



**Tabela 10: Emissões de gás de efeito estufa de represa e construção de transmissão-linha**

| Item                               | Unidades           | Emissão por unidade<br>CO <sub>2</sub> - equivalente C (kg) | Referência | Nota |
|------------------------------------|--------------------|---|------------|------|
| Aço                                | Mg                 | 600,0   | (a)        | (b)  |
| Cimento                            | kg                 | 0,207   | (a)        | (c)  |
| Diesel                             | milhões de kg      | 863.280   | (d)        |      |
| Eletricidade                       | TWh                | 139.903.200   | (g)        |      |
| Substituto-total de represa        |                    |   |            |      |
| Construção de linha de transmissão | km-MW instalado    | 1,9   | (i)        |      |
| Total de projeto                   |                    |   |            |      |
| Item                               | Número de unidades | Emissão (milhões<br>MG CO <sub>2</sub> equivalente C)       | Referência | Nota |
| <b>Belo Monte</b>                  |                    |   |            |      |
| Aço                                | 323.333            | 0,194   | (c)        | (a)  |
| Cimento                            | 848.666.000        | 0,176   | (e)        | (a)  |
| Diesel                             | 135,1              | 0,117   | (f)        |      |
| Eletricidade                       | 3,15               | 0,441   | (h)        |      |
| Substituto-total de represa        |                    | 0,928   |            |      |
| Construção de linha de transmissão | 29.596.901         | 0,055   | (j)        | (a)  |
| <b>Total de projeto</b>            |                    | <b>0,983</b>  |            |      |
| Item                               | Número de unidades | Emissão (milhões<br>MG CO <sub>2</sub> equivalente C)       | Referência | Nota |
| <b>Babaquara</b>                   |                    |   |            |      |
| Aço                                | 303.146            | 0,182   | (c)        | (a)  |
| Cimento                            | 1.217.250.000      | 0,252   | (e)        | (a)  |
| Diesel                             | 76,8               | 0,066   | (f)        |      |
| Eletricidade                       | 1,79               | 0,251   | (h)        |      |
| Substituto-total de represa        |                    | 0,751   |            |      |
| Construção de linha de transmissão | 17.046.458         | 0,032   | (j)        |      |
| <b>Total de projeto</b>            |                    | <b>0,783</b>  |            |      |

(a) Van Vate, 1995.

(b) Usa GWPs de 100 anos de IPCC 1994: CO<sub>2</sub>=1, CH<sub>4</sub>=24,5, N<sub>2</sub>O=320 (Albritton *et al.*, 1995).

(c) Tabela 8.

(d) Usa GWPs de 100 anos de IPCC 1995 [Kyoto Protocol valores]: CO<sub>2</sub>=1, CH<sub>4</sub>=21, N<sub>2</sub>O=310 (Schimel *et al.*, 1996).

(e) Tabela 9.

(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 280 kWh de electricidade por TJ (Dones & Gantner, 1996). Emissões de eletricidade consideram o baseline de geração de gás natural no São Paulo (veja texto).

(i) Média em Québec, Canadá (Peisajovich *et al.*, 1996).

(j) A linha de transmissão de Belo Monte até a rede do centro-sul brasileiro vai para três destinos com uma distância má de 2647 km: Cachoeira Paulista-SP (2.662 km), Campinas-SP (2.599 km) e Ouro Preto-MG (2.680 km) (Brasil, MME-CCPESE, 2002). Babaquara tem 70 km adicionais de linha.

Figura 4a. Babaquara: Carbono decomposto anaerobicamente

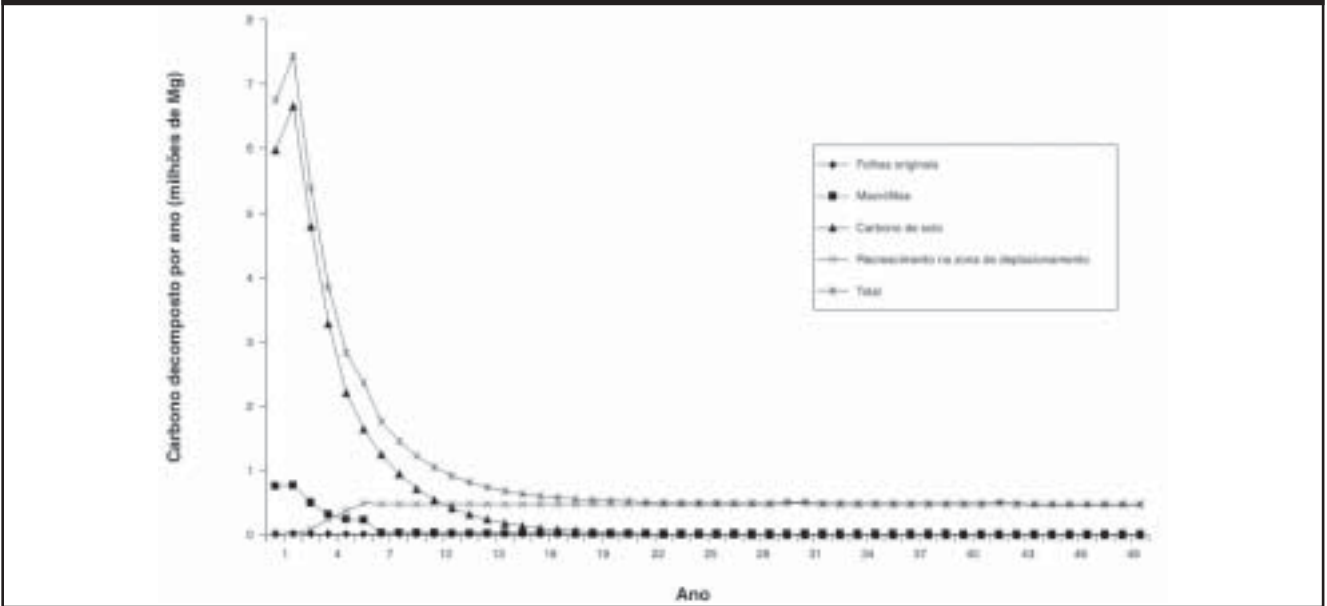


Figura 4b. Belo Monte Reservatório de calha: Carbono decomposto anaerobicamente

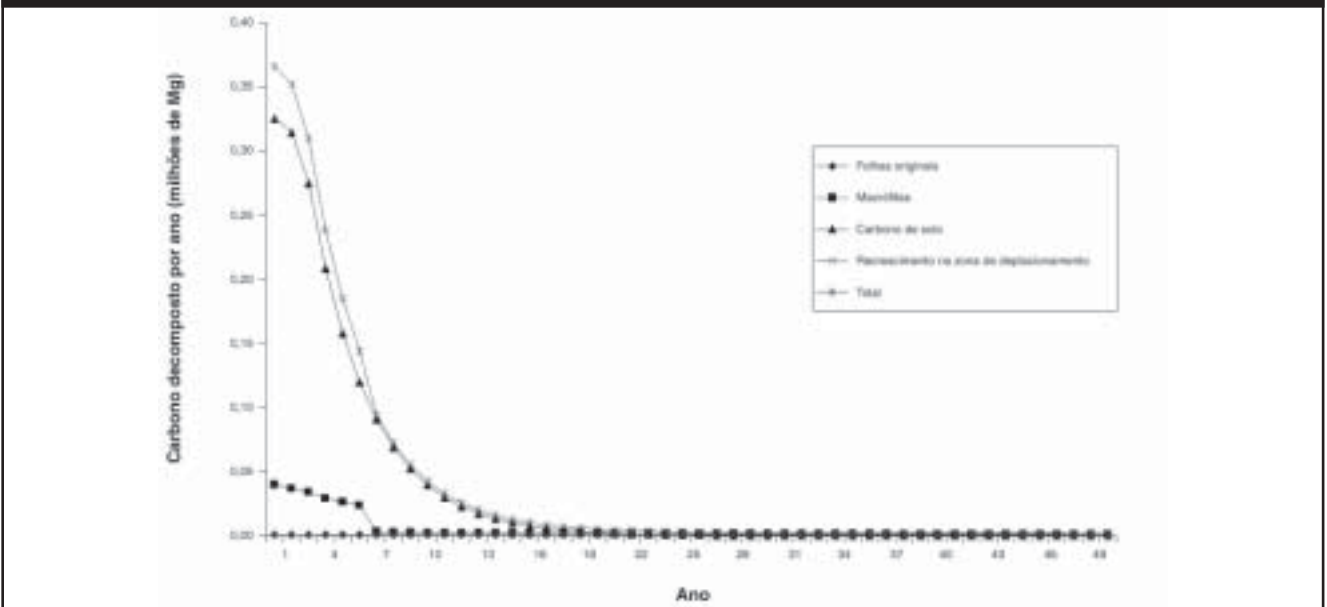


Figura 4c. Belo Monte Reservatório dos canais: Carbono decomposto anaerobicamente

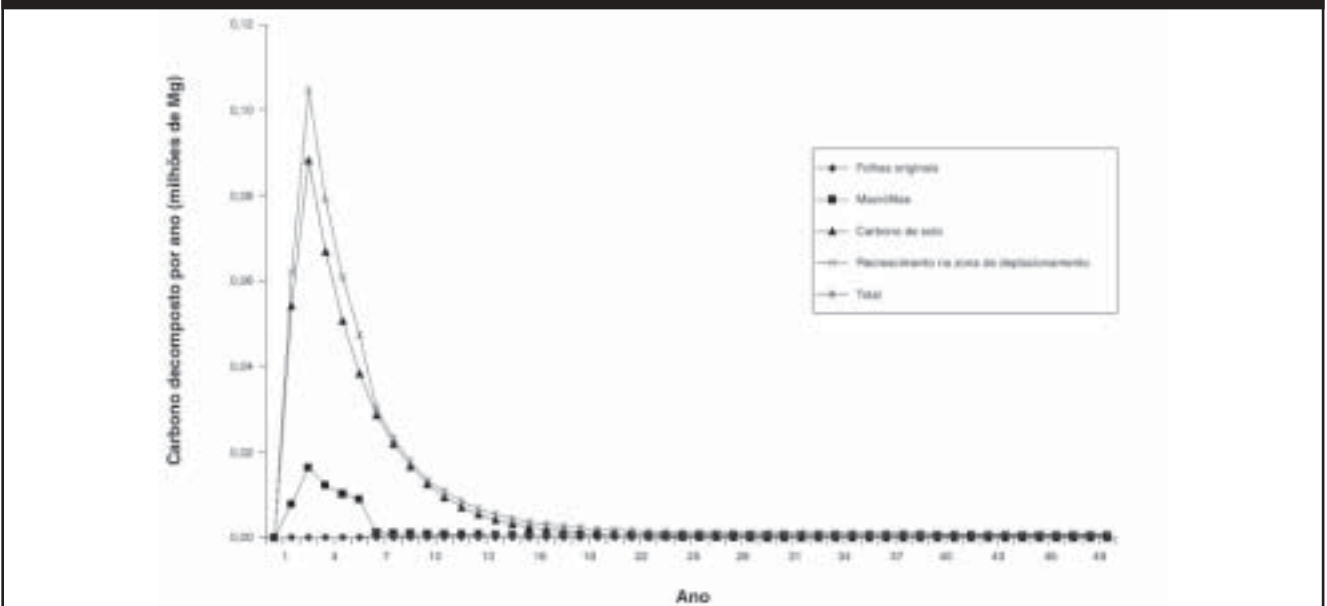


Figura 5a. Babaquara: concentração calculada de  $CH_4$  aos 30 m de profundidade

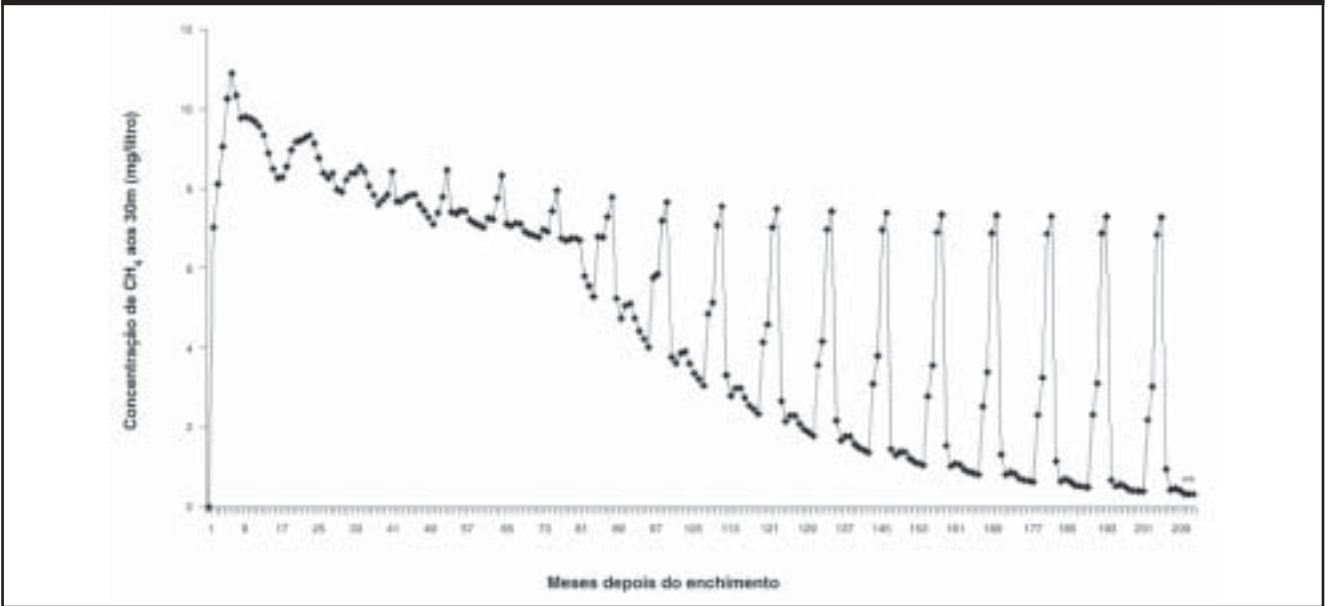


Figura 5b. Belo Monte Reservatório da calha: concentração calculada de  $CH_4$  aos 30 m de profundidade

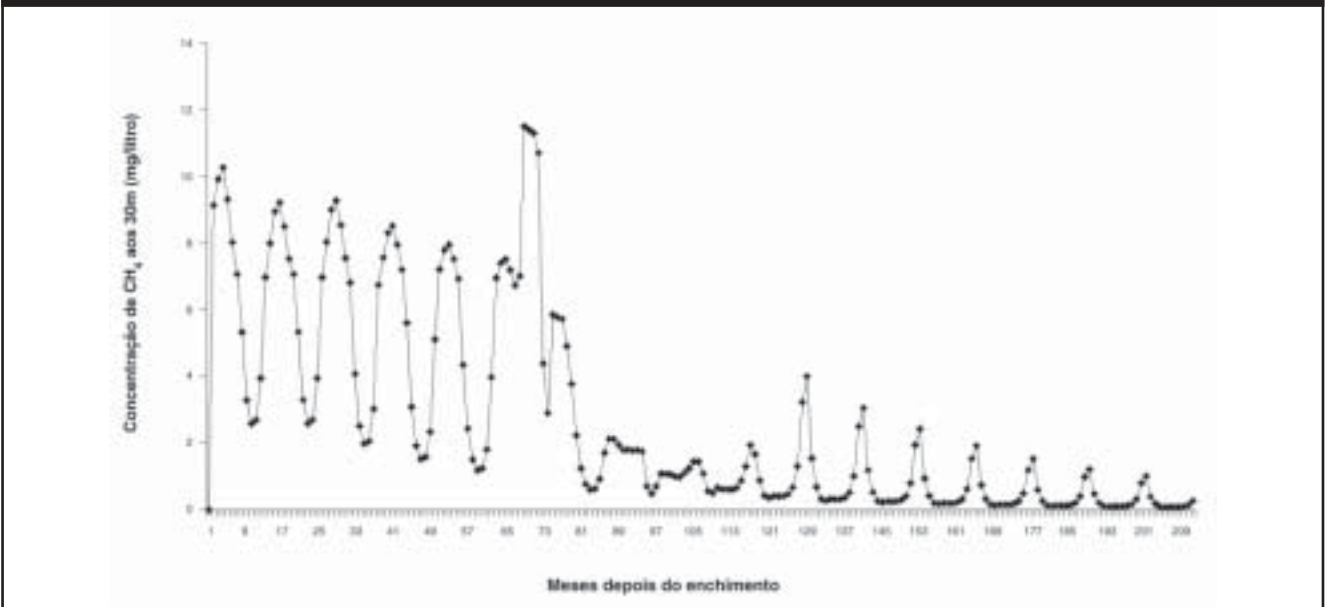
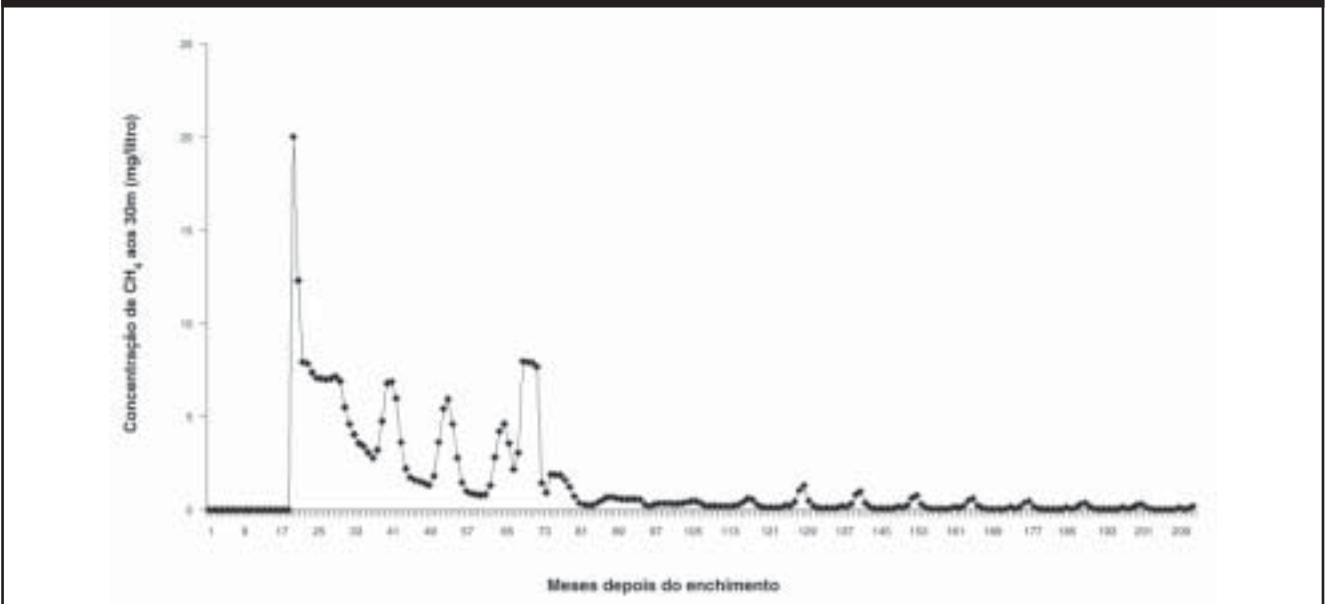


Figura 5c. Belo Monte Reservatório dos canais: concentração calculada de  $CH_4$  aos 30 m de profundidade



em longo prazo de carbono de fácil degradação que aumenta em importância relativa a medida que as outras fontes declinem.

São mostradas as concentrações de metano calculadas a uma profundidade padronizada de 30 m para cada reservatório na Figura 5. Estas concentrações calculadas seguem a tendência geral de oscilação sazonal e declínio assintótico observada em valores medidos em Petit Saut (Galy-Lacaux *et al.*, 1999, pág. 508). As oscilações são muito grandes em Babaquara depois que as diferentes fontes de carbono da vegetação de deplecionamento diminuísem em importância (Figura 5a). 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.

As emissões por diferentes caminhos para o complexo Belo Monte/Babaquara como um todo são mostradas na Figura 6. 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 (Brasil, ELETROBRÁS & DNAEE, 1997). 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 (Fearnside, 1995a, 1997b, 2002a, s/d-a,b). 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, IHA, s/d [C. 2002]). 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.

## VIII. Incertezas Fundamentais

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.

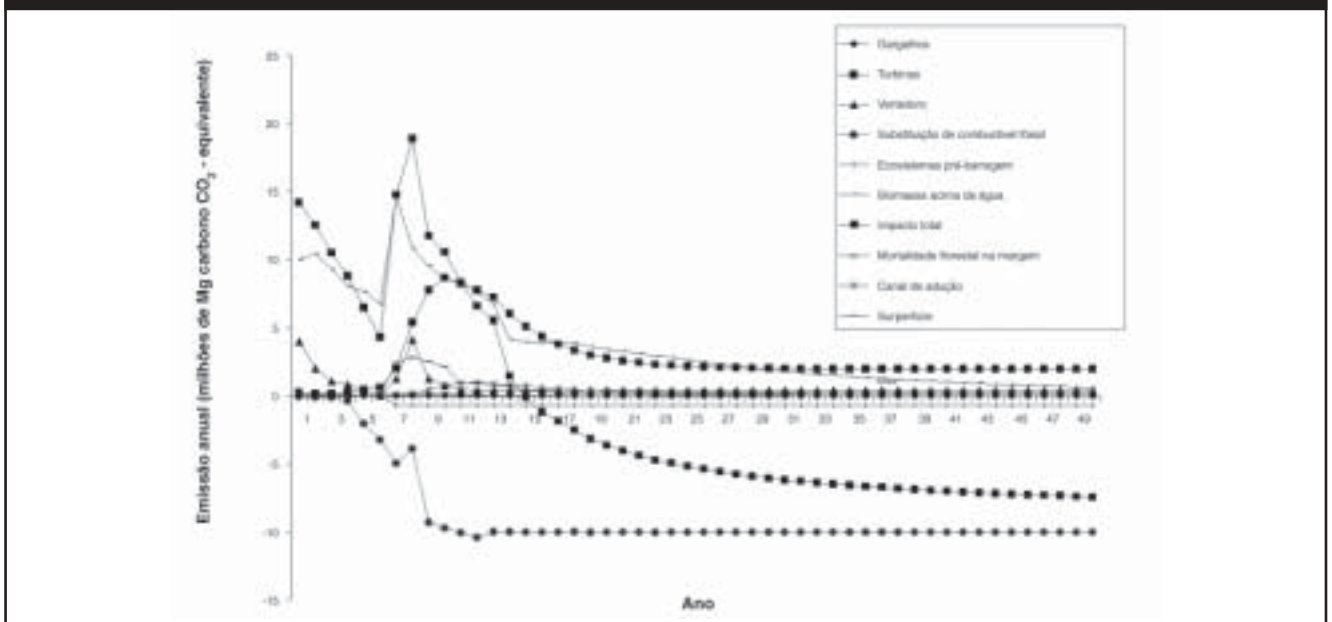
Embora um conjunto completo de testes de sensibilidade não tenha sido administrado ainda, o comportamento do modelo fornece várias indicações sobre quais parâmetros são os mais importantes. Nos primeiros anos depois de encher o reservatório, emissões são dominadas pelo CO<sub>2</sub> liberado pela decomposição 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 (Galy-Lacaux *et al.*, 1997, 1999). Por causa de diferenças entre Petit Saut e as represas brasileiras, a faixa usada é muito larga (21-89,9%) (Veja a discussão em Fearnside, 2002a). 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).



Figura 6. Belo Monte + Babaquara emissões de reservatório.



As fontes de carbono para emissões de  $\text{CH}_4$  nos primeiros anos são dominadas por liberação de carbono instável do solo (Figura 4). Embora faltem medidas desta liberação para qualquer reservatório, a evolução dos valores para emissão aos valores para concentração de  $\text{CH}_4$  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  $\text{CH}_4$  e de emissões desta fonte.

Mais importantes são as incertezas relativas à emissão de  $\text{CH}_4$  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 em 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  $\text{CH}_4$  no reservatório de Babaquara (Figura 5a). Uma parte deste metano é repassada para os dois reservatórios de Belo Monte (Figura 5b e 5c). 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 Junk & Piedade (1997, pág. 170) estas plantas

acumularam, em média, 5,67 Mg/ha de peso seco (DP=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 meses 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 (P.M. Fearnside, dados não publicados). 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 (Furch & Junk, 1997, pág. 192; Junk & Furch, 1991) e uma experiência em um tanque de 700 litros com uma quarta espécie (Furch & Junk, 1992, 1997, pág. 195) indicaram a fração de peso seco perdida depois de um mês de submersão, em média, de 0,66 (DP = 0,19 variação = 0,425-0,9). O valor mais baixo (0,425) é da espécie medida na experiência no tanque, onde a anoxiada 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 morta em Lago Mirití até 1,6 mês após o encalhamento indica uma perda de 31,4% do peso seco por mês (P.M. Fearnside, dados não publicados). 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 Galy-Lacaux *et al.*, 1997, 1999). 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 (Bodhan Matvienko, comunicação pessoal, 2000). 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 (Rosa *et al.*, 2002, pág. 72).

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.* (1997) 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 (Brasil, ELETRONORTE, s/d [C. 2002]b), 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 Galy-Lacaux *et al.*, 1997). 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 serão 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.

## IX. Comparação com Combustíveis Fósseis

### A.) Comparações sem descontar

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 (Fearnside, 1997b). Dando maior peso aos impactos em curto prazo aumenta o impacto das hidrelétricas em relação as 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 7 em uma base anual. O complexo começa a ganhar terreno em compensar pelas suas emissões depois do ano 15. O equilíbrio com emissões de gases de efeito estufa em uma base cumulativa é mostrado na Figura 8. O complexo somente terá um saldo positivo em termos de seu impacto no aquecimento global 41 anos depois do enchimento da primeira represa.

São apresentadas médias em longo prazo de emissões líquidas de gases de efeito estufa na Tabela 11 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. 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 em longo prazo sendo 70% a da alternativa de combustível fóssil.

### B.) O efeito do tempo

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

**Tabela 11: Médias a longo prazo de emissão líquida de gases de efeito estufa para o complexo Belo Monte/Babaquara**

|   | Emissões de todas as fontes<br>(milhões de Mg C CO <sub>2</sub> -equivalente /ano) |                  |                  |
|---|--|------------------|------------------|
|   | Anos 1-10  | Anos 1-20        | Anos 1-50        |
|   | média de 10 anos   | média de 20 anos | média de 50 anos |
| <b>Emissões de inventário</b>   |  |                  |                  |
| 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              |
| <b>Outros fluxos</b>  |  |                  |                  |
| Substituição de fóssil-combustível  | -3,7   | -3,9             | -4,1             |
| Fluxos de ecossistema pre-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             |
| <b>Impacto total</b>  | <b>11,2</b>  | <b>6,1</b>       | <b>-1,4</b>      |
| <b>Impacto total como múltiplo da emissão de referência de combustível fóssil</b> | <b>4,0</b>   | <b>2,5</b>       | <b>0,7</b>       |

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 em longo prazo, então qualquer taxa de desconto positiva pesará contra a opção hidrelétrica (Fearnside, 1997b).

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 9. 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.

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 10). Aplicar uma taxa de desconto alonga substancialmente o tempo necessário para alcançar este ponto.

O efeito de taxas de desconto anuais diferentes é mostrado na Figura 11. 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 11), 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



Figura 7. Emissões anuais e substituição de combustível fóssil.

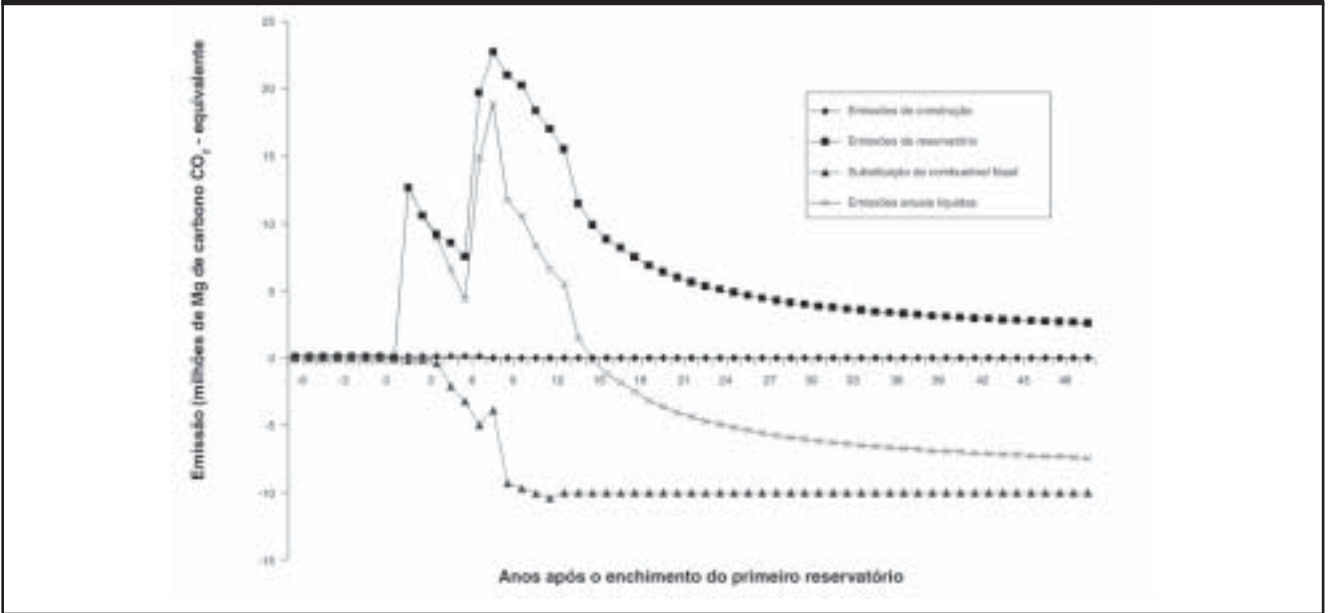


Figura 8. Impacto líquido cumulativo de Belo Monte + Babaquara

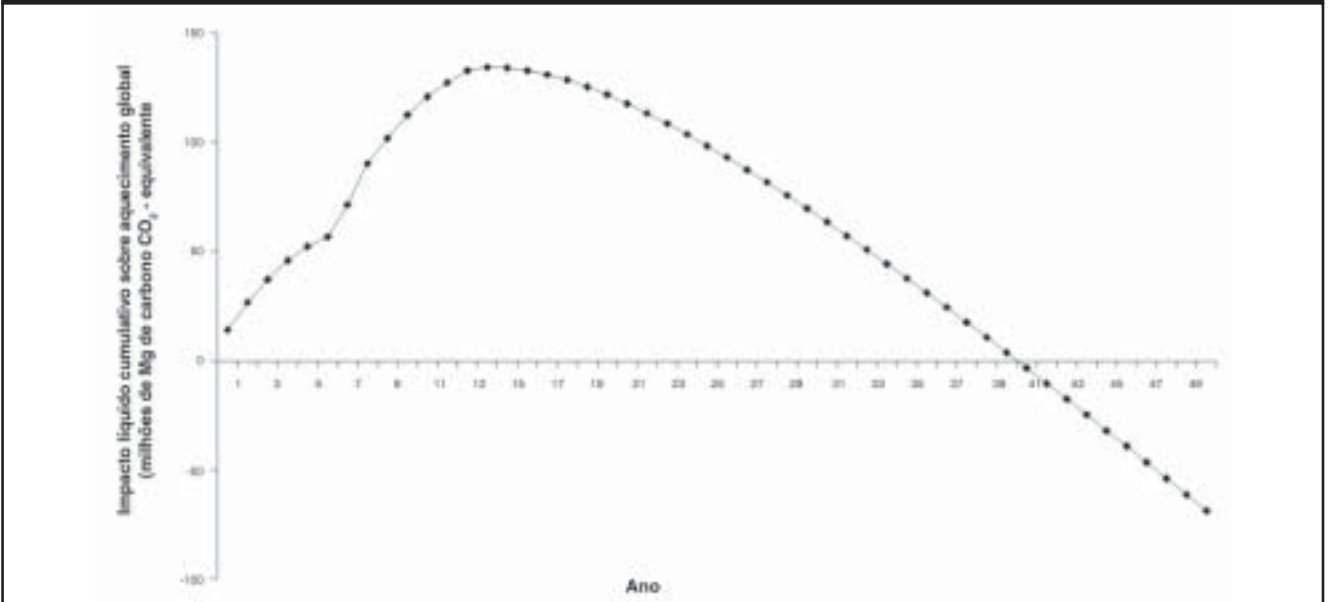


Figura 9. Emissões líquidas anuais descontadas. Em uma base anual, o complexo começa a reembolsar suas emissões iniciais depois do ano 15, independente de taxa de desconto.

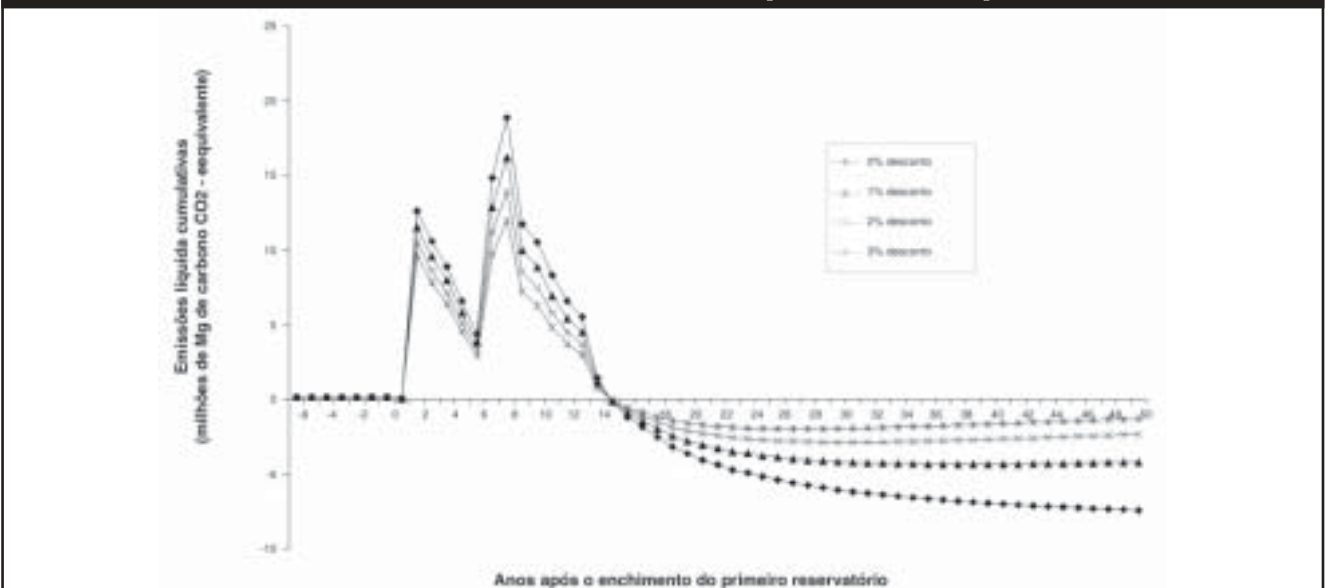




Figura 10. Emissões cumulativas descontadas. Descontando estende o tempo precisado para o complexo para conseguir um saldo positivo em termos de seu impacto acumulado.

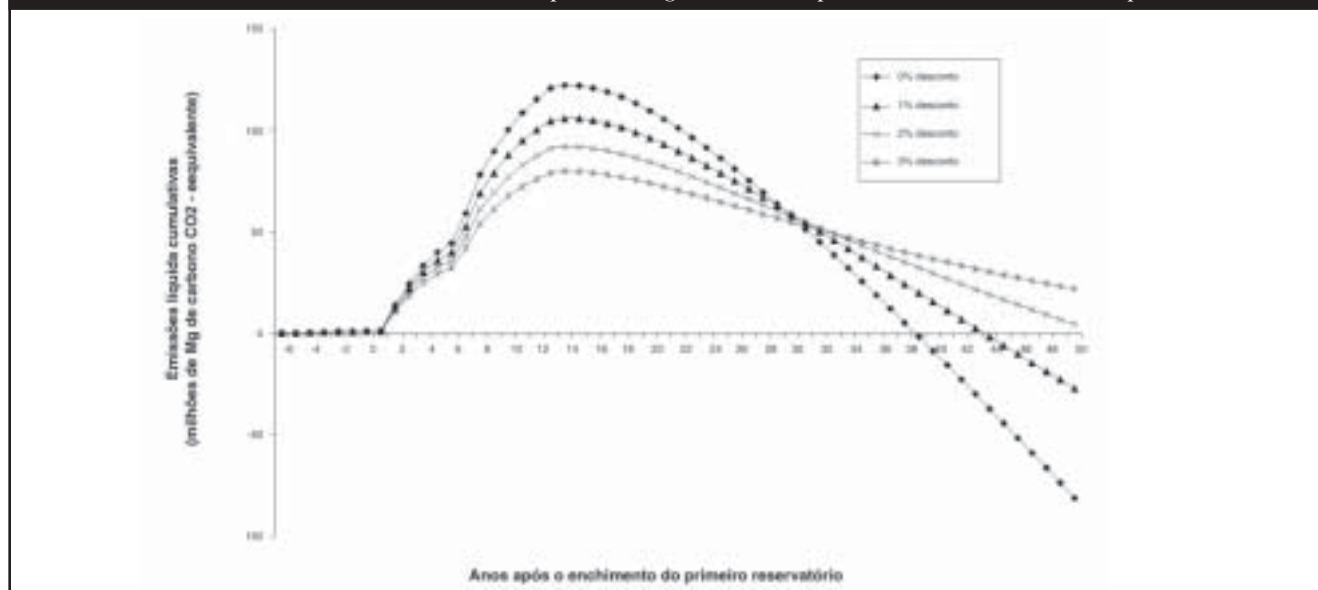
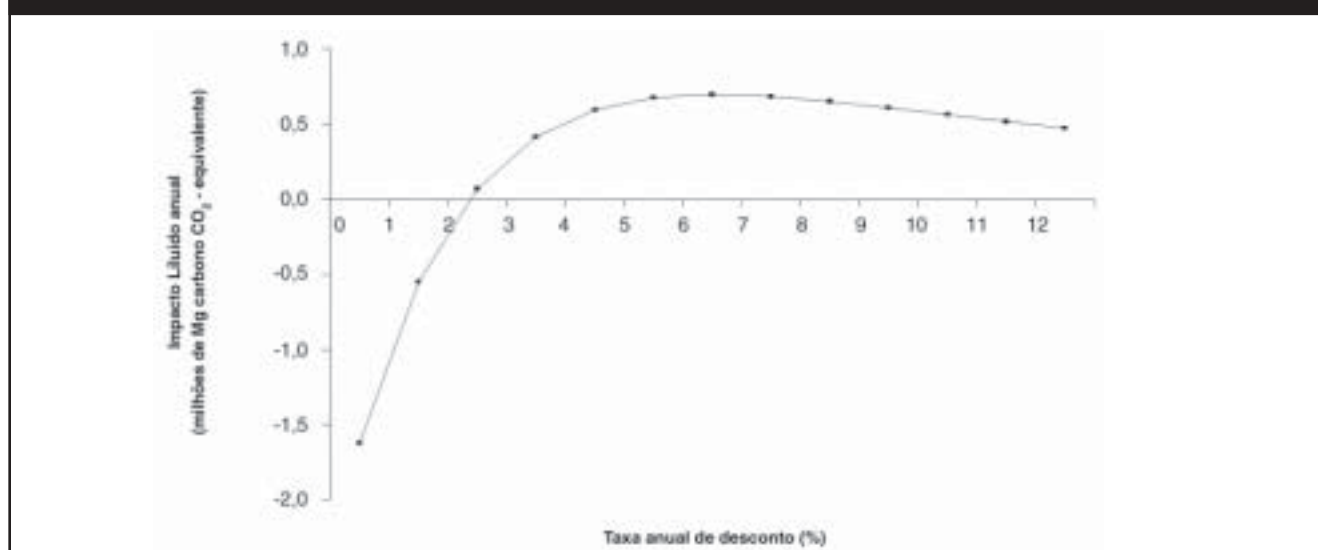


Figura 11. Efeito de taxa de desconto em emissões líquidas anuais médias ao longo de um horizonte de tempo de 50 anos. Se for usado uma taxa de desconto anual de 1,5% ou mais, o complexo tem um impacto maior sobre o efeito estufa do que a alternativa de combustível fóssil.



estas (Fearnside, 2002b,c), 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 (Brasil, ELETRONORTE, 2002, Tomo I, pág. 6-84).

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 (Fearnside, 1995b, 1997b, 2002b,c; Fearnside *et al.*, 2000). 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 (*i.e.*, o potencial de aquecimento global de 21 adotado para metano). 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.

O debate sobre provisão de energia e substituição de combustível fóssil precisa ir além de cálculos simples de combustível queimado 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, 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 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 suprimindo 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 remover 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 recente onda em transações industriais com a China, após uma visita presidencial àquele país em 2004, fornece um exemplo altamente pertinente. 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.

## X. Conclusões

O complexo hidrelétrica Belo Monte/Babaquara 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 robusto. 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.

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.

## Agradecimentos

O Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq AI 470765/01-1) e o Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA PPI 1-3620) contribuíram com apoio financeiro. Agradeço a Neusa Hamada, Reinaldo Barbosa, Paulo M.L.A. Graça, Glenn Switkes e a Jadhír Assis de Oliveira pelos comentários.

### LEGENDAS DAS FIGURAS

**Figura 3a.** Ebulição e emissões de difusão contra concentração de metano. Dados de emissões são de Petit Saut (Galy-Lacaux et al., 1999).

**Figura 3b.** Ebulição e emissões de difusão contra concentração de metano. Dados de emissões são de Petit Saut (Galy-Lacaux et al., 1999).

**Figura 3c.** Ebulição e emissões de difusão contra concentração de metano. Dados de emissões são de Petit Saut (Galy-Lacaux et al., 1999).

**Figura 3d.** Emissões de difusão para todas as profundidades. Dados de emissões são de Petit Saut (Galy-Lacaux et al., 1999).

**Figura 4a.** Fontes de carbono decomposto anaerobicamente: Babaquara (Altamira) reservatório;

**Figura 4b.** Fontes de carbono decomposto anaerobicamente: Belo Monte Reservatório da Calha;

**Figura 4c.** Fontes de carbono decomposto anaerobicamente: Belo Monte Reservatório dos Canais.

**Figura 5a.** Metano calculado a 30 m de profundidade: Reservatório de Babaquara (Altamira);

**Figura 5b.** Metano calculado a 30 m de profundidade: Belo Monte Reservatório da Calha;

**Figura 5c.** Metano calculado a 30 m de profundidade: Belo Monte Reservatório dos canais.

**Figura 6.** 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.

**Figura 8.** Impacto de aquecimento globalizado cumulativo do complexo Belo Monte/Babaquara (Altamira) (sem descontar). O complexo só consegue um saldo positivo depois de 41 anos.

**Figura 9.** 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.

**Figura 10.** Emissões cumulativas descontadas. Descontando estende o tempo precisado para o complexo para conseguir um saldo positivo em termos de seu impacto acumulado.

**Figura 11.** 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.

### BIBLIOGRAFIA

Albritton, D.L., R.G. Derwent, I.S.A. Isaksen, M. Lal & D.J. Wuebbles. 1995. Trace gas radiative forcing indices. p. 205-231. Em: 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. 339 p.

Brasil, ANEEL. 2001. Descargas médias de longo período: Bacia do Amazonas-Rios Tapajós/Amazonas/Iriri/Xingu. [http://www.aneel.gov.br/cgrh/atlas/subbac/sub18\\_f.jpg](http://www.aneel.gov.br/cgrh/atlas/subbac/sub18_f.jpg).

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, Brasil.

Brasil, ELETRONORTE. 1987a. Esclarecimento Público: Usina Hidrelétrica Balbina. Módulo 1, Setembro 1987. Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. (ELETRONORTE), Brasília, DF, Brasil. 4 p.

Brasil, ELETRONORTE, 1987b. *UHE Balbina: Enchimento do Reservatório, Considerações Gerais*. BAL-39-2735-RE. Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. (ELETRONORTE), Brasília, DF, Brasil. 12 p. + anexos.

Brasil, ELETRONORTE. 2002. *Complexo Hidrelétrico Belo Monte: Estudos De Viabilidade, Relatório Final*. Centrais Elétricas

do Norte do Brasil S.A. (ELETRONORTE), Brasília, DF, Brasil. 8 vols.

Brasil, ELETRONORTE. nd. [C. 1988]. The Altamira Hydroelectric Complex. Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. (ELETRONORTE), Brasília, DF, Brasil. 16 p.

Brasil, ELETRONORTE. nd. [C. 1989]. Altamira.txt. Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. (ELETRONORTE), Brasília, DF, Brasil. 6 p. (disponível de: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP, Campinas, SP, Brasil).

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

Brasil, ELETRONORTE. s/d [C. 2002]b. 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. Map scale: 1:200,000. Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. (ELETRONORTE), Brasília, DF, Brasil.

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 Elétricos (MME-CCPESE), Brasília, DF, Brasil. 75 p.

Brown, S. & A.E. Lugo. 1992. Aboveground biomass estimates for tropical moist forests of the Brazilian Amazon. *Interciencia* 17(1): 8-18.

da Cruz, P.T. 1996. *100 Barragens Brasileiras: Casos Históricos, Materiais de Construção, Projeto*. Oficina de Texto, São Paulo, SP, Brasil. 648 p.

de Lima, I.B.T. 2002. *Emissão de metano em reservatórios hidrelétricos amazônicos através de leis de potência*. Ph.D. thesis in nuclear energy, Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, SP, Brasil. 108 p.

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



- Omero. 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.
- 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 Em: 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, Brasil. 196 p.
- Dones, R. & U. Gantner. 1996. Greenhouse gas emissions from hydropower full energy chain in Switzerland. Em: *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.
- 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.
- 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. 1990. *A Hidrelétrica de Balbina: O Faraonismo Irreversível versus o Meio Ambiente na Amazônia*. Instituto de Antropologia Meio-Ambiente (IAMÁ), São Paulo, SP, Brasil. 63 p.
- Fearnside, P.M. 1995a. Hydroelectric dams in the Brazilian Amazon as sources of 'greenhouse' gases. *Environmental Conservation* 22(1): 7-19.
- Fearnside, P.M. 1995b. Global warming response options in Brazil's forest sector: Comparison of project-level costs and benefits. *Biomass and Bioenergy* 8(5): 309-322.
- Fearnside, P.M. 1996a. Hydroelectric dams in Brazilian Amazonia: Response to Rosa, Schaeffer & dos Santos. *Environmental Conservation* 23(2): 105-108.
- Fearnside, P.M. 1996b. Amazonia and global warming: Annual balance of greenhouse gas emissions from land-use change in Brazil's Amazon region. p. 606-617 Em: 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.
- Fearnside, P.M. 1997a. Wood density for estimating forest biomass in Brazilian Amazonia. *Forest Ecology and Management* 90(1): 59-89.
- Fearnside, P.M. 1997b. 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. 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.
- 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. 2002a. 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. 2002b. Time preference in global warming calculations: A proposal for a unified index. *Ecological Economics* 41: 21-31.
- Fearnside, P.M. 2002c. 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.
- Fearnside, P.M. 2004. Greenhouse gas emissions from hydroelectric dams: Controversies provide a springboard for rethinking a supposedly "clean" energy source. *Climatic Change* (no prelo).
- Fearnside, P.M. s/d. Brazil's Samuel Dam: Lessons for hydroelectric development policy and the environment in Amazonia. *Environmental Management* (no prelo).
- 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.
- 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.
- 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.
- 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. Em: W.J. Junk (ed.) *The Central Amazon Floodplain - Ecology of a Pulsing System*. Springer-Verlag, Heidelberg, Alemanha. 525 p.
- Gagnon, L. 2002. The International Rivers Network statement on GHG emissions from reservoirs, a case of misleading science. International Hydropower Association, Sutton, Surrey, REINO UNIDO. (<http://www.hydropower.org/DownLoads/GHG-Reply-IRN-2002-v10.pdf>).
- Galy-Lacaux, C., R. Delmas, C. Jambert, J.-F. Dumestre, L. Labroue, S. Richard & P. Gosse. 1997. Gaseous emissions and oxygen consumption in hydroelectric dams: A case study in French Guyana. *Global Biogeochemical Cycles* 11(4): 471-483.
- Galy-Lacaux, C., R. Delmas, J. Kouadio, S. Richard & P. Gosse. 1999. Long-term greenhouse gas emissions from hydroelectric reservoirs in tropical forest regions. *Global Biogeochemical Cycles* 13(2): 503-517.
- 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>.
- Ikusima, I. 1980. The adventive spread of submerged macrophytes in Lake Biwa, Japan. p. 855-860 Em: J.I. Furtado (ed.) *Tropical Ecology and Development: Proceedings of the 5th International Symposium of Tropical Ecology, 16-21 April 1979, Kuala Lumpur, Malaysia*. International Society for Tropical Ecology (ISTE), Kuala Lumpur, Malásia. 1.383 p.
- Indriunas, L. 1998. "FHC inaugura obras em viagem ao Pará". *Folha de São Paulo*. 14 de julho de 1998, p. 1-17.
- IRN. 2002. *Flooding the Land, Warming the Earth: Greenhouse Gas Emissions from Dams*. International Rivers Network (IRN), Berkeley, California, E.U.A. 18 p.
- Jordan, C.T. & C. Uhl. 1978. Biomass of a "tierra firme" forest of the Amazon Basin. *Oecologia Plantarum* 13(4): 387-400.
- 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: 2.080-2.084.
- Junk, W.J. & M.T.F. Piedade. 1997. Plant life in the floodplain with special reference to herbaceous plants. Em: W.J. Junk (ed.) *The Central Amazon Floodplain - Ecology of a Pulsing System*. Springer-Verlag, Heidelberg, Alemanha. 525 p.



- 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.
- Klinge, H. 1973. Biomasa y materia orgánica del suelo en el ecosistema de la pluviselva centro-amazónico. *Acta Científica Venezolana* 24: 174-181.
- Klinge, H. & W.A. Rodrigues. 1973. Biomass estimation in a central Amazonian rain forest. *Acta Científica Venezolana* 24: 225-237.
- Maceira, M.E.P. & J.M. Damázio. nd. Analysis of the streamflow record extension for the Xingu River at Babaquara. Electrical Power Research Center – CEPEL, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. (<http://www.unesco.org.uy/phi/libros/manaos/3.html>).
- Martius, C., P.M. Fearnside, A.G. Bandeira & R. Wassmann. 1996. Deforestation and methane release from termites in Amazonia. *Chemosphere* 33(3): 517-536.
- Martius, C., R. Wassmann, U. Thein, A.G. Bandeira, H. Rennenberg, W. Junk & W. Seiler. 1993. Methane emission from wood-feeding termites in Amazonia. *Chemosphere* 26 (1-4): 623-632.
- 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>.
- Melack, J. & B.R. Forsberg. 2001. Biogeochemistry of Amazon floodplain lakes and associated watersheds. p. 235-274 Em: M.E. McClain, R.L. Victoria & J.E. Richey (eds.) *The Biogeochemistry of the Amazon Basin*. Oxford University Press, New York, E.U.A. 365 p.
- 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>
- Mori, S. A. & P. Becker. 1991. Flooding affects survival of Lecythidaceae in terra firme forest near Manaus, Brazil. *Biotropica* 23: 87-90.
- 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, Brasil. 69 p.
- Peisajovich, A., A. Chamberland & L. Gagnon. 1996. Greenhouse gases from full energy cycle of northern hydroelectricity (preliminary assessment of production and transportation). Em: *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.
- Pinto, L.F. 2002. *Hidrelétricas na Amazônia: Predestinação, Fatalidade ou Engodo?* Edição Jornal Pessoal, Belém, Pará, Brasil. 124 p.
- Potter, C.S., E.A. Davidson & L.V. Verchot. 1996. Estimation of global biogeochemical controls and seasonality on soil methane consumption. *Chemosphere* 32: 2.219-2.246.
- Ramaswamy, V. & 40 others. 2001. Radiative forcing of climate change. p. 349-416 Em: Houghton, J.T., Ding, Y., Griggs, D.G., Noguer, M., Van der Linden, R.J. & Xiaosu, D. (eds.). *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido. 944 p.
- 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, Amazonas, Brasil.
- 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, Amazonas, Brasil.
- 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 Em: L.P. Rosa & M.A. dos Santos (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, Brasil.
- 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.
- Rosa, L.P., B.M. Sikar, M.A. dos Santos & E. M. Sikar. 2002. *Emissões de dióxido de carbono e de metano pelos reservatórios hidrelétricos brasileiros. Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Relatórios de Referência*. Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia (COPPE). Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), Brasília, DF, Brasil. 119 p. [http://www.mct.gov.br/clima/comunic\\_old/pdf/metano\\_p.pdf](http://www.mct.gov.br/clima/comunic_old/pdf/metano_p.pdf)
- 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.
- Schimmel, D. & 75 others. 1996. Radiative forcing of climate change. p. 65-131. Em: 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.
- Seva, O. 1990. Works on the great bend of the Xingu—A historic trauma? p. 19-35 Em: 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. 192 p.
- Trumbore, S.E., G. Bonani & W. Wöflfi. 1990. The rates of carbon cycling in several soils from AMS <sup>14</sup>C measurements of fractionated soil organic matter. p. 407-414 Em: A.F. Bouman (ed.) *Soils and the Greenhouse Effect*. John Wiley & Sons, New York, E.U.A. 575 p.
- 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, Áustria. Paginação irregular.
- 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.
- Vieira, I. 1982. *Aspectos Sinecológicos da Ictiofauna de Curuá-Una, Represa Hidroelétrica da Amazônia Brasileira*. "Livro docencia" thesis in biology, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil. 107 p.
- 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.
- Wassmann, R. & C. Martius. 1997. Methane emissions from the Amazon floodplain. p.137-143. Em: W.J. Junk (ed.) *The Central Amazon Floodplain – Ecology of a Pulsing System*. Springer-Verlag, Heidelberg, Alemanha. 525 p.