
Análise energética e econômico-ambiental aplicada a estudos de viabilidade de usinas hidrelétricas no corredor ecológico Cerrado-Pantanal

PAULO ANTÔNIO DE ALMEIDA SINISGALLI^{1*}

WILSON CABRAL DE SOUSA JR.²

ANDRÉ TORRES³

¹ Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo – EACH/USP, São Paulo, Brasil.

² Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA.

³ Centro de Estudos de Cultura Contemporânea – CEDEC, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo – PUC, São Paulo, Brasil.

* e-mail: psinisgalli@uol.com.br

RESUMO

Este artigo apresenta uma análise multidisciplinar e holística de alguns dos empreendimentos que estão sendo propostos para aproveitamento energético de alguns contribuintes da margem direita da sub-bacia do rio Paranaíba (GO), afluente da bacia do rio Paraná, em seu curso médio. Os empreendimentos estão projetados para as bacias dos rios Corrente, Claro e Verde. A região de inserção é parte do Corredor Ecológico Cerrado-Pantanal, de grande importância para fins de conservação de recursos naturais. O trabalho consistiu de uma avaliação da técnica de projeto, em seus aspectos construtivos, além de avaliações econômico-ambientais sob duas abordagens distintas: a da economia ambiental e a da economia ecológica. Os resultados apontam falhas generalizadas de concepção de projeto – de maneira mais intensa em alguns casos, além da existência de riscos econômicos quando se consideram variáveis ambientais. Numa análise comparativa, o investimento ideal, sob as hipóteses analisadas e as restrições socioambientais, se daria ao se priorizar a bacia do rio Claro (mais antropizada), preservando o rio Corrente e submetendo à uma análise mais rigorosa possíveis intervenções no rio Verde. Tais resultados mostram a necessidade de se ampliar o espectro de análise – para um plano regional, quando se trata de licenciamento de usinas hidrelétricas no país.

ABSTRACT

This paper presents a multidisciplinary and holistic analysis of some projects that have been proposing the energetic use of some contributors of the right margin of the Paranaíba river sub basin (GO), which is a tributary of the Paraná river. The projects are directed for the following river basins: Corrente, Claro and Verde. The region of the projects belongs to the Cerrado-Pantanal Ecological Corridor, of great importance for the conservation of the natural resources. The study

comprised a project technical assesment in its constructive aspects, besides environmental economic assesment under two distinct approaches: the environmental and the ecological ones. The results reveal project concept failures – in an greater intensity in some cases, besides the existence of economic risks when environmental variables are considered. Under a comparative analysis, considering the assessed hipothesis and the socio-environmental restrictions, the ideal investment will take place when it prioritizes the Claro river basin, preserving the Corrente river and submitting the interventions in the Verde river to a more rigorous analysis. These results reveal the necessity to enlarge the spectrum of analysis – to a regional plan – when it entails the licensing of hydroelectric plants in the country.

INTRODUÇÃO

Mesmo sendo a energia hidrelétrica descrita como renovável, a sua geração implica em impactos ambientais, desencadeados desde a etapa de planejamento até a operação, que podem ser mais significativos que o próprio benefício gerado, principalmente se consideradas as características pré-existentes dos locais onde são alocadas as instalações, o reservatório, como é operado o sistema, as influências regionais, entre outras. A destruição da biodiversidade, a alteração do regime hidrológico, o aumento da evapotranspiração, a alteração do nível do lençol freático, o deslocamento da população local, a imigração espontânea, a pressão sobre a infra-estrutura local são alguns dos efeitos adversos que este tipo de empreendimento pode causar no sistema local e regional. Estes impactos levantam pontos como a própria definição de energia renovável com relação à hidroeletricidade, uma vez que pouco se tem incorporado nos estudos os custos ambientais decorrentes deste tipo de empreendimento. Não obstante, ademais das exigências legais e normativas que foram sendo introduzidas no Brasil ao longo das últimas décadas, o estado da arte no planejamento e implantação de empreendimentos do gênero vem gradativamente incorporando um aperfeiçoamento dos critérios decisórios, onde as variáveis ambientais (em sentido amplo) vêm assumindo uma importância crescente, não raro asseverando a inviabilidade de certos projetos.

Nesse contexto, se ressalta a importância e a oportunidade dos estudos ora propostos, que podem contribuir para o aperfeiçoamento metodológico dos critérios e processos de análise da viabilidade de empreendimentos hidrelétricos no Brasil.

Por outro lado, a análise recai sobre uma região de grande importância do ponto de vista ecológico. O Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (PROBIO), coordenado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), dentre as diversas áreas prioritárias para conservação da biodiversidade, apontou o Corredor Ecológico¹ Cerrado-Pantanal como uma das principais.

O cenário diagnosticado reforça a necessidade da diversificação de pesquisas para a conservação, que visem não somente a preservação de espécies, mas o desenvolvimento de metodologias que contribuam para um melhor planejamento do uso e ocupação desta região, num esforço de gestão que ultrapasse os limites da análise puntual e local de atividades com impacto ambiental.

JUSTIFICATIVAS

Tendo em vista a importância estratégica da energia elétrica para as atividades humanas, o bem-estar das comunidades e o crescimento econômico, no caso brasileiro pelo destaque e preponderância da fonte hidráu-

¹ A expressão “Corredores Ecológicos” denota o conceito de faixas de transição entre dois biomas, no caso, o bioma Cerrado e o Pantanal. Sustentam ainda que essas áreas necessitam de uma forte preservação ambiental devido sua importância para o ecossistema na qual estão inseridos. Segundo a Lei nº 9.985/2000, nos termos do art. 2º, entende-se por Corredores Ecológicos: porções de ecossistemas naturais ou seminaturais, ligando unidades de conservação, que possibilitam entre elas o fluxo de genes e o movimento da biota, facilitando a dispersão de espécies e a re-colonização de áreas degradadas, bem como a manutenção de populações que demandam para sua sobrevivência áreas com extensão maior do que aquela das unidades individuais (Valeri, S.V. & M.A.A.F. Sêno, 2004).

lica, os empreendimentos propostos devem ser analisados quanto à sua relevância e viabilidade de forma complexa, sem simplificações adstritas apenas aos aspectos técnico-econômicos e energéticos. Tal partido se justifica na razão direta da importância da geração de energia de origem hidrelétrica, o que requer que as consequências ambientais envolvidas tenham o mesmo peso que as variáveis tradicionais de análise, notadamente quando as interferências ocorram em áreas de relevante interesse do ponto de vista da conservação da biodiversidade e dos ecossistemas que a suportam.

Tal diretriz, aliás, consta dos manuais que normatizam os estudos necessários às várias etapas de projeto de empreendimentos do setor elétrico nacional, ainda que tal orientação nem sempre se materialize de maneira adequada ou desejável nos resultados dados a público.

OBJETIVOS

De acordo com o entendimento exposto acima, os objetivos do presente trabalho são os de promover uma análise multidisciplinar e holística dos empreendimentos que estão sendo propostos para aproveitamento energético de alguns contribuintes da margem direita da sub-bacia do rio Paranaíba (GO) – bacia do Paraná, em seu curso inferior.

Este trecho das sub-bacias está integralmente inserido no bioma do Cerrado. Praticamente toda a região de influência coincide com um importante vetor de ocupação econômica com agricultura intensiva, notadamente cana e soja. Como tal, houve intensa erradicação da cobertura vegetal original e, nos trechos alto e médio superior dos rios, ocorreu a intensificação de processos erosivos resultante deste fato e, provavelmente, da sobre-exploração das terras.

A região e os empreendimentos que foram escolhidos para análise coincidem, nos altos cursos de seus rios, com nascentes de três das principais bacias que cortam o território nacional: do Paraguai, do Araguaia-Tocantins e do Paraná. Ademais, a região tem como uma espécie de centro geográfico o Parque Nacional das Emas, ponto central de conservação na faixa de transição dos biomas do Cerrado e do Pantanal.

O objetivo geral foi, portanto, o de reavaliar os aproveitamentos hidrelétricos de Caçu e Barra dos Coqueiros (rio Claro), Itumirim e Olho D'água (rio Corrente), Salto do Rio Verdinho e Salto (rio Verde), dentro do contexto regional e, mais especificamente, com relação à partição das quedas, aos estudos de engenharia e

aos estudos de impactos ambientais realizados, à luz de alternativas possíveis, e realizar uma análise de custo-benefício incorporando as variáveis sócio-ambientais dos empreendimentos e suas implicações com relação aos grandes eixos que originalmente correspondiam a grandes corredores de fauna, entre outras variáveis ambientais também significativas.

PROCEDIMENTOS E CRITÉRIOS ADOTADOS

Levantamentos de dados

Os estudos aliam o recurso aos dados secundários disponíveis com a produção de conhecimento a partir de investigações de campo na região. No caso dos primeiros, além da documentação depositada na Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e na Eletrobrás, foram acessadas as disponíveis em outras agências que atuam na região.

Avaliação de viabilidade dos empreendimentos

Foi revista a avaliação da viabilidade dos empreendimentos à luz de procedimentos de análise crítica contemporâneos, desde as etapas mais incipientes de planejamento, ou seja, desde as estimativas do potencial e inventário energético dos cursos d'água em questão. A análise abrangeu uma avaliação crítica dos estudos já realizados, desde os que decidiram acerca da partição das quedas dos rios, até os atuais, tendo em vista o contexto fisiográfico e sócio-econômico de toda a região de inserção, os aproveitamentos já implantados e outros propostos pelos organismos setoriais.

Análises de Custo-Benefício (ACB): economia ambiental e ecológica

Como já referido, os estudos contemplaram análises custo-benefício dos empreendimentos, por meio das estimativas de benefícios em termos de geração de energia, e custos, tanto com relação aos materiais e mão-de-obra necessários à construção e operação, bem como os custos sócio-ambientais associados. Para esta análise, lançou-se mão de dois instrumentos: a análise custo benefício (ACB) tradicional, incorporando variáveis ambientais, e a análise emergética, considerando o investimento em termos de energia acumulada nas diversas atividades que envolvem os empreendimentos.

Base de informações utilizadas

Nos esforços de pesquisa e coleta de documentos, foi obtido um amplo acervo de literatura técnica a respeito

to dos estudos de inventário, de viabilidade e ambiental das sub-bacias consideradas e dos empreendimentos analisados.

Os documentos básicos compreendem os estudos de viabilidade, na íntegra, de todos os empreendimentos analisados, além dos estudos de impacto ambiental e outros estudos complementares. Tais documentos foram obtidos junto à ANEEL (estudos de viabilidade), junto ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) (estudos de impacto ambiental – EIAs) e junto aos próprios empreendedores, quando se tratavam de documentos complementares.

ANÁLISE DOS INVENTÁRIOS DOS RIOS CORRENTE, VERDE E CLARO

De forma a contemplar uma visão mais abrangente, o inventário hidrelétrico dos rios em estudo foram analisados. Os apontamentos em relação a esta análise são apresentados a seguir.

De acordo com a Lei nº 9.074, de 7 de julho de 1995, capítulo II, Art. 5º, “considera-se aproveitamento ótimo todo o potencial definido em sua concepção global pelo melhor eixo de barramento, arranjo físico geral, níveis de água operativos, reservatório e potência, integrante da alternativa escolhida para divisão de quedas de uma bacia hidrográfica”. Conseqüentemente, o aproveitamento ótimo se refere aos barramentos e não à divisão da queda. O Manual de Inventário Hidrelétrico de Bacias Hidrográficas, Versão 2.0, novembro de 1997, da ELETROBRÁS dá as diretrizes e orientações para a formulação de alternativas de partição de queda, de obtenção de dados básicos requeridos (cartografia, topografia, hidrologia, geologia e geotecnia, meio ambiente e custos) e de procedimentos a serem aplicados para a seleção da melhor alternativa de divisão da queda.

A seleção da melhor alternativa é resultado de uma ponderação do Índice Custo-Benefício (ICB) e o Índice Ambiental (IA), resultando em um Índice de Preferência (I), de cada alternativa. Em princípio, a melhor alternativa seria aquela com o menor I, podendo, entretanto, ser escolhida outra, com as devidas justificativas, a critério de quem estiver realizando os estudos.

Com base nos critérios estabelecidos pela legislação pertinente e manual de orientação da própria ELETROBRÁS, os estudos e as análises indicaram que os inventários dos rios Claro e Verde foram realizados, em linhas gerais, de forma adequada e suficiente. Entretanto, seria conveniente reavaliar os estudos ener-

géticos com séries hidrológicas determinadas em base mais confiável.

Já com relação ao inventário do rio Corrente, o estudo deverá ser completamente revisado, já que os estudos de base, cartográficos, topográficos, geológicos-geotécnicos, hidrológicos e de custos foram realizados em nível de Estudos Preliminares e não Estudos Finais. Por outro lado, os estudos energéticos foram executados para um período crítico diferente do atual. Com base, portanto, nos critérios de aproveitamento ótimo, os empreendimentos do rio Corrente, na forma como estão concebidos, não atendem aos requisitos normativos.

Os ICB's dos aproveitamentos levados a estudos de viabilidade, Caçu e Barra dos Coqueiros, no rio Claro, são, em média, 20% superiores aos correspondentes projetos de Salto e Salto do rio Verdinho, no rio Verde. Entretanto, a potência instalada total no rio Claro é de 612,5MW e de 470MW no rio Verde, ou seja, fornece mais energia ao sistema interligado. Destaca-se que o Aproveitamento Hidroelétrico (AHE) Pontal, no rio Claro, tem o menor ICB de todos os aproveitamentos dos rios Claro e Verde, 22% inferior aos ICB's das Usinas Hidrelétricas (UHEs) Caçu e Barra dos Coqueiros. No entanto, o processo de concessão para aquele empreendimento encontra-se em estágio menos avançado que o dos empreendimentos analisados.

Sem embargo desses fatos, no entanto, qualquer um dos rios tem a capacidade de suprir uma parte do incremento anual requerido pelo sistema elétrico. Destaca-se que o total da capacidade instalada resultante dos estudos de inventário, 1.389MW, é inferior ao incremento anual indicado pelos estudos de planejamento do sistema elétrico (2.000 MW). Mas, dentre os examinados na região do Baixo Paranaíba, o rio Corrente é considerado o menos recomendável.

Portanto, nos níveis de um estudo de inventário, de acordo com as diretrizes do Manual da Eletrobrás, condição aplicável aos dos rios Claro e Verde, não há maiores críticas a serem feitas quanto aos projetos escolhidos, salvo recomendações quanto a novas simulações e estudos energéticos. Já no caso do rio Corrente, no entanto, praticamente todos os estudos deveriam ser refeitos.

RESULTADOS DA ANÁLISE DOS ESTUDOS DE VIABILIDADE E AMBIENTAIS

No que concerne às análises dos estudos de viabilidade ambientais dos empreendimentos pesquisados, tais estudos se mostraram insuficientes para uma tomada de decisão sobre a implantação ou não dos mesmos.

Sob os aspectos dos dados básicos para as avaliações hidrológicas, seria necessário instalar e operar continuamente um posto fluviométrico, com medição de vazões e leituras de níveis de água, nas proximidades de cada eixo de barramento, para a definição da curva-chave (H x Q) necessária para o dimensionamento das obras de desvio, da casa de força e do vertedouro. Quando a casa de força e/ou vertedouro estão afastadas do eixo do barramento, o posto deveria ser instalado no respectivo local. Seria recomendável, também, instalar outros postos ao longo dos rios, em trechos previamente escolhidos, para o cálculo da curva de remanso resultante da criação dos reservatórios.

Em termos de estudos ambientais, o único relatório com alguma consistência técnica necessária a uma análise firme e segura sobre a viabilidade dos empreendimentos propostos foi o do AHE Olho D'Água. Os estudos ambientais levados a efeito para o chamado "Complexo Caçu" tem um nível de qualidade técnica tão baixo, que não permitem que se avalie sua efetiva viabilidade ambiental. Neste sentido, o estudo ambiental do AHE Itumirim se coloca numa posição intermediária, mas contém fragilidades que recomendam a complementação de informações e elaboração de novos estudos. Os demais estudos nas sub-bacias dos rios Verde e Claro não têm qualquer utilidade prática e não permitem maiores conclusões sobre a sustentabilidade dos empreendimentos, devendo ser integralmente refeitos em bases técnicas mais sérias e confiáveis. Outrossim, é necessário definir adequadamente as vazões sanitárias em cada projeto e revisar, conseqüentemente, os estudos energéticos.

Com relação aos estudos de viabilidade, destacam-se os seguintes aspectos:

UHE's Itumirim e Olho D'Água

- É recomendável revisar as dimensões do vertedouro, o estudo de sedimentos, os estudos energéticos e as enchentes de desvio;
- É importante programar o enchimento dos reservatórios para o período de chuvas;
- Revisão dos custos.

UHE's Salto e Salto do Rio Verdinho

- Revisar as curvas cota-área-volume e o projeto de emboque das tomadas de água.

UHE's Caçu e Barra dos Coqueiros

- É imprescindível definir a localização e volumes disponíveis de áreas de empréstimo;
- Considerar a barragem em Concreto Compactado a Rolo (CCR) também na margem esquerda da UHE Caçu;

- Revisar o dimensionamento dos vertedouros e tomadas de água, o cronograma de construção e os custos;
- Revisar os estudos da borda livre, do enchimento do reservatório, com a vazão sanitária correta, de remanso, de sedimentos e de produções energéticas.

ANÁLISE eMergÉTICA

Esta parte do trabalho tem com objetivo a análise de custo e benefício em termos eMergéticos dos materiais, energia e mão de obra necessários à construção e operação das usinas hidrelétricas em questão, de forma a subsidiar, não somente a própria avaliação das alternativas das hidrelétricas, mas promover uma abordagem distinta da tradicional análise de custo-benefício.

A análise de cada empreendimento é feita com base nas tabelas de eMergia por empreendimento, com a avaliação do custo e o benefício da geração de energia elétrica, incorporando na análise não somente o material empregado na construção da usina, mas a alteração das características ambientais decorrentes da mudança de regime hídricos e do uso e ocupação do solo, em decorrência da formação do reservatório.

As informações utilizadas nesta etapa do trabalho foram retiradas dos estudos de Inventário, de Viabilidade e dos Estudos Ambientais disponíveis e de estudos similares que se utilizaram desta metodologia. Quando não se tinha informação adequada nestes estudos, procurou-se a informação em outras fontes para garantir o completo entendimento da questão e evitar que ficassem lacunas no trabalho. Mesmo assim, algumas informações específicas não puderam ser incorporadas por não existirem dados disponíveis. Caso sejam feitas alterações no tocante à partição de queda, na concepção e tipo de barragem, estes estudos deverão ser revisados para ficarem compatíveis com as mudanças definidas a *posteriori*.

METODOLOGIA

A metodologia básica empregada é denominada de Ecologia de Sistemas (Odum, 1994), que possui princípios da ecologia associados a conceitos de análise de sistemas, como elementos, fluxos, hierarquia entre outros. Existem diversos trabalhos publicados que procuram avaliar de forma integrada o meio ambiente e os processos econômicos com base nesta abordagem. Um dos casos refere-se à avaliação de duas propostas de construção de duas barragens no rio Mekong na Tailândia (Brown & McClanahan, 1996).

Segundo Huang & Odum (1991), a análise eMergética, apoiada por ecologistas como forma de determinar o valor dos recursos naturais, pode estabelecer a estrutura para a compreensão dos sistemas ecológicos e econômicos, permitindo que as informações, sem valor de mercado, sejam incorporadas na análise de custo benefício. Segundo este mesmo autor, a teoria unificada da Ecologia de Sistema, baseada na análise sistêmica e nas leis da termodinâmica, formulada por H.T. Odum pode provocar mudança na valoração da sociedade com relação aos sistemas naturais.

A metodologia denominada Ecologia de Sistemas pode ser considerada um linha de pesquisa ligada à economia ecológica que, através de uma conceituação própria, procura valorar os recursos naturais na forma de eMergia, buscando uma forma de integração entre a ecologia e a economia. É uma alternativa à valoração baseada em princípios da economia neoclássica. Essa abordagem possibilita o ordenamento das informações e fluxos de um sistema através da linguagem energética e materiais, de modo a se vislumbrar os elementos e suas interações e, principalmente, quantificá-los (em unidades eMergéticas) de maneira a integrar os sistemas ecológicos e econômicos.

Os fluxos de materiais e de energia são quantificados e avaliados através de conceitos como Emergia e Transformidade que visam mensurar respectivamente, a energia necessária para gerar um fluxo ou armazenamento energético e para a produção de outro tipo de energia. Ainda, índices são utilizados para avaliar a relação entre a energia que entra e sai de um sistema definido, permitindo observar o grau de pressão que uma determinada atividade pode exercer sobre o meio ambiente, ou mesmo avaliar o custo-benefício em termos eMergéticos. De forma simplificada, esta metodologia procura obter a história energética de cada elemento que entra na composição do empreendimento, traduzindo os diversos componentes como materiais e energia em uma mesma linguagem, possibilitando sua comparação e integração.

Basicamente, as etapas do trabalho desenvolvido foram:

1. Avaliação dos inventários e dos relatórios dos rios Araguaia, Corrente, Verde e Claro;
2. Avaliação dos estudos de viabilidade com a coleta de dados sobre as estimativas de volume de escavação, de material para a composição da barragem, dos equipamentos a serem utilizados e mão de obra, etc;
3. Levantamento de dados sobre o uso e ocupação do solo da região, principalmente no tocante à exis-

tência de vegetação natural a ser afetada pelos empreendimentos;

4. Identificação dos principais componentes do sistema em termos de fluxo de energia e matéria;
5. Construção da planilha de dados relativos à cada AHE;
6. Transformação dos dados em fluxo de energia e de Emergia como parâmetro comum;
7. Avaliação dos resultados em comparação com outros trabalhos e através da análise do indicador definido acima;
8. Considerações finais sobre a metodologia aplicada para a avaliação dos AHEs de maneira isolada e compondo um cenário por rio, além de uma breve discussão sobre a aplicabilidade desta metodologia como ferramenta de valoração ambiental e planejamento ambiental.

Neste trabalho, a análise de custo-benefício de cada usina hidrelétrica foi realizada computando apenas valores físicos, ou em sua forma de quantidade de material e ou em energia, não sendo utilizados qualquer valor monetário. Em outros trabalhos há a transformação de, por exemplo, salários na forma de eMergia. O objetivo desta restrição metodológica é distinguir completamente da perspectiva de valoração monetária dos recursos naturais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise realizada, onde foram computadas as entradas de energia renovável (R) ao sistema – a energia solar, as chuvas, a energia química do rio (com base na variação anual de vazão), a energia potencial do rio, as produções sacrificadas de culturas diversas e pastagens, bem como da produção florestal (cerrado e mata ciliar) e a contribuição da floresta para a manutenção do recurso hídrico – as entradas não renováveis (N) – perda de solo pela atividade agropecuária e da vegetação natural, a biodiversidade e os materiais utilizados na construção da barragem (solo e rocha) – e as contribuições da economia (F) – equipamentos (M) e mão de obra (S), com todas as informações em termos de energia ou matéria, a geração de energia elétrica transformada (Y), em trinta anos de operação, representa uma pequena proporção da energia despendida na construção propriamente dita e nos custos ambientais, representados pela perda de produtividade primária da vegetação inundada pela barragem e pela alteração do regime hídrico do rio, em função da existência da barragem e seu reservatório.

Os resultados do trabalho são apresentados nas Tabelas 1 a 6, onde Tr é a transformidade para o empreendimento e B/C é a avaliação do Benefício sobre o Custo.

TABELA 1 – Custo-Benefício eMergético AHE CAÇU.

FLUXOS	GERAL	SEM VARIAÇÃO Q
R	5,49E + 23	5,99E + 21
N	8,05E + 17	8,05E + 17
I	5,49E + 23	5,99E + 21
M	2,76E + 20	2,67E + 20
S	6,15E + 18	6,15E + 18
F	2,74E + 20	2,74E + 20
Y	5,49E + 23	6,26E + 21
Tr	4,15E.08	4,73E + 06
B/C	0,0119	1,0466

TABELA 2 – Custo-Benefício eMergético AHE BARRA DOS COQUEIROS.

FLUXOS	GERAL	SEM VARIAÇÃO Q
R	5,79E + 23	8,02E + 21
N	2,36E + 17	2,36E + 17
I	5,79E + 23	8,02E + 21
M	3,39E + 20	3,39E + 20
S	6,15E + 18	6,15E + 18
F	3,45E + 20	3,45E + 20
Y	5,79E + 23	8,36E + 21
Tr	317000000	4,57E + 06
B/C	0,0156	1,082

TABELA 3 – Custo-Benefício eMergético AHE SALTO DO RIO VERDINHO.

FLUXOS	GERAL	SEM VARIAÇÃO Q
R	4,76E + 23	5,38E + 22
N	1,02E + 18	1,02E + 18
I	4,76E + 23	5,38E + 21
M	3,43E + 20	3,43E + 20
S	7,02E + 18	7,02E + 18
F	3,50E + 20	3,50E + 20
Y	4,76E + 23	5,42E + 22
Tr	245000000	2,79E + 07
B/C	0,0007	0,0059

TABELA 4 – Custo-Benefício eMergético AHE SALTO.

FLUXOS	GERAL	SEM VARIAÇÃO Q
R	4,38E + 23	1,03E + 22
N	4,76E + 18	4,76E + 18
I	4,38E + 23	1,03E + 22
M	3,68E + 20	3,68E + 20
S	7,02E + 18	7,02E + 18
F	3,75E + 20	3,75E + 20
Y	4,76E + 23	5,42E + 22
Tr	331000000	8,09E + 06
B/C	0,2176	0,7418

TABELA 5 – Custo-Benefício eMergético AHE ITUMIRIM.

FLUXOS	GERAL	SEM VARIAÇÃO Q
R	7,86E + 22	1,08E + 22
N	4,85E + 17	4,85E + 17
I	7,86E + 22	1,08E + 22
M	1,02E + 20	1,02E + 20
S	6,15E + 18	6,15E + 18
F	1,08E + 20	1,08E + 20
Y	7,87E + 22	1,09E + 22
Tr	69000000	9,55E + 06
B/C	0,087	0,628

TABELA 6 – Custo-Benefício eMergético AHE OLHO D'ÁGUA.

FLUXOS	GERAL	SEM VARIAÇÃO Q
R	9,45E + 22	4,54E + 22
N	1,71E + 18	1,71E + 18
I	9,45E + 22	4,54E + 21
M	1,33E + 20	1,33E + 20
S	7,02E + 18	7,02E + 18
F	1,40E + 20	1,40E + 20
Y	9,46E + 22	4,68E + 22
Tr	11500000	5,67E + 06
B/C	0,0576	0,0574

Os resultados encontrados para as hidrelétricas em geral (AHE Caçu – $Y=5,49E+23$ e $Tr=4,15E+08$; AHE Barra dos Coqueiros – $Y=5,79E+23$ e $Tr=3,17E+08$; AHE Salto do Rio Verdinho – $Y=4,76E+23$ e $Tr=2,45E+08$; AHE Salto – $Y=4,76E+23$ e $Tr=3,31E+08$; AHE Itumirim – $Y=7,87E+22$ e $Tr=6,90E+07$; AHE Olho D'Água – $Y=9,46E+22$ e $Tr=1,15E+08$; AHE Couto de Magalhães – $Y=1,81E+23$ e $Tr=6,06E+07$) estão dentro do nível de grandeza de outros trabalhos realizados com hidrelétricas, em termos eMergéticos: Hidrelétrica-Suécia $Y=1,95E+24$ e $Tr=8,02E+04$; AHE Tucuruí-Brasil $Y=1,65E+22$ e $Tr=1,65E+05$; Low Pa Mong-Tailândia $Y=4,23E+21$; Upper Chiang Khan $Y=3,81E+21$.

As diferenças existentes entre as hidrelétricas estudadas estão relacionadas ao tipo de barragem e às características do ambiente onde elas estão localizadas.

Foram realizadas duas simulações para avaliar a relação de custo e benefício da construção e operação destas AHEs. A primeira foi realizada com a inclusão de todas as variáveis descritas acima que contribuíam para a construção e operação dos aproveitamentos, enquanto a segunda foi retirada da análise a regularização de vazão imposta pela existência do reservatório e operação da usina.

Como resultado das primeiras análises, verificou-se que o benefício eMergético da geração de energia elétrica, em trinta anos, varia de cerca de 0,1% para a AHE Salto do Rio Verdinho, entre 1% a 8% para as AHE Caçu, Barra dos Coqueiros, Itumirim, Olho D'Água e Couto de Magalhães, e de aproximadamente 22% para AHE Salto dos custos aplicados na construção e operação da usina.

Na primeira simulação, o potencial químico do rio, que está diretamente relacionado à sua vazão, representa a principal contribuição para a composição eMergética total do sistema. Ou seja, a alteração do regime hídrico do rio em função da existência do reservatório e da operação da usina, que regulariza a sua vazão, representa a maior entrada de eMergia para o sistema. É interessante observar que a energia potencial gravitacional é o principal fator na definição da partição de queda de um rio e conseqüentemente da definição dos barramentos. Nesta análise, a principal contribuição do rio para o ecossistema é representado pela energia potencial química, que é caracterizada pelo potencial de reação proporcionado pela água. A regularização ou alteração da vazão característica do rio em função da formação do reservatório e do regime operacional das usinas, acaba alterando significativamente este potencial químico. O que para uns representa um ganho adicional na construção e operação de usinas hidrelé-

tricas (representado pelo controle de vazão), sob o ponto de vista da presente análise é o principal fator de alteração ambiental, indicando claramente a importância, para todo o sistema, da variabilidade anual de vazão como fonte principal de eMergia.

Na outra simulação, onde a entrada de energia renovável no sistema dada pelo potencial químico do rio (variação de vazão ao longo do ano em função do ciclo hidrológico) foi retirada da análise, os resultados mostraram que a eMergia gerada pelas hidrelétricas Caçu, Barra dos Coqueiros e Olho D'Água era equivalente à eMergia despendida na construção e na operação, ou seja, aproximadamente 1. Enquanto as hidrelétricas Salto, Salto do Rio Verdinho e Itumirim, mesmo com a retirada deste fator preponderante para o sistema, apresentam resultados com custos acima do benefício gerado, ou seja, a eMergia para a construção e operação destas hidrelétricas foram superiores à eMergia gerada pela eletricidade, com destaque negativo para a segunda. O resultado foi positivo nesta segunda simulação para a AHE Couto de Magalhães, principalmente em função das características da vazão do rio (significativamente maior que os demais rios) e pela área ocupada pelo reservatório (relativamente menor que os demais projetos). Em todos estes casos, com exceção de Couto de Magalhães (por não possuir o dado de uso e ocupação do solo), a maior contribuição do ambiente para o funcionamento das usinas, nesta simulação, foi a perda da eMergia relativa à produtividade primária da floresta a ser alagada pelo reservatório.

Os resultados apontam como fator preponderante para a geração de energia hidrelétrica, não somente o potencial hidráulico, que representa um dos elementos principais na análise da viabilidade deste tipo de empreendimento, mas a perda do potencial químico da água em função da regularização de vazão do rio. Ou seja, a contribuição representada pela energia química associada à variação sazonal da vazão do rio é um fator normalmente desconsiderado nas análises tradicionais de custo/benefício, mas que representa, em termos eMergéticos, a principal contribuição na operação da usina.

Outro fator importante, também pouco considerado em outras análises é a contribuição dada pela produtividade primária da vegetação inundada pelo reservatório. No caso em questão, esta seria a segunda maior contribuição do ambiente para a operação da usina. Em outras palavras, a perda da contribuição química devido à regularização do regime hídrico, seguida da perda de produtividade primária da floresta a ser alagada, representam, os principais custos ambientais da geração de energia hidrelétrica.

A análise de custo benefício, em termos eMergéticos, aponta para um importante fato, a energia renovável do potencial químico do rio associado à energia renovável da produção primária da vegetação natural a ser submergida pelos reservatórios, é superior à geração de energia hidrelétrica em todos estes empreendimentos. Quando se retira a energia potencial química, observa-se que em alguns casos existe uma compensação entre custos e benefícios (AHEs Caçu, Barra dos Coqueiros e Olho D'água), enquanto para os demais casos, à exceção da AHE Couto de Magalhães, não existe viabilidade em ambas as simulações.

Neste sentido, a energia a partir destas hidrelétricas representa a apropriação, principalmente, de dois tipos de energia renovável presentes nestes ambientes:

- a energia potencial química do rio, através da alteração do seu regime hídrico sazonal; e
- a produtividade primária que cessa de entrar no ecossistema pela formação do reservatório.

Ou seja, a energia hidrelétrica gerada a partir destes barramentos nada mais é do que a transformação, principalmente, destes dois tipos de energia presentes na natureza, em uma forma de energia mais facilmente utilizável, porém com custos muito acima de seus benefícios. Em outras palavras, a energia elétrica destes empreendimentos possui uma eficiência questionável ao longo de sua vida útil.

ANÁLISE ECONÔMICO-AMBIENTAL

De posse dos dados e informações levantados nos estudos de viabilidade técnica e ambiental, além das considerações apresentadas por ocasião deste relatório, iniciou-se a avaliação sócio-econômica e ambiental dos projetos de empreendimentos hidrelétricos ao longo dos rios Corrente, Verde e Claro. A ferramenta utilizada nesta avaliação foi a Análise Custo-Benefício (ACB), alimentada por estimativas de benefícios do projeto e seus custos, privados e sociais.

As análises foram realizadas por bacia hidrográfica, compreendendo, no presente caso, dois empreendimentos hidrelétricos por bacia. A adoção da análise por bacia, e não por empreendimento, baseia-se na existência de impactos de ordem regional, cuja unidade de referência mínima mais adequada é a bacia hidrográfica. Tal constatação é referendada pelos estudos de inventário, base das análises de viabilidade dos empreendimentos, cujo escopo geográfico é também a bacia hidrográfica. Assim, a análise sócio-econômica-ambiental retratou três diferentes bacias e seus respectivos

empreendimentos, a saber: AHE Itumirim e AHE Olho D'água (bacia do rio Corrente); AHE Salto e AHE Salto do rio Verdinho (bacia do rio Verde); e AHE Caçu e AHE Barra dos Coqueiros (bacia do rio Claro).

Os estudos de viabilidade técnica e ambiental apresentados pelos empreendedores consistiram a base principal de informações, as quais foram complementadas e atualizadas por dados das entidades de gestão de energia e água (ANEEL, ONS, MAE, ANA), e outras fontes secundárias de pesquisa.

METODOLOGIA

Três fatores foram considerados na montagem da ACB: i) "B1", o qual contempla os benefícios a serem gerados com a implantação dos empreendimentos projetados, composto basicamente da venda contratada de energia firme, com base em preços normativos, e de energia excedente, a preços estimados de mercado; ii) "C1", referentes aos custos privados dos projetos, que tenham sido contabilizados ou não pela análise dos empreendedores; e iii) "C2", associados aos custos sociais, os quais representam externalidades dos projetos, e incorporam desde custos de oportunidade (atividades tradicionais) até valores relacionados a perdas no ecossistema. Estes três fatores são descritos a seguir.

"B1" – Benefícios apontados pelos estudos de viabilidade. O principal montante está associado ao valor de mercado da energia que seria gerada pelos empreendimentos. No entanto, os projetos consideraram como benefício direto, a venda integral da energia firme a ser gerada. Uma análise mais realista, do ponto de vista social, deveria incluir a absorção desta energia pelo mercado, em função do fator de carga, índice monitorado por região. Este índice aponta o consumo de energia em relação à oferta, sendo, portanto, um indicador de demanda – Tabela 7. Assim, a análise considerou o fator de carga como variável de controle do benefício dado pela produção e venda da energia, seja ela firme ou excedente. Assume-se que energia paga (contratos governamentais) e não consumida (dado o fator de carga menor que 100%) é custo para a sociedade.

O valor atribuído à venda da energia firme foi o VN (Valor Normativo), administrado pela ANEEL e que rege os contratos de produção de energia do setor hidrelétrico. À energia excedente foi aplicado o valor de mercado (MAE – Mercado Atacadista de Energia). Para fins de estimativa da energia excedente, considerou-se a possibilidade de geração de 100% da capacidade nomi-

TABELA 7 – Evolução do fator de carga por subsistemas (%).

SUBSISTEMAS	ANO				
	2002	2003	2004	2005	2006
Norte	85,0 %	85,0 %	85,0 %	85,0 %	85,0 %
Nordeste	77,0 %	76,0 %	75,5 %	75,0 %	74,5 %
Sudeste/Centro-Oeste	76,0 %	75,5 %	75,0 %	74,5 %	74,0 %
Sul	73,0 %	72,5 %	72,0 %	71,5 %	71,0 %

Fonte: Eletrobrás/ONS, 2002

nal (descontados os fatores de rendimento), durante 4 meses do ano, relativos ao período de cheia.

À produção excedente foi aplicado um fator de rendimento das turbinas (em torno de 92,5%), conforme informado em cada projeto.

Dois outros benefícios são apontados nos estudos de viabilidade: a valorização das terras que seriam alagadas, previamente ao pagamento das indenizações, e a entrada de capital na região oriundo do pagamento de impostos das novas atividades de geração hidrelétrica. Entretanto, ambos tem um componente custo da mesma ordem de grandeza, o qual deveria constar da análise custo-benefício dos empreendimentos, motivo pelo qual não foram considerados nesta análise.

“C1” – Custos privados. Neste grupo estão contemplados os custos contabilizados normalmente na análise dos empreendedores:

- Custos de implantação dos projetos, conforme apontado nos estudos de viabilidade;
- Custos de operação e manutenção ao longo da vida útil econômica dos projetos. Os valores apresentados nos estudos de viabilidade adotam o preconizado pela Eletrobrás (Plano Decenal de Expansão 1994-2004), cujos critérios são apresentados abaixo:
 - Para potência instalada > 146,71 MW, COM = US\$ 5,77/kW.ano;
 - Para potência instalada < 146,71 MW, COM = US\$ 9,46/kW.ano;

No presente estudo, todos os empreendimentos se encontram na segunda condição².

Além desses, foram incluídos na análise os custos exigíveis, mas não contabilizados nos estudos de viabilidade, apesar de informados, quais sejam:

- Custos de implantação de linhas de transmissão para ligação ao Sistema Interligado Nacional;
- Custos de implantação de subestações seccionadoras;
- Cobrança pelo uso da água. Utilizou-se a formulação aplicada ao setor elétrico em âmbito federal, ou seja, 0,75% sobre o faturamento com a venda da energia gerada.

“C2” – Custos sociais. Neste grupo estão inseridos os valores de externalidades sócio-ambientais inerentes aos projetos, quando sua contabilização se mostrou plausível. Os itens considerados variam caso a caso, de acordo com a relevância em relação aos impactos na bacia. De maneira geral, os valores considerados foram:

- Custo de oportunidade do turismo – aplicado quando o turismo associado ao estado de conservação dos recursos naturais se encontra consolidado ou em consolidação, caso da bacia do rio Corrente;
- Perdas de água – aspectos quantitativos. Faz-se alusão aqui à perda de água por evaporação na lâmina d’água dos reservatórios, conforme aponta estudo da Eletrobrás (2004), que fez estimativas de evaporação líquida para todos os reservatórios brasileiros inventariados. Na região, este valor varia de 300 a 390 mm/ano³. O valor para cada metro cúbico de água perdido anualmente por evaporação foi associado ao preço público único já exercido na cobrança do

² Exceção se faz ao AHE Couto Magalhães, que não foi considerado na análise sócio-econômica-ambiental.

³ De acordo com os estudos de viabilidade dos AHE em análise, existe um “déficit hídrico” potencial de cerca de 300mm anuais, dado pela diferença entre precipitação (1400mm) e evaporação (1700mm). Tais dados foram considerados, apesar de serem oriundos de estações diferentes: Campo Alegre (ANEEL) e Paranaíba (INMET), respectivamente. Admitindo-se esta relação, ainda que supondo ser menor a diferença entre evaporação e precipitação para um mesmo local, conclui-se que um eventual aumento da evaporação na bacia pode não resultar em aumento da precipitação na própria bacia, sendo a massa de vapor d’água conduzida para bacias adjacentes. Isto implica em um “uso consuntivo” não convencional para as águas locais.

uso da água⁴. Note que trata-se de valor extremamente baixo e não reflete pressões por escassez e nem sequer as diferenças regionais para valorização deste recurso natural;

- Perdas de água – aspectos qualitativos. Reflete o aumento dos custos de tratamento da água em função da mudança de qualidade imposta aos rios pelo represamento⁵. Os valores consideraram apenas a vazão necessária ao consumo populacional dos municípios diretamente afetados pelos empreendimentos. O valor estabelecido foi de R\$ 0,50/m³, o qual, segundo Reydon *et al.* (2001), representa o aumento médio de custos de tratamento de água quando a qualidade do rio muda de classe 1 para classe 2 ou de classe 2 para classe 3 (de acordo com a Resolução 20/86 do CONAMA);
- Custo de oportunidade de investimentos conservacionistas – valores investidos em conservação ecológica na região, por fundos e entidades ambientalistas. Estes valores consideram projetos vinculados à área diretamente afetada, para propósitos de pesquisa, apoio operacional e apoio institucional. Os valores refletem a disposição de investir em áreas naturalmente conservadas. Foram considerados os dispêndios regulares nos últimos 3 anos, projetados para toda a vida útil do empreendimento;
- Custo de oportunidade pelo uso da terra – utilizou-se como *proxy* a produtividade agropecuária líquida média (US\$/ha; IBGE, 2001) dos municípios afetados, limitados à área atualmente destinada para estas atividades⁶. Quando o dado de produtividade não estava disponível, foi considerada a produtividade média para a região (Centro-Oeste), a partir dos dados de produção da CONAB (2001);
- Custo de oportunidade por retenção de carbono – valor de opção relativo a manutenção de estoques de carbono em biomassa, na hipótese de conservação da fitomassa de florestas ripárias e cerradão. Este valor foi considerado na integralidade a partir do cálculo de densidade de biomassa por tipo florestal apresentado no estudo de viabilidade do AHE Olho

D'água (e projetado para os demais aproveitamentos), e pelas áreas ocupadas por estes dois tipos vegetativos nos limites de alagamento dos empreendimentos (Tabela 8). O lançamento dos valores foi feito no décimo ano após o eventual início das obras, considerando que haja uma evolução dos mecanismos de desenvolvimento limpo, no sentido de se considerar créditos de carbono retido em florestas naturais. Trata-se, portanto, de valor de opção associado ao uso indireto, no futuro, da regulação bioquímica efetuada por estas tipologias vegetais, quando conservadas. A relação de densidade, em termos de toneladas de carbono por metro cúbico, foi assumida como sendo unitária. O valor para o crédito de carbono foi determinado em levantamento junto a diversos pesquisadores do tema, os quais apontaram variações entre US\$ 10/ton a US\$ 50/ton (May *et al.*, 2003; Melo & Durigan, 2004). Assumiu-se que o carbono ora retido nestas tipologias florestais, seria paulatinamente disponibilizado para a atmosfera por processos de decomposição na forma de CO₂ e CH₄, em fluxos verticais ou pelo trabalho das turbinas das usinas hidrelétricas.

TABELA 8 – Fitomassa a ser inundada de acordo com o estudo da viabilidade do AHE Olho D'água.

FITOMASSA A SER INUNDADA POR TIPOLOGIA	
Áreas antropizadas (m ³ /ha) – pastagens	19,08
Matas ripárias (m ³ /ha)	501,72
Mata/Cerradão/Capoeirão (m ³ /ha)	470,76

Fonte: EIA/RIMA – AHE Olho D'água (2001)

Três outros impactos são ressaltados nos estudos ambientais: a perda de biodiversidade, o alagamento de sítios arqueológicos e a perda paisagística. Estes impactos, de real relevância, não foram contabilizados no presente estudo, dada a carência de dados sobre eles. Os levantamentos dos estudos ambientais, no que

⁴ R\$0,02/m³, conforme deliberação 08 CEIVAP, de 06/12/2001.

⁵ Sobre este tópico, cabe reproduzir trechos dos estudos de impacto ambiental dos AHEs Olho D'água e Salto do rio Verdinho: "Os valores [de O₂] observados nas análises mostraram-se bem elevados, estando próximos aos valores de saturação. A média dos pontos amostrados foi de 7,90 mg/l, valor bastante superior ao mínimo (5 mg/l) estabelecido para corpos d'água de classe 2. A concentração de oxigênio dissolvido mostrou-se relacionada principalmente com a característica hidrodinâmica do rio. Esta característica é retratada através do resultado, mostrando altos teores de oxigênio dissolvido ao longo do rio Verde, visto que esse rio possui corredeiras e cachoeiras, fazendo com que haja uma boa aeração de suas águas." (CTE/Themag, 2001).

"(...) o fosfato é o principal elemento responsável pela eutrofização de um sistema, e hoje, se o rio Corrente fosse um ambiente lântico com o valor médio atual de fosfato, ele seria um ambiente Meso-eutrófico, isto é, propício a ter alta produção primária" (CNEC, 2001).

⁶ Informações oriundas do mapeamento de uso da terra nas áreas a serem alagadas.

concerne a esses itens, são de escopo reduzido e de caráter meramente descritivo, não permitindo uma avaliação realista. Além disso, tais itens possuem diversas abordagens de valoração e sempre representam polêmica, dada a complexidade dos temas que tratam. Sendo assim, decidiu-se por não incorporar tais valores diretamente nas análises. São, no entanto, considerados, em conjunto, para fins do prognóstico de viabilidade e nas análises de sensibilidade e risco.

Após o cálculo do Valor Presente Líquido (VPL) da ACB, para cada bacia, foram realizadas análises de sensibilidade, que apontaram os parâmetros cujas variações afetam em maior grau os resultados finais; e análises de risco, que consideraram a variação destes parâmetros em limites previsíveis e em situações simuladas, estimando a probabilidade de retorno dos investimentos a partir dessas variações. Para estas análises, foram feitas simulações com os parâmetros que se mostraram mais representativos na composição do resultado final, fazendo-os variar de acordo com números aleatórios dentro de distribuições de frequência previamente determinadas. Para cada caso, foi feita simulação com 10.000 combinações, com números aleatórios gerados pelo método Monte Carlo, até um nível de confiança de 99% (Tabela 9).

A partir das séries de resultados gerados pelas simulações, foram elaborados gráficos de frequência (probabilidade), os quais apontaram as variações possíveis do parâmetro de saída, o VPL, que define a viabilidade dos empreendimentos.

TABELA 9 – Distribuições e parâmetros da análise de sensibilidade.

VARIÁVEL	DISTRIBUIÇÃO	PARÂMETROS
Energia Firme	Normal	Média = valor atual Desvio = 1/15 média
Custo Total	Normal (corte superior à média)	Média = valor atual Desvio = 1/10 média
Fator de Carga	Normal (corte superior à média)	Média = valor atual Desvio = 1/10 média
Taxa Desconto	Normal	Média = valor atual Desvio = 1/12 média
Custo Ecoturismo	Normal (corte inferior à média)	Média = valor atual Desvio = 1/10 média
Preço Carbono	Exponencial	Taxa = 0,1 Range = US\$10 a US\$50
Preço energia MAE	Weibull	Inicial = valor atual Escala = 9,95 Forma = 3

RESULTADOS DA ANÁLISE ECONÔMICO-AMBIENTAL

A seguir apresentamos os fatores condicionantes, os resultados e comentários para cada bacia.

Bacia do rio Corrente: AHEs Itumirim e Olho D'água

Os empreendimentos estudados no rio Corrente foram os AHEs Itumirim, primeiro a montante no inventário do rio, e Olho D'água, terceiro de montante para jusante (entre esses dois empreendimentos encontra-se o AHE Espora, em fase mais avançada de licenciamento). Os números utilizados na análise podem ser visualizados na Tabela 10.

TABELA 10 – Parâmetros de entrada da Análise Custo Benefício – Bacia do rio Corrente.

PARÂMETROS	VALORES	UNIDADES
Potência	88	MW
Energia firme	63	MW
Geração – ano	549.252	MWh
Área do reservatório	8.481	ha
Custo do empreendimento	125.892.220,00	US\$
Custo adicional (LT + SE)	21.610.000,00	US\$
Custo operacional	1.258.922,90	US\$/ano
Fator de carga – Centro-Oeste	75%	%
Taxa anual de desconto	12%	%/ano
Valor ecoturismo	779.733,33	US\$/ano
Investimento em conservação	336.832,00	US\$/ano
Valor do carbono	10,00	US\$/m ³
Créditos Carbono – ano 10	11.838.217,99	US\$
Oportunidade agropecuária	82.752,84	US\$/ano
Custo perda água – evaporação	221.919,50	US\$/ano
Custo diferença tratamento água	184.398,00	US\$/ano
Valor diferença tratamento água	0,17	US\$/m ³
Preço da água (cobrança)	0,007	US\$/m ³
Preço da energia – Valor Normativo	36,00	US\$/MWh
Preço da energia – MAE	18,06	US\$/MWh

Os valores correspondentes aos custos sociais computados tiveram, neste caso, a seguinte composição: i) custo de oportunidade de uso da terra; ii) custos de oportunidade das atividades de ecoturismo na região; iii) custos de oportunidade pela conservação, iv) custo de perdas de qualidade e quantidade de água.

Os custos de oportunidade do uso da terra foram obtidos a partir da classificação de uso da terra na região e de valores de rentabilidade da agricultura e pecuária praticada no local. Segundo o último censo agropecuário do IBGE (2000), o valor da rentabilidade média da agropecuária para os municípios da região é de US\$ 28,42/ha. Esta rentabilidade está associada à pecuária extensiva e à agricultura de baixo rendimento. O valor anual obtido foi de US\$ 82.752,85/ano. Não foram considerados possíveis ganhos em produtividade e em rentabilidade ao longo do tempo. A Tabela 11 apresenta as áreas de uso a serem alagadas.

TABELA 11 – Uso da terra nas áreas a serem alagadas pelos AHEs do rio Corrente.

TEMA	ITUMIRIM (ha)	OLHO D'ÁGUA (ha)	TOTAL (ha)
Rio/Várzea	3954,51	241,1	4195,61
Campos/Pastagens	466,11	905,85	1371,96
Floresta	365,22	922,05	1287,27
Área agrícola	713,16	826,29	1539,45
Vegetação média/Cerrado	421,27	665,91	1087,18
Área total em hectares	5920,27	3561,2	9481,47

Os custos associados à perda em atividades ecoturísticas consideraram apenas a atividade já existente e seus potenciais de expansão sem a necessidade de investimentos (estrutura montada). Foram considerados os 42 leitos de apenas uma pousada operante (há outras duas estruturas não operantes), com 83% de ocupação em alta temporada e 43% em baixa temporada, e projeção de oferta de outros 28 leitos a partir do ano 10 da eventual operação da UHE, com a consolidação da estrutura existente, passando, a partir desta data, a operar com 100% de capacidade. O gasto por turista foi determinado por comparação com destino similar, no caso os arredores do Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros (distância dos centros consumidores, amenidades do local, estrutura de acesso, proximidade do Parque Nacional), cujos números são consolidados: US\$736,67/turista/viagem no período de alta temporada (janeiro, fevereiro, março e julho), e US\$566,67/

turista/viagem nos demais meses do ano⁷. O potencial atual estimado foi de US\$779.733,33/ano e este número passa a ser de US\$2.681.466,67/ano a partir do ano 10 de eventual implantação dos reservatórios, que inundaria paisagens e cenários de uso pela atividade turística regional e nacional.

Estas considerações são importantes na medida em que novos investimentos em ecoturismo na região demandariam novos recursos e uma análise pormenorizada do setor foge ao escopo do presente estudo. Há que se considerar, no entanto, que a região tem forte apelo para tais atividades, com características singulares, como proximidade do Parque Nacional das Emas, ambiente para prática de turismo de aventura (*rafting*, canoagem, *canioning*, rapel, trilhas e etc), além da existência de sítios arqueológicos emersos e escrituras rupestres, atrativos ao setor. O não detalhamento da análise deste setor reforça o caráter conservador do presente estudo.

Os estudos de viabilidade apontam para a perda desta atividade turística em função da mudança de paisagem. No entanto, consideram que o estabelecimento de outras modalidades pós-alagamento, ou seja, do turismo de lagos (passeios de barco, lanchas, *jet-ski*, pesca, etc.), compensariam, por si, a perda da atividade ecoturística atual. Cabe aqui uma importante consideração do estudo: há dois tipos de turismo que se estabeleceram na região, de origem local e de origem extra-local. O estudo não computou perdas do turismo de origem local, para os quais existem números consideráveis (80 a 120 pessoas/semana, que visitam cachoeiras e corredeiras), por considerar que estas poderiam ser compensadas por alterações na dinâmica do turismo em função da mudança de cenário. Afinal, o turismo de lagos possui atrativo exclusivamente local, em se tratando de pequenas lâminas d'água. Já para os fluxos regional e nacional, haveria quebra significativa, resultando em perdas para a atividade, perdas estas que não seriam compensadas.

Os custos associados à oportunidade de conservação foram de dois tipos: investimentos correntes em atividades de pesquisa e apoio a conservação, os quais demonstram uma disposição a pagar pela manutenção das condições atuais de conservação na região, e valor de opção pela retenção de carbono a partir da fitomassa mantida. Os investimentos atuais somam US\$336.832,00/ano.

⁷ Números levantados junto a operadoras regionais e nacionais de turismo que trabalham com estes destinos, para pacotes completos de uma semana.

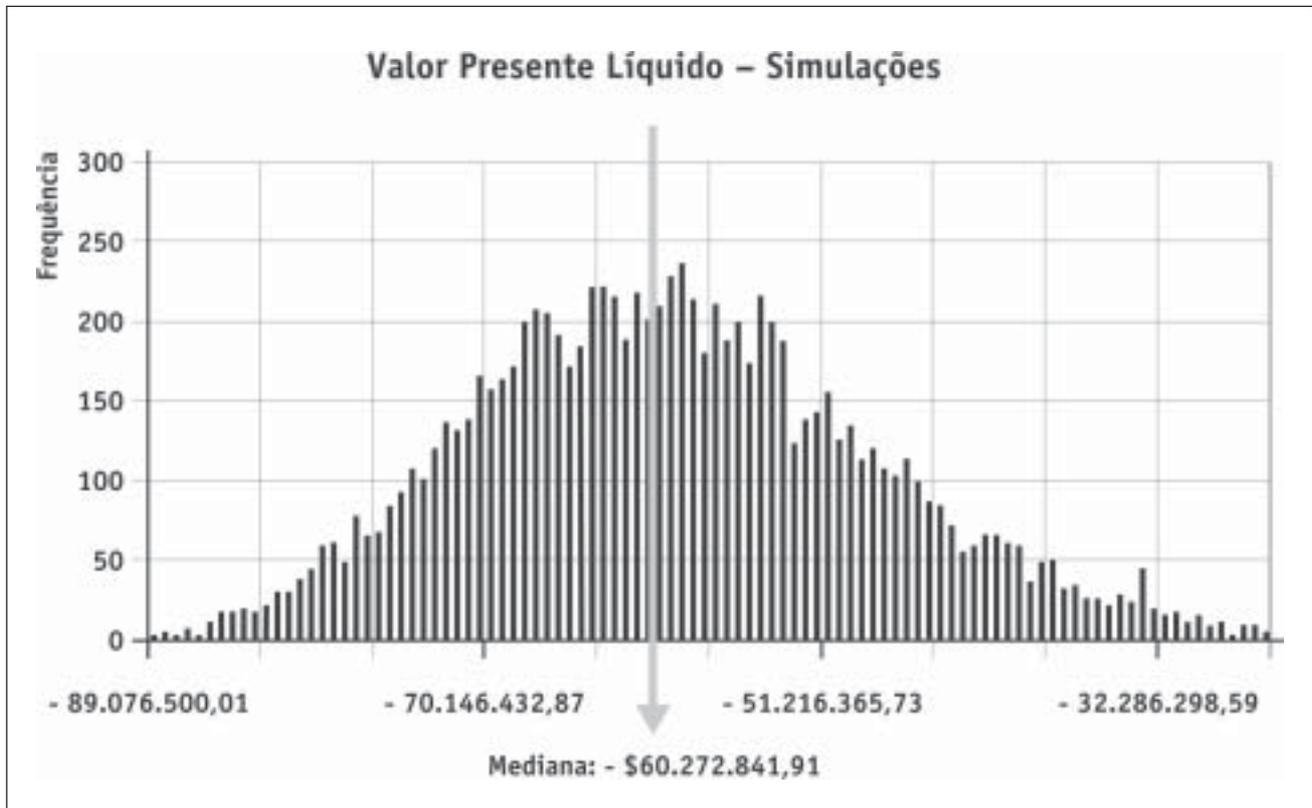


FIGURA 1 – Resultados (VPL) das simulações – Bacia do rio Corrente.

As perdas em qualidade de água, correspondente ao consumo da população dos municípios diretamente afetados (15.156 habitantes), foram computadas em US\$221.919,50/ano, enquanto as perdas em quantidade, relacionadas a uma taxa de evaporação líquida de 393mm/ano, foram computadas em US\$184.398,00/ano.

O Valor Presente Líquido (VPL) dos empreendimentos da bacia do rio Corrente, com base nos valores acima descritos, para uma vida útil econômica de 50 anos, foi de US\$59.803.752,04 negativos, o que representa um prejuízo da magnitude de metade do valor investido.

A análise de risco mostrou que, variando-se os parâmetros de maior representatividade, não há probabilidade de retorno positivo para o empreendimento: todas as 10.000 simulações apontaram valores negativos, variando entre US\$101.364.720,11 até US\$2.318.397,69. As Figuras 1 e 2 apresentam os gráficos de risco e sensibilidade para os empreendimentos do rio Corrente.

Dos parâmetros analisados, os que apresentaram maior correlação com o VPL foram, respectivamente: a taxa de desconto (razão inversa), o fator de carga (razão direta), o custo total (razão inversa), a energia firme

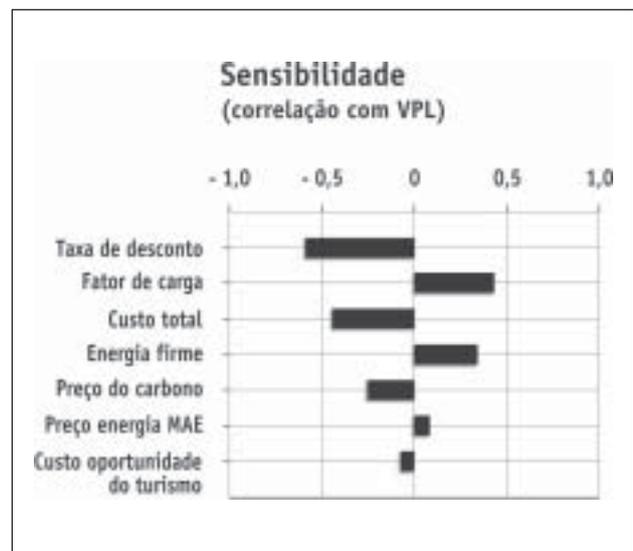


FIGURA 2 – Parâmetros representativos do Valor Presente Líquido – AHEs do rio Corrente.

me (razão direta), o preço do carbono no mercado de emissões (razão inversa), o preço da energia no MAE (razão direta) e o custo de oportunidade do turismo (razão inversa).

Bacia do rio Verde: AHEs Salto e Salto do Rio Verdinho

Os empreendimentos estudados no rio Verde foram os AHEs Salto e Salto do rio Verdinho, pela ordem montante-jusante de localização. Os números utilizados na análise podem ser visualizados na Tabela 12.

Os valores correspondentes aos custos sociais computados tiveram, neste caso, a seguinte composição: i) custo de oportunidade de uso da terra; ii) custos de oportunidade pela conservação; e iii) custo de perdas de qualidade e quantidade de água.

TABELA 12 – Parâmetros de entrada da Análise Custo Benefício – Bacia do rio Verde.

PARÂMETROS	VALORES	UNIDADES
Potência instalada	200	MW
Energia firme	126	MW
Geração – ano	1.104.986	MWh
Área do reservatório	11.598	ha
Custo do empreendimento	167.352.378,42	US\$
Custo adicional (LT + SE)	16.880.000,00	US\$
Custo operacional	1.892.000,00	US\$/ano
Fator de carga – Centro Oeste	75%	%
Taxa anual de desconto	12%	%/ano
Valor do carbono	10,00	US\$/m ³
Créditos Carbono – ano 10	20.467.814,52	US\$
Oportunidade agropecuária	282.545,46	US\$/ano
Custo perda água – evaporação	303.481,00	US\$/ano
Custo diferença tratamento água	193.312,69	US\$/ano
Valor diferença tratamento água	0,17	US\$/m ³
Preço da água (cobrança)	0,007	US\$/m ³
Preço da energia – Valor Normativo	36,00	US\$/MWh
Preço da energia – MAE	18,06	US\$/MWh

TABELA 13 – Uso da terra nas áreas a serem alagadas pelos AHEs do rio Verde.

TEMA	SALTO RIO		TOTAL (ha)
	SALTO (ha)	VERDINHO (ha)	
Água	529	586	1.115
Campos/Pastagens	959	605	1.564
Floresta	1.255	750	2.005
Área agrícola	2.187	454	2.641
Vegetação média/Cerrado	1.653	495	2.148
Várzeas e campos alagadiços	----	1.041	1.041
Área total em hectares	6.583	3.931	10.514

A Tabela 13 apresenta os dados da classificação de uso da terra na região, utilizados para o cálculo do custo de oportunidade da atividade agropecuária.

Os valores de rentabilidade agrícola foram obtidos a partir de uma composição dos principais produtos agrícolas da região (algodão, 25%; milho, 50%; e soja, 25%) e dos preços da produção estimados pela CONAB (2002) para a safra 2003/2004. A rentabilidade média calculada para a agricultura foi de US\$76,83/ha/ano, enquanto a da pecuária ficou em US\$50,90/ha/ano (Tabela 14).

TABELA 14 – Custos de oportunidades agropecuária – Bacia do Rio Verde.

ATIVIDADE	US\$/ha/ano	ÁREA (ha)	VALOR
Agricultura (mix)	76,83	2.641	202.941,42
Pecuária extensiva	50,90	1.564	79.604,04
Total	----	4.205	282.545,46

O valor anual obtido foi de US\$282.545,46/ano. Não foram considerados possíveis ganhos em produtividade e em rentabilidade ao longo do tempo.

O VPL dos empreendimentos da bacia do rio Verde, para uma vida útil econômica de 50 anos, foi de US\$11.952.578,23, o que representa um lucro da ordem da vigésima parte do investimento realizado. Isto aponta para os investidores e para a sociedade, mantidas as condições de análise para todo o período de vida útil econômica, um empreendimento viável na perspectiva de uma análise custo-benefício social.

Entretanto, a informação mais relevante, no caso, vem das análises de risco e sensibilidade nas Figuras 3 e 4, especialmente a primeira. Variando-se os parâmetros de maior representatividade a seguir na figura, existe uma probabilidade média de resultados negativos de 31% (VPL < 0). As simulações apontaram valores variando entre US\$-77.824.962,69 até US\$242.942.232,91, com mediana em US\$13.137.192,58. Isto determina um risco relativamente grande para o empreendimento, do ponto de vista da sociedade, conquanto consideraram-se os custos sociais, e do ponto de vista do empreendedor, uma vez que os parâmetros de maior representatividade são os valores tradicionais de análise, já contemplados no estudo de viabilidade.

Dos parâmetros analisados, os que apresentaram maior correlação com o VPL foram, respectivamente: a taxa de desconto (razão inversa), a energia firme (razão direta), o fator de carga (razão direta), o custo total

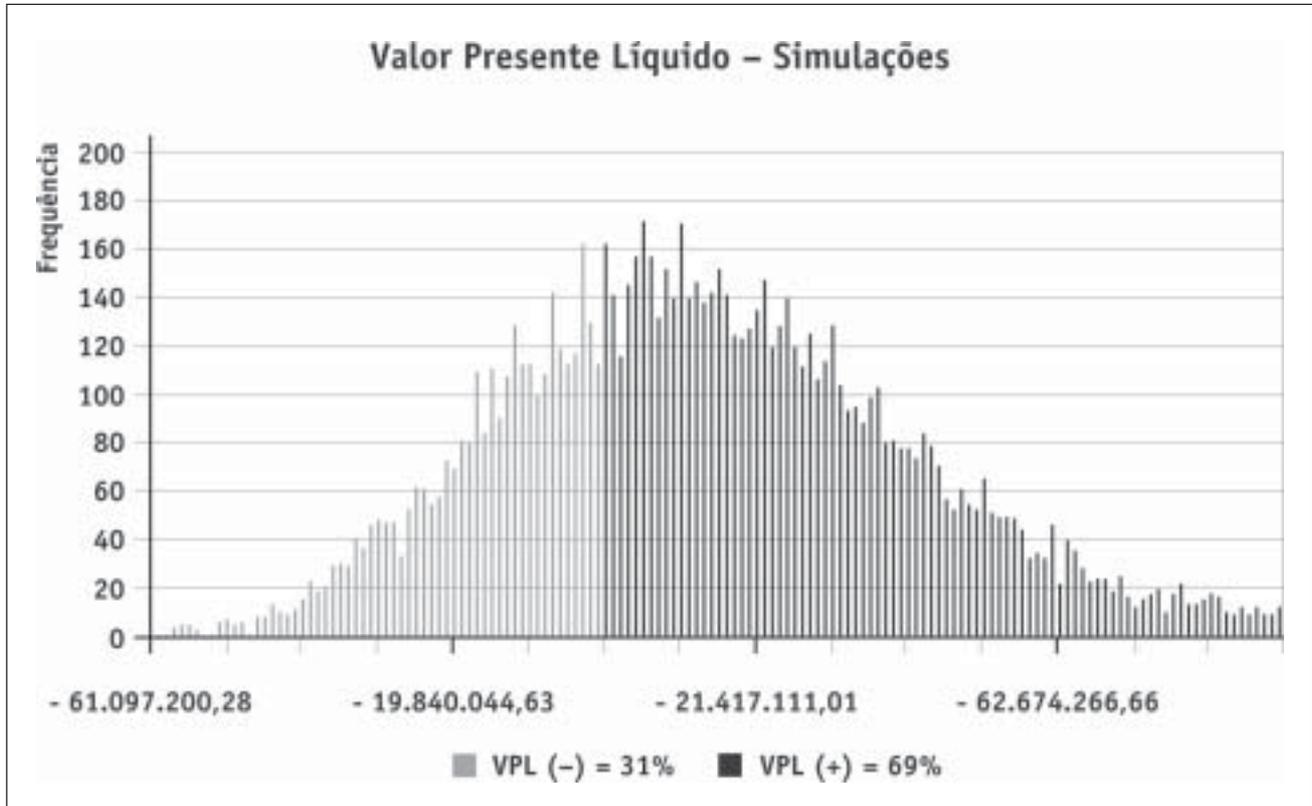


FIGURA 3 – Resultados (VPL) das simulações – Bacia do rio Verde.

(razão inversa), o preço do carbono no mercado de emissões (razão inversa) e o preço da energia no MAE (razão direta). Os gráficos das análises de risco e sensibilidade podem ser visualizados nas Figuras 3 e 4.

Bacia do rio Claro: AHEs Caçu e Barra dos Coqueiros

Os empreendimentos estudados no rio Claro foram os AHEs Caçu e Barra dos Coqueiros, pela ordem montante-jusante de localização. Os números utilizados na análise podem ser visualizados na Tabela 15.

Os valores correspondentes aos custos sociais computados tiveram, neste caso, a seguinte composição: i) custo de oportunidade de uso da terra; ii) custos de oportunidade pela conservação; e iii) custo de perdas de qualidade e quantidade de água.

A Tabela 16 apresenta os dados da classificação de uso da terra na região, utilizados para o cálculo do custo de oportunidade da atividade agropecuária.

Da mesma forma que no caso anterior (bacia do rio Verde), os valores de rentabilidade média calculada para a agricultura foi de US\$76,83/ha/ano e da pecuária, US\$ 50,90/ha.ano, o que resultou em um custo de oportunidade das atividades agropecuárias de US\$171.449,48/ano.

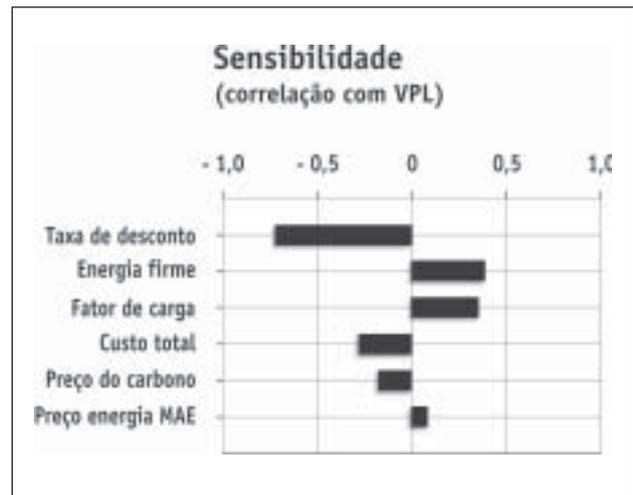


FIGURA 4 – Parâmetros representativos do Valor Presente Líquido – AHEs do rio Verde.

O VPL dos empreendimentos da bacia do rio Claro, para uma vida útil econômica de 50 anos, foi de US\$19.859.894,11, o que representa um lucro da ordem de 1/15 do investimento realizado.

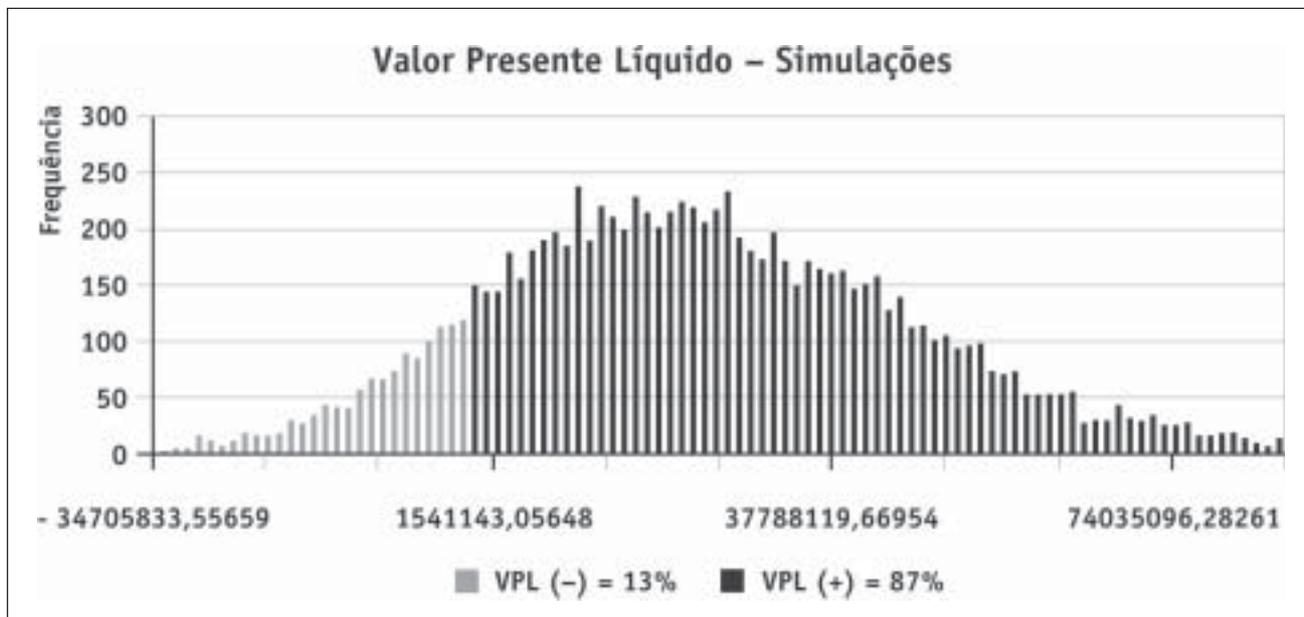


FIGURA 5 – Resultados (VPL) das simulações – Bacia do rio Claro.

TABELA 15 – Parâmetros de entrada da Análise Custo Benefício – Bacia do rio Claro.

PARÂMETROS	VALORES	UNIDADES
Potência instalada	155	MW
Energia firme	100	MW
Geração – ano	876.000	MWh
Área do reservatório	4.248	ha
Custo do empreendimento	120.081.747,83	US\$
Custo adicional (LT + SE)	16.880.000,00	US\$
Custo operacional	1.466.300,00	US\$/ano
Fator de carga – Centro Oeste	75%	%
Taxa anual de desconto	12%	%/ano
Valor do carbono	10,00	US\$/m ³
Créditos Carbono – ano 10	9.915.493,01	US\$
Oportunidade agropecuária	171.449,48	US\$/ano
Custo perda água – evaporação	111.156,00	US\$/ano
Custo diferença tratamento água	232.165,40	US\$/ano
Valor diferença tratamento água	0,17	US\$/m ³
Preço da água (cobrança)	0,007	US\$/m ³
Preço da energia – Valor Normativo	36,00	US\$/MWh
Preço da energia – MAE	18,06	US\$/MWh

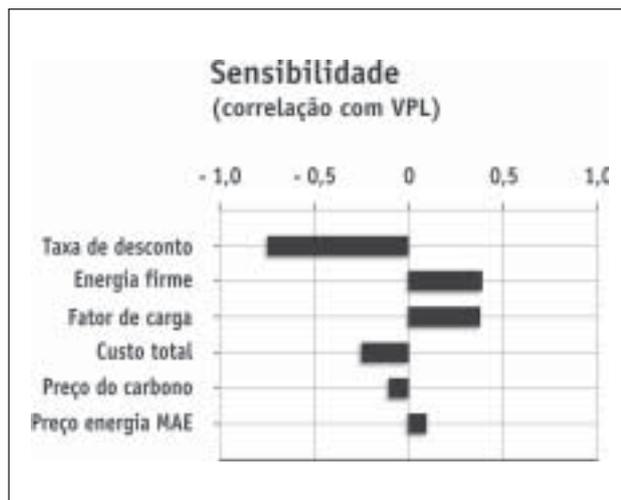


FIGURA 6 – Parâmetros representativos do Valor Presente Líquido – AHEs do rio Claro.

TABELA 16 – Uso da terra nas áreas a serem alagadas pelos AHEs do rio Claro.

TEMA	BARRA DOS COQUEIROS (ha)	CAÇU (ha)	TOTAL (ha)
Água	405,36	207,54	612,90
Pastagens	667,08	418,68	1.085,76
Floresta	955,35	299,43	1.254,78
Área agrícola	1.130,38	381,78	1.512,16
Vegetação média/Cerrado	1.147,05	562,50	1.709,55
Área total em hectares	4.305,22	1.869,93	6.175,15

Da análise de sensibilidade e risco, aponta-se uma probabilidade média de resultados negativos de 13% ($VPL < 0$). As simulações apontaram valores variando entre US\$-52.610.517,15 até US\$141.161.189,43, com mediana em US\$23.301.999,98, como pode ser visualizado nas Figuras 5 e 6.

Assim como no caso anterior, os parâmetros analisados que apresentaram maior correlação com o VPL foram, respectivamente: a taxa de desconto (razão inversa), a energia firme (razão direta), o fator de carga (razão direta), o custo total (razão inversa), o preço do carbono no mercado de emissões (razão inversa) e o preço da energia no MAE (razão direta).

ANÁLISE E DISCUSSÃO

Diversas são as informações que podem ser extraídas dos resultados ora apresentados. Fica clara a diferença entre as três situações (bacias) analisadas e os custos sociais para os empreendimentos projetados para cada uma delas. Notadamente, a bacia que apresentou piores resultados, em termos de análise de investimento, ou seja, a bacia do rio Corrente, possui as melhores condições ambientais e serviços associados a estas condições. Daí a concluir que o impacto de empreendimentos naquela bacia será maior. Consequentemente, as externalidades dos empreendimentos alocados assumem maiores proporções. Surpreende, no entanto, a enorme possibilidade de prejuízo oriundo dos investimentos naquela bacia, considerados em seu conjunto.

Ainda neste sentido, os resultados mostraram um aumento das possibilidades de sucesso para empreendimentos localizados em regiões de maior degradação (bacias dos rios Verde e Claro, em especial esta última), aonde eventuais impactos ambientais terão menor efeito negativo. Esta conclusão nos remete a uma discussão de alocação ótima de empreendimentos hidrelétricos, apontando para uma análise da situação de degradação ambiental atual como instrumento importante à tomada de decisão.

Cabe ressaltar a limitação da presente avaliação sócio-ambiental, conquanto não foram computados diversos valores (existência de sítios arqueológicos, perda de biodiversidade, alterações bióticas) além do que alguns valores utilizados estão sabidamente subestimados (caso do valor da água). Uma avaliação mais completa, a partir de um levantamento exaustivo de dados (e eventualmente da geração de novos dados e informações relevantes) poderia apontar situações de inviabilidade dos empreendimentos das bacias dos rios Verde e Cla-

ro, fato que deve servir de alerta para empreendedores privados, governo e sociedade.

As diferenças encontradas em relação aos estudos de viabilidade podem ser em parte explicadas pelo cálculo do custo marginal dos empreendimentos, variável utilizada pelos empreendedores para endossar suas próprias análises de custo e benefício. O custo marginal de expansão é obtido para um conjunto de modais geradores de energia, fazendo com que os índices de custo de geração hidrelétrica estejam, em geral, bem abaixo dos valores de custo marginal apontados. Os AHEs do presente estudo estão inseridos no contexto de usinas de classe C, na qual, 64% dos empreendimentos são de geração termelétrica, com custos marginais superiores à geração hidrelétrica, o que justifica esta assertiva. Assim, os índices de custo dos empreendimentos se situam em patamares entre 20 e 30% inferiores aos custos índices utilizados para estabelecer o valor normativo, que remunerará a energia gerada. No entanto, ao considerar outros custos na análise, como os de construção de linhas de transmissão e subestações, além dos custos sociais, atingem-se patamares que colocam tais empreendimentos próximos da inviabilidade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Antes de mais nada, é importante ressaltar a complexidade e abrangência espacial dos empreendimentos que foram estudados, e o caráter multidisciplinar imprimido na análise em função da equipe técnica envolvida.

Este trabalho pretende contribuir de forma marcante para um planejamento mais sério e competente no setor de energia hidrelétrica, com a avaliação das ações econômicas que visam o aproveitamento dos recursos naturais em benefício da sociedade e das suas influências sobre os recursos e serviços ambientais, sob o ponto de vista técnico, econômico, social e ecológico, direcionando para a adoção de mecanismos de gestão ambiental mais sustentáveis, evitando o processo de degradação e contribuindo para a paulatina recuperação da biota e seus ecossistemas.

Avaliação econômico-ambiental

Na avaliação realizada, a bacia cujos empreendimentos apresentaram os piores resultados, em termos de análise de investimento, ou seja, a bacia do rio Corrente, possui as melhores condições ambientais e serviços associados a estas condições. Daí a concluir que o impacto de empreendimentos naquela bacia será maior.

Conseqüentemente, as externalidades dos empreendimentos alocados assumem maiores proporções. Surpreende, no entanto, a enorme possibilidade de prejuízo oriundo dos investimentos naquela bacia, considerados em seu conjunto.

Neste sentido, os resultados mostraram um aumento das possibilidades de sucesso para empreendimentos localizados em regiões de maior degradação (bacias dos rios Verde e Claro, em especial esta última), onde a influência dos serviços ambientais é relativamente menor na composição dos custos ambientais. Esta conclusão nos remete a uma discussão de alocação ótima de empreendimentos hidrelétricos, apontando para uma análise da importância ambiental do local como instrumento importante à tomada de decisão.

Avaliação eMergética

Neste trabalho, procurou-se agregar à análise de viabilidade as contribuições ambientais (ou custos ambientais) decorrentes de apropriação de recursos naturais, como, por exemplo, solo, brita e perda de produtividade primária das matas ciliares, além das contribuições como energia potencial e energia química do próprio rio. Todos os dados foram contabilizados na forma de matéria (volume/vazão) ou de energia, sem conversão monetária.

Os resultados apontam como fator preponderante para a geração de energia hidrelétrica, não somente o potencial hidráulico, que representa um dos elementos principais na análise da viabilidade deste tipo de empreendimento, mas também a perda do potencial químico da água em função da regularização de vazão do rio. Ou seja, a contribuição representada pela energia química associada à variação sazonal da vazão do rio é um fator normalmente desconsiderado nas análises tradicionais de custo/benefício, mas que representa, em termos eMergéticos, a principal contribuição na operação da usina.

Outro fator importante, também pouco considerado em outras análises é a contribuição dada pela produtividade primária da vegetação inundada pelo reservatório. No caso em questão, esta seria a segunda maior contribuição do ambiente para a operação da usina. Em outras palavras, a perda da contribuição química devido à regularização do regime hídrico, seguida da perda de produtividade primária da floresta a ser alagada, representam, os principais custos ambientais da geração de energia hidrelétrica.

A análise de custo benefício, em termos eMergéticos, aponta para um importante fato, a energia renovável do potencial químico do rio associado à ener-

gia proveniente da produção primária da vegetação natural a ser submergida pelos reservatórios, é superior à geração de energia hidrelétrica em todos estes empreendimentos. Quando se retira a energia potencial química, observa-se que em alguns casos existe um compensação entre custos e benefícios (AHEs Caçu, Barra dos Coqueiros e Olho D'água), enquanto para os demais casos, à exceção da UHE Couto de Magalhães, não existe viabilidade em ambas as simulações.

RECOMENDAÇÕES

A instalação de um empreendimento hidrelétrico, seja este de maior ou menor porte, altera as condições do meio no qual se insere. É certo também que outras formas de geração energética possuem seus impactos sociais e ambientais, de natureza distinta, em maior ou menor grau. A discussão que se pretende alimentar a partir dos resultados deste estudo, portanto, não está centrada na questão dos impactos em si, mas sim do contexto em que tais empreendimentos são decididos. Como mostrado anteriormente, tudo indica que grandes economias poderiam ser alcançadas caso se investisse decisivamente na gestão da demanda de energia. Por outro lado, há que se ponderar sobre novos investimentos trazendo a análise para um contexto sistêmico, inclusive ao se considerar inversões em outras fontes de energia renovável, como a biomassa, a energia eólica e a fonte solar. O custo relativo dessas inversões pode ser alterado significativamente caso se considere os valores associados aos impactos sócio-ambientais das fontes tradicionais.

Num outro aspecto, percebe-se que os empreendimentos hidrelétricos devem estar calçados sobre premissas mais contundentes de sustentabilidade. Os resultados aqui apresentados mostram que alguns dos empreendimentos estudados são viáveis e outros não. No entanto, mesmo os que se apresentam viáveis necessitam de reformulações em suas propostas, mudanças essas que contribuiriam para a redução dos riscos dos investimentos, além de tornarem os projetos mais próximos de uma realidade sustentável. Aponta-se ainda a necessidade de uma revisão de métodos para o processo de licenciamento ambiental dos empreendimentos hidrelétricos, a qual pode ser alcançada, ao menos parcialmente, com a criação de uma instituição de planejamento do setor elétrico, conforme preconiza a reforma do modelo de gestão iniciada pelo Governo Federal.

Para contemplar a complexidade de análise que envolve o setor, do ponto de vista da interface econômico-ambiental dos empreendimentos, há que se entender o objeto analisado para um contexto mínimo de bacia hidrográfica, deixando de lado a idéia de que uma UHE pode ser avaliada isoladamente. A análise pode se ampliar para o contexto regional e até mesmo nacional, de acordo com o porte do empreendimento.

De forma geral, este estudo mostrou que se devem melhorar as análises realizadas tanto em nível de estudos de inventário, quanto de viabilidade, e os estudos ambientais pertinentes. Além deste fato, os estudos ambientais devem permitir a incorporação das externalidades de caráter social e ambiental, para que a sociedade como um todo tenha garantia da eficiência do investimento, seja ele público ou privado. Portanto, há que se investir em estudos que permitam apontar valores ambientais ainda não considerados, de forma que as análises de investimento, do ponto de vista da sociedade, sejam as mais completas possíveis e que fique explícita a socialização de custos decorrentes da expansão econômica.

Sem prejuízo das discussões e colocações anteriores, aponta-se sucintamente as seguintes considerações com relação aos empreendimentos nos rios Corrente, Verde e Claro:

- Recomenda-se realizar uma revisão simultânea da divisão da queda (inventário) dos três rios, com base no Manual da ELETROBRÁS, ajustando e atualizando os custos para adequá-los às condições atuais do mercado. Deveria se refeito o estudo de inventário do rio Corrente para reavaliar a disposição dos seus aproveitamentos. Esta conclusão é corroborada pelas análises econômica-ambiental e eMergética realizadas para este rio, que concluiu pela inviabilidade dos AHEs propostos para esta sub-bacia;
- Os empreendimentos da bacia do rio Verde (AHEs Salto e Salto do Rio Verdinho), mesmo tendo sido realizado um estudo de inventário adequado, possuem riscos muito grandes de prejuízos para a sociedade e para o ecossistema local, como apontado nas análises econômica-ambiental e eMergética, e deveriam passar por criteriosa revisão;
- Os empreendimentos da bacia do rio Claro (AHEs Caçu e Barra dos Coqueiros), apesar de se mostra-

rem viáveis na análise econômica-ambiental e eMergética, necessitam apresentar estudos ambientais de maior qualidade e rigor. A viabilidade destes empreendimentos se deve mais ao estado de degradação atual da bacia do rio Claro, fazendo com que os impactos ambientais se apresentem menos vultosos, do que à qualidade dos próprios projetos.

- Tanto os estudos de inventário como os de viabilidade deverão ser acompanhados dos estudos ambientais correspondentes, com maior atenção aos efeitos dos reservatórios sobre a cobertura vegetal hoje remanescente em contiguidade aos cursos d'água naturais, avaliando-se a potencialidade dos mosaicos resultantes em relação ao suporte e intercâmbio da fauna e da flora local e regional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica). 2001. Tarifas médias por unidade de consumo. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br> (acessado em novembro de 2001).
- Brown, M.T. & T.R. McClanahan. 1996. EMergy analysis perspectives of Thailand and Mekong River dam proposals. *Ecological Modelling* 91: 105-130.
- CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). 200. Custo de produção – safra agrícola 2002/2003. MAPA, Brasília.
- ELETROBRÁS (Empresa Brasileira de Energia Elétrica). 2004. Evaporação líquida em reservatórios hidrelétricos. Disponível em: <http://www.eletronbras.gov.br> (acessado em junho de 2004).
- Huang, S.L. & H.T. Odum. 1991. Ecology and economy: emergy synthesis and public policy in Taiwan. *Journal of Environmental Management* 32: 313-333.
- May, P. H., F.C. Neto & C.A. Passos. 2003. Estudo de viabilidade de um projeto de carbono agroflorestal para pequenos produtores no noroeste do MT. Instituto Pronatura. Rio de Janeiro.
- Melo, A.C. & G. Durigan. 2004. Carbono fixado em reflorestamentos heterogêneos de matas ciliares na bacia do Médio Paranapanema. Relatório Preliminar.
- Odum, H.T. 1994. *Ecological and general systems: an introduction to systems ecology*. Colorado. University Press of Colorado.
- Valeri, S.V. & M.A.A.F. Senô. 2004. A importância dos corredores ecológicos para a fauna e a sustentabilidade de remanescentes florestais. In: XVIII Congresso Internacional de Direito Ambiental, São Paulo. Anais Eletrônicos. ONG Planta Verde, São Paulo.