



**“Análise da Viabilidade Técnica e Ambiental
de AHEs no Sudoeste de Goiás”**

Relatório Final

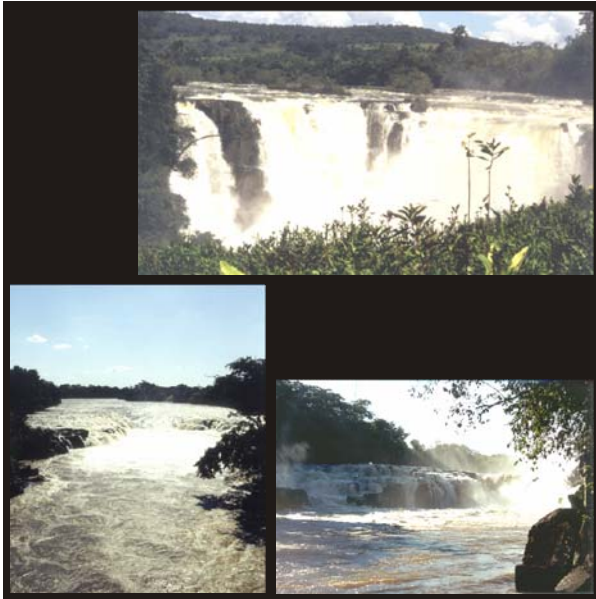
**Wilson Cabral de Sousa Júnior
Paulo Antônio de Almeida Sinisgalli
E-mail: wilson@ita.br
(coordenadores)**

**André Torres
Célio Bermann
Luiz Garcia
Moammar Ghazi
Paulo Cruz
John Reid
(consultores)**

**Paulo Gustavo do Prado Pereira
Mário Barroso
(colaboradores)**

**Lidiane de Fátima Vilela
Luis Fernando Domiciano
(assistentes)**

SJCampos/SP, abril de 2005



Apresentação

O relatório que ora se apresenta constitui a versão final do trabalho de avaliação técnico-econômica e ambiental de empreendimentos hidrelétricos propostos para a bacia do rio Araguaia, em seu alto curso, e para as bacias dos rios Corrente, Verde e Claro, afluentes do baixo curso do rio Paranaíba. Dos aproveitamentos hidrelétricos (AHE) analisados (AHE Couto Magalhães – bacia do rio Araguaia; AHEs Itumirim e Olho D'água – bacia do rio Corrente; AHEs Salto e Salto do Rio Verdinho – bacia do rio Verde; e AHEs Caçu e Barra dos Coqueiros – bacia do rio Claro), o primeiro se localiza na divisa entre os Estados de Mato Grosso e Goiás, enquanto os demais se inserem totalmente na região sudoeste do Estado de Goiás.

Estes empreendimentos se localizam em uma região geográfica (e, portanto, geoeconômica) na qual se situam nascentes das bacias do Paraguai, do Paraná e do Araguaia-Tocantins, onde outrora havia um intenso intercâmbio genético. É possível que, em certa medida, isto possa continuar ocorrendo, ainda que se tenha ampliado a fragmentação dos remanescentes naturais de vegetação com o conseqüente escasseamento dos refúgios de fauna.

Nesta região se insere a proposta de conservação do Corredor Ecológico Cerrado-Pantanal, cuja idéia contempla a existência de um mosaico de unidades de conservação, áreas protegidas por reserva legal e domínios privados com atividades econômicas com práticas sustentáveis.

É importante que se conduzam os estudos sobre a inserção destes empreendimentos hidrelétricos, num contexto ampliado, atendendo às premissas normativas de análises ambientais que deveriam acompanhar os estudos de



inventário do potencial energético dos cursos d'água e da viabilidade dos projetos escolhidos.

A intenção, portanto, subjacente aos trabalhos ora apresentados, é aferir em que medida os estudos de inventário e viabilidade foram competentes em suas finalidades normativamente estabelecidas, e de que maneira as variáveis ambientais interferiram no processo decisório, conformando a solução de projeto mais adequada do ponto de vista técnico-econômico e ambiental.

Os temas tratados podem ser agrupados em três blocos. O primeiro traz uma contextualização do trabalho e dos objetos em estudo, além de apresentar uma análise do setor elétrico e os desdobramentos mais recentes das políticas de gestão de energia no Brasil. O segundo, já com foco nos empreendimentos aborda seus aspectos de técnica construtiva e analisa criticamente seus estudos de viabilidade. O terceiro bloco apresenta os resultados das análises econômicas dos empreendimentos sob abordagens da economia ambiental e ecológica. Após estas análises, são apresentadas as considerações da equipe sobre os empreendimentos e sua inserção regional, de forma a subsidiar tomadas de decisão.

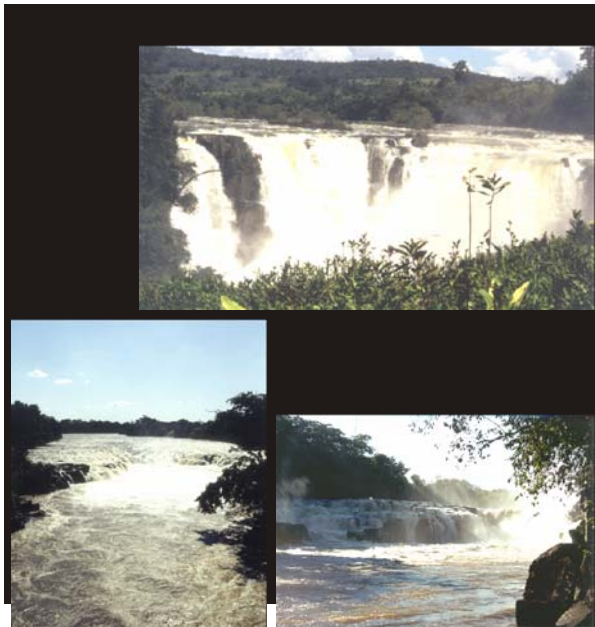


ÍNDICE

1	Introdução	6
1.1	Aspectos Gerais	6
1.2	Justificativas	8
1.3	Objetivos	8
1.4	Procedimentos e Critérios Adotados	9
1.4.1	Levantamento de Dados	9
1.4.2	Avaliação de Viabilidade dos Empreendimentos	9
1.4.3	Análise de Custo-Benefício	9
1.4.4	Base de Informações Utilizadas	10
2	Cenário Energético Brasileiro	13
2.1	Oferta Energética no Brasil	13
2.2	Potencial Hidrelétrico Brasileiro	15
2.3	Problemas Socioambientais da Atual Matriz de Geração Elétrica	18
2.4	Perspectivas das Fontes Renováveis no Brasil	21
2.5	Consumo de Energia Elétrica no Brasil	24
2.6	O Perfil Industrial Eletrointensivo no Brasil	26
2.7	O Gerenciamento da Demanda como Alternativa de Oferta	31
2.8	O Planejamento do Setor Elétrico e o Licenciamento Ambiental	33
2.9	O Novo Modelo do setor Elétrico Brasileiro	39
3	O Corredor de Biodiversidade Cerrado Pantanal	45



4	Análise dos Estudos de Viabilidade e Ambientais	57
4.1	Região do Alto do Uruguaia	57
4.1.1	AHE Couto De Magalhães	58
4.2	Região do Baixo Paranaíba	81
4.2.1	AHE Itumirim	87
4.2.2	AHE Olho D'água	106
4.2.3	AHE Salto	130
4.2.4	AHE Salto Do Rio Verdinho	149
4.2.5	AHE Caçu	163
4.2.6	AHE Barra Dos Coqueiros	182
5	Análise Emergética	196
5.1	Metodologia	197
6	Análise Econômica-Ambiental	218
6.1	Metodologia	219
6.2	Resultados	224
	Conclusões e Recomendações	239
	Apêndice 1 - Fichas Técnicas dos Empreendimentos	248
	Apêndice 2 - Sistema de Informações Geográficas	270
	Apêndice 3 - Dados da Análise Emergética	282



1

Introdução

1.1 Aspectos Gerais

O Brasil, por possuir numerosos rios com potencial de aproveitamento hidrelétrico, tem na hidroeletricidade sua fonte primordial de energia elétrica. Até 1999, cerca de 90,8% da energia elétrica gerada no país eram provenientes de fontes descritas como renováveis (usinas hidrelétricas), sendo o restante produzido principalmente por termelétricas que se utilizam de combustíveis fósseis ou nuclear.

A geração e transmissão de energia elétrica, no caso brasileiro, apresentaram uma alteração significativa ao longo das últimas décadas, no sentido, principalmente, da ampliação da capacidade instalada e da interligação dos sistemas regionais implantados. Esta ampliação da capacidade instalada normalmente envolve a canalização de investimentos intensivos em capital.

Existe ainda uma forte e compreensível tendência no setor elétrico em continuar a apropriação energética dos recursos hídricos, porém, em alguns casos, sem a devida avaliação das conseqüências sócio-ambientais de tais empreendimentos. Ademais, o inventário do potencial energético de determinados cursos d'água e a partição de suas quedas muitas vezes datam de um período onde a preocupação com os aspectos ambientais não encontrava respaldo normativo muito rígido,



prevalecendo na maioria dos casos uma racionalidade decisória centrada apenas nas variáveis de natureza técnico-econômica.

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 levadas em conta as características preexistentes 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.

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 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.; Senô, M. A. A. F. A Importância dos Corredores Ecológicos para a Fauna



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.

1.2 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 hidráulica, 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.

1.3 Objetivos

De acordo com o entendimento exposto acima, os objetivos do presente trabalho são os de promover uma análise multidisciplinar e holística de alguns dos empreendimentos que estão sendo propostos para aproveitamento energético do alto curso do rio Araguaia e 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 nos Ecossistemas da Região dos Cerrados. 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.

e a Sustentabilidade de Remanescentes Florestais. In: XVIII CONGRESSO INTERNACIONAL DE DIREITO AMBIENTAL, 2004, São Paulo. *Anais Eletrônicos*. São Paulo: ONG Planta Verde, 2004).



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 Couto de Magalhães (Alto Araguaia), 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.

1.4 Procedimentos e Critérios adotados

1.4.1 Levantamentos de Dados

Os estudos aliaram 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 ANEEL e na Eletrobrás, foram acessadas as disponíveis em outras agências que atuam na região.

1.4.2 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.

1.4.3 Análise de Custo - Benefício

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 ACB tradicional, incorporando variáveis ambientais, e a análise emergética, considerando o investimento em termos de energia acumulada nas diversas atividades que envolvem os empreendimentos.

1.4.4 Base de Informações Utilizadas

Nos esforços de pesquisa e coleta de documentos, foi obtido um amplo acervo de literatura técnica a respeito dos estudos de inventário, viabilidade e ambientais das sub-bacias consideradas e dos empreendimentos analisados.

Os documentos básicos, não obstante, são arrolados a seguir, de acordo com os compartimentos espaciais que foram objeto das análises.

CNEC. AHE Couto de Magalhães. **Estudos de Viabilidade.** Relatório Final, V.1 – Texto e V.2 – Caderno de Desenhos, mais Apêndices 1 – Hidrologia e 2 – Geologia e Geotecnia. Rev. 0. 2001.

ELETRONORTE. UHE Couto de Magalhães. **Estudos de Impacto Ambiental.** 3 V1s. PROGEA. Setembro/1998.

CELG. **Estudos Preliminares de Inventário.** Bacia Hidrográfica do Rio Corrente, V.1. – Texto e V.2. – Desenhos. THEMAG. Outubro/1994.

_____. **Estudos Finais de Inventário.** Bacia Hidrográfica do Rio Corrente, V.1. – Texto e V.2. – Desenhos. THEMAG. Fevereiro/1995.

_____. Estudos de Inventário da Bacia do Rio Corrente. **Revisão da Divisão de Queda.** THEMAG. Fevereiro/1999.

_____. UHE Itumirim. **Estudo de Viabilidade.** Relatório Final. THEMAG. Dezembro/1996.

ELETROBRÁS. UHE Itumirim. **Análise Técnico-Orçamentária do Estudo de Viabilidade.** Relatório Condensado. IT-DPG-011/98.

CELG. UHE Itumirim. Estudo de Impacto Ambiental. **Diagnóstico da Área de Influência.** THEMAG. Dezembro 1994.

_____. UHE Itumirim. Estudo de Impacto Ambiental. **Diagnóstico Ambiental da Área Diretamente Afetada.** Avaliação de Impactos e Programas. V.1. – Texto e V.2. – Anexos.



_____. UHE Itumirim. **Relatório de Impacto Ambiental**. Fevereiro/1995.

_____. AHE Olho D'Água. **Estudos de Viabilidade**. Relatório Final. V.1. – Texto e V.2. – Desenhos (disponíveis apenas parcialmente). SOARES BARROS Engenharia. Julho/2001.

_____. AHE Olho D'Água. **Relatório Ambiental Simplificado**. V.1. – Texto e V.2. – Desenhos (disponíveis apenas parcialmente). CTE – Centro Tecnológico de Engenharia. s/d, mas com alguns desenhos datados de julho/01.

CELG. Bacias dos Rios Claro e Verde. **Estudos de Inventário Hidrelétrico**. V.1. – Texto e V.2. – Desenhos. THEMAG. Novembro/1998.

CONSÓRCIO SALTO (CEB-THEMAG). AHE Salto. **Estudos de Viabilidade**. V.1. – Memorial Descritivo, Rev. 1, s/d e Desenhos de Interesse Avulsos, datadas de novembro/2001.

_____. AHE Salto. **Levantamento Topográfico**. CTE – Centro Tecnológico de Engenharia. s/d, mas com desenhos datados de junho/01.

_____. AHE Salto. **Estudos de Viabilidade**. Relatório Hidrossedimentométrico (set/00 a ago/01). ARAGUAIA Serviços Hidrométricos. s/d.

FURNAS. AHE Salto. **Ensaio com Testemunhos de Rocha** (Rel. DCT.T.1.176.2001-R0). THEMAG. Outubro/2001.

_____. AHE Salto. **Ensaio Geotécnicos de Caracterização, Compactação, Permeabilidade, Adensamento, colapso e Compressão Triaxial** (Rel. DCT.T.02.045.2001-R0). THEMAG. Novembro/2001.

THEMAG. AHE Salto. **Estudo de Impacto Ambiental**. Vls 1 a 3 – Texto e V.4 – Desenhos. CTE - Centro Tecnológico de Engenharia. s/d.

_____. AHE Salto. **Relatório de Impacto Ambiental**. CTE - Centro Tecnológico de Engenharia. s/d.

CONSÓRCIO SALTO (CEB-THEMAG). AHE Salto do Rio Verdinho. **Estudos de Viabilidade**. V.1. – Memorial Descritivo, Rev. 2, abril/02 e Desenhos de Interesse Avulsos, datadas de dezembro/2001.

THEMAG. AHE Salto do Rio Verdinho. **Estudo de Impacto Ambiental**. Vls 1 a 3 – Texto e V.4 – Anexos. CTE - Centro Tecnológico de Engenharia. s/d.



_____. AHE Salto do Rio Verdinho. **Relatório de Impacto Ambiental**. CTE - Centro Tecnológico de Engenharia. s/d.

DESENVIX. UHE Caçu. **Estudos de Viabilidade**. Relatório Final. ENGEVIX. Outubro/2001.

_____. UHE Barra dos Coqueiros. **Estudos de Viabilidade**. Relatório Final. ENGEVIX. Outubro/2001.

_____. Complexo Energético de Caçu. **Estudo de Impacto Ambiental**. ENGEVIX. s/d.

_____. Complexo Energético de Caçu. **Relatório de Impacto Ambiental**. ENGEVIX. s/d.

Sempre que houver citações e referências na análise feita adiante, ela estará dirigida a esses documentos apresentados.

O Apêndice final traz detalhes da organização da base de informações e do Sistema de Informações Geográficas criado especificamente para a realização do estudo.



2

Cenário Energético Brasileiro

Quando se pensa na inversão econômica para projetos de geração elétrica, em geral, trabalha-se com o ideal da oferta de energia, influenciada por pressões de expansão econômica e por análises de menor prazo no que concerne aos aspectos de retorno financeiro. Nesse sentido, a gestão da demanda energética fica prejudicada, além de que não se criam incentivos a fontes ditas alternativas.

De forma a que se compreenda melhor estes aspectos, os quais são cruciais para uma visão sistêmica, apresenta-se a seguir uma análise do cenário energético nacional, particularmente no que se refere à matriz de geração de eletricidade no país, os aspectos sócio-ambientais das diversas alternativas de geração atualmente preconizadas para ampliação da oferta, e o perfil de consumo da energia elétrica no país, estabelecendo uma base analítica para uma avaliação das reais necessidades energéticas no Brasil.

2.1 Oferta Energética no Brasil

Atualmente, a geração de energia elétrica no Brasil se baseia na utilização das seguintes fontes identificadas na Tabela 2.1 que se segue:

Tabela 2.1- Matriz de Geração de Energia Elétrica

Tipo	Quantidade	Potência Instalada¹ (kW)	%
Hidráulica		68.104.124	77,24
UHE	142	66.800.154	75,76
PCH	245	1.216.105	1,38
MCH	164	87.865	0,10
Térmica		17.219.630	19,54
UTE	344	15.212.630	17,26
UTN	2	2.007.000	2,28
Outras Renováveis		2.849.941	3,22
BIO ²	236	2.821.296	3,19
EOL	11	28.625	0,03
SOL ³	1	20	0,00
Total	1.356	88.173.695	100,00

Fonte - Elaboração a partir dos dados do Boletim Informativo da Geração – Aneel, abril/2004.

Legenda:

UHE – Usina Hidrelétrica de Energia (> 30.000 KW)
PCH – Pequena Central Hidrelétrica (1.000 KW – 30.000 KW)
MCH – Micro Central Hidrelétrica (< 1.000 KW)
UTE – Usina Termelétrica de Energia (Óleo Combustível, Óleo Diesel, Gás)
UTN – Usina Termonuclear
BIO – Biomassa (Bagaço Cana, Resíduos de Madeira, Casca de Arroz, Biogás)
EOL – Central Geradora Eolielétrica
SOL – Central Geradora Solar Fotovoltaica

Notas:



¹ Se refere à potência fiscalizada pela Aneel.

² O setor sucro-alcooleiro corresponde a cerca de 72% da geração com biomassa.

³ Não estão considerados os dados referentes aos painéis solares instalados em comunidades isoladas pelo PRODEEM, da ordem de 15.000 kWp.

Se considerarmos os empreendimentos de geração de energia elétrica previstos para os próximos anos, as usinas que utilizam a fonte hidráulica para geração (UHE, PCH e MCH) contabilizam 52 empreendimentos (4.845.133 kW) atualmente em construção, e 273 empreendimentos (8.818.619 kW) outorgados pela Aneel, isto é, usinas que ainda não iniciaram sua construção. No que diz respeito às usinas térmicas, encontram-se atualmente em construção 18 empreendimentos (3.136.034 kW), enquanto que a Aneel já concedeu a outorga a outros 100 empreendimentos (12.951.892 kW).

Quanto às fontes renováveis, conforme os dados relativos a abril de 2004, o insumo “biomassa” possui 3 empreendimentos em construção (1 com bagaço: 25.000 kW; e 2 com resíduos de madeira: 15.000 kW), e 41 empreendimentos (453.171 kW) com a outorga da Aneel. Por seu turno, a fonte eólica possui 155 empreendimentos (7.792.881 kW) outorgados.

Até dezembro de 2006 a participação das fontes renováveis – eólica, biomassa e pequenas centrais hidrelétricas (PCHs) – deverá tomar impulso, com a entrada em operação de 3.300 MW através do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), sendo 1.100 MW de cada fonte. Este impulso poderia ser mais vigoroso, conforme veremos mais adiante.

2.2 Potencial Hidrelétrico Brasileiro

A Tabela 2.2 apresenta dados do potencial hidroelétrico, medido em termos da capacidade a ser instalada, e considerando as principais bacias hidrográficas brasileiras.

Este potencial pode ser também avaliado em termos da energia firme, isto é, a energia que pode ser aproveitada ao longo de todo o ano independentemente da época, seja ela de chuvas ou de estiagem. Esta é uma das características dos aproveitamentos hidrelétricos: os reservatórios têm a função de armazenar a água, regularizando a vazão, de forma a garantir uma disponibilidade energética maior durante um período de tempo também maior.

Tabela 2.2- Potencial Hidroelétrico Brasileiro – 2000 (capacidade instalada – MW)

BACIAS	Operação	Construção	Inventário/ Viabilidade/ Projeto Básico	Estimado	Total
Amazonas	547	139	31.213	73.510	105.410
Tocantins	5.578	4.975	14.278	2.709	27.540
Atlant. N/NE	300	0	1.747	1.355	3.402
São Francisco	10.290	0	13.557	2.472	26.319
Atlant. Leste	1.895	750	9.392	2.055	14.092
Paraná	38.999	233	12.476	8.670	60.378
Uruguai	1.717	1.140	8.047	2.434	13.337
Atlant. Sudeste	2.395	170	4.762	2.291	9.617
Total	61.720	7.407	95.472	95.496	260.096

Fonte: DENI-DIVISÃO DE RECURSOS HÍDRICOS E INVENTÁRIO / ELETROBRÁS – Relatório Anual do GTIB – Grupo de Trabalho de Informações Básicas para o Planejamento da Expansão da Geração, dezembro de 2000.

Considera-se no Brasil a energia firme equivalente a cerca de 50% da capacidade instalada que representa a capacidade total de operação das turbinas. Como consequência da variação do regime hidrológico, esta situação só acontece nos períodos de alta pluviosidade, quando a vazão é maior como é também maior a altura de queda, em virtude do aumento da cota do reservatório.

Os dados da Tabela 2.2 indicam o potencial em inventário, viabilidade e projeto básico, que correspondem à etapa em que se encontra o conjunto dos empreendimentos hidrelétricos em projeto e representa uma avaliação mais precisa e detalhada, enquanto que o potencial estimado é baseado apenas em



trabalhos de escritório a partir de dados existentes, sem qualquer levantamento mais detalhado.

Com base nestes dados, observa-se que o potencial hidroelétrico atualmente em operação é de cerca de 69,1 mil MW (incluindo as usinas em construção em dezembro de 2000), e representa “apenas” 27% do potencial hidroelétrico total, estimado em 260,1 mil MW. Esta situação é utilizada como argumento para aqueles que preconizam uma expansão mais vigorosa dos projetos de usinas hidrelétricas no Brasil.

Entretanto, as possibilidades de expansão da capacidade hidrelétrica a ser instalada no Brasil encontram muitos problemas. Considerando-se o total do potencial inventariado/viabilidade/projeto básico e o potencial estimado, praticamente 2/3 (63,7%) deste potencial encontra-se localizado na Região Amazônica, principalmente nos rios Tocantins, Araguaia, Xingu, Tapajós e Madeira. As consequências sociais e ambientais da possibilidade de implantação dos empreendimentos hidrelétricos previstos na região, envolvendo questões como as relacionadas com reservatórios em terras indígenas ou a manutenção da biodiversidade, exigem atenção e cuidados muito além da retórica dos documentos oficiais.

Ainda, também é significativo o potencial hidroelétrico a aproveitar localizado nas bacias dos rios Paraná e Uruguai, representando cerca de 20% do total. Nestas regiões do sul do país, caracterizadas por uma elevada densidade populacional, notadamente nas áreas rurais, há que se considerar a existência de um grande número de pequenas propriedades agrícolas que hoje garantem condições de subsistência de uma população rural constituída por proprietários, arrendatários, meeiros, assalariados e posseiros.

O processo de “deslocamento compulsório” destas populações ribeirinhas para a formação dos reservatórios dos empreendimentos hidrelétricos previstos também exige toda a atenção e cuidados, para que não se reproduzam os problemas verificados no passado recente. Com freqüência, a construção de uma usina hidrelétrica representou para estas populações a destruição de seus projetos de vida, impondo sua expulsão da terra sem apresentar compensações que pudessem, ao menos, assegurar a manutenção de suas condições de reprodução num mesmo nível daquele que se verificava antes da implantação do empreendimento.

Questões como estas foram examinadas pela Comissão Mundial de Barragens (CMB), criada em abril/1997 para uma avaliação das barragens construídas no mundo. Composta por 12 membros, a CMB envolveu a participação de



representantes da indústria de equipamentos, representantes de governos, acadêmicos, ambientalistas e lideranças de movimentos sociais. O Relatório Final “Barragens e Desenvolvimento – uma nova estrutura para o processo de decisão” foi elaborado a partir da construção de um consenso, considerando os diversos atores sociais envolvidos.

O Brasil possui características geográficas e hidrológicas que favorecem o emprego da energia hidrelétrica. Entretanto, os aspectos aqui apontados não podem ser desconsiderados, quando do processo de avaliação das alternativas e dos impactos sócio-ambientais deste tipo de empreendimento.

2.3 Problemas Sócio-Ambientais da Atual Matriz de geração Elétrica

Não existe energia limpa. Em maior ou menor grau, todas as fontes de energia provocam de alguma forma danos ao meio ambiente. A seguir, são assinalados os problemas sócio-ambientais da geração de energia elétrica a partir de usinas hidrelétricas, usinas termelétricas convencionais, e usinas termonucleares.

Usinas Hidrelétricas

A elevada participação da hidreletricidade na matriz energética brasileira foi alcançada nos últimos 30 anos através da construção de usinas hidrelétricas de grande porte, com graves problemas sociais e ambientais.

Estes problemas são de natureza físico-química e biológica decorrentes da implantação e operação de uma usina hidrelétrica, e da sua interação com as características ambientais do local de construção, transformando sistemas fluviais em lacustres, ambientes lóticos em lênticos, interferindo diretamente no ecossistema da região onde são implantadas. A usina hidrelétrica traz como conseqüências, por exemplo, a alteração do regime hidrológico; a modificação da qualidade da água com o aumento de bactérias e algas e a diminuição da concentração de oxigênio; processos de assoreamento; emissão de gases estufa a partir da decomposição orgânica no reservatório; entre outras.

Problemas que se estendem aos aspectos sociais, particularmente com relação às populações ribeirinhas atingidas pelas obras, e invariavelmente desconsideradas frente à perspectiva da perda irreversível das suas condições de produção e reprodução social, determinada pela formação do reservatório.

As usinas hidrelétricas construídas até hoje resultaram em 34.000 km² de terras inundadas para a formação dos reservatórios, e na expulsão - ou, "deslocamento compulsório" - de cerca de 200 mil famílias, todas elas populações ribeirinhas atingidas.



No relacionamento das empresas com estas populações, prevaleceu a estratégia do "fato consumado" praticamente em todos os empreendimentos. Enquanto que a alternativa hidrelétrica era sempre apresentada como uma fonte energética "limpa, renovável e barata", e cada projeto era justificado em nome do interesse público e do progresso, o fato é que as populações ribeirinhas tiveram violentadas as suas bases materiais e culturais de existência.

As obras promoveram o deslocamento forçado destas populações, acompanhado por compensações financeiras irrisórias ou inexistentes; o processo de reassentamento, quando houve, não assegurou a manutenção das condições de vida anteriormente existentes.

Por seu turno, os empreendimentos hidrelétricos têm apresentado, via de regra, o comprometimento da qualidade da água nos reservatórios, afetando atividades como pesca e agricultura. Tal comprometimento ocorre com maior intensidade nas áreas tropicais, onde o alagamento de florestas interfere com o dinamismo do sistema aquático, provocando alterações expressivas neste sistema. As interferências no ambiente aquático manifestam-se na instabilidade, não natural, dos fatores físicos e químicos e nos impactos sobre a biota aquática, entre os quais, a mortalidade de peixes, a proliferação de algas e plantas aquáticas, a anoxia e a eutrofização das águas, a liberação de gases e as alterações na composição da comunidade biológica.

Ainda, na área das barragens ocorreram diversos problemas de saúde pública, como o aumento de doenças de natureza endêmica. Verifica-se, com frequência, o surgimento de doenças de veiculação hídrica, transmitidas por vetores que proliferam na água. A geração de energia tem acarretado interferências com os demais usos da água na bacia, principalmente o abastecimento público, além de alterações do lençol freático. Estas interferências também abrangem o uso da água para irrigação e se estendem para áreas a jusante do empreendimento.

Há que se ressaltar também problemas de segurança das populações de jusante, com o aumento dos riscos de inundação abaixo dos reservatórios, decorrentes do regime de operação. Ainda, grandes quantidades de terras cultiváveis ficaram submersas e, em muitos casos, a perda da biodiversidade foi irreversível.

Usinas Termelétricas Convencionais

Os combustíveis fósseis utilizados para a geração de energia elétrica – derivados de petróleo, gás natural e carvão mineral – são fontes causadoras de diversos problemas ambientais.



A emissão de CO₂ – o gás carbônico, resultante da queima dos combustíveis fósseis, contribui em cerca de 55% para o aquecimento global do planeta (efeito-estufa), considerado atualmente o problema ambiental global de maior relevância.

Outro problema se refere à presença de enxofre na composição do óleo diesel, óleo combustível ou carvão mineral, utilizados para a geração de energia elétrica, acarretando efeitos locais e regionais de acidificação atmosférica, dos solos e das águas.

Há que se assinalar ainda as emissões de NO_x (óxidos de nitrogênio). A legislação ambiental brasileira não prevê padrões de emissão para NO_x, o principal poluente atmosférico de termelétricas a gás natural. Também estão presentes os Hidrocarbonetos (HC). Estes gases e vapores são resultantes da queima incompleta e evaporação de combustíveis e outros produtos voláteis. Possuem odor característico e causam irritação dos olhos, nariz, pele e trato respiratório superior. Podem vir a causar dano celular, sendo que diversos hidrocarbonetos são considerados carcinogênicos e mutagênicos.

Os hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio reagem na atmosfera, principalmente sob ação da luz solar, formando um conjunto de gases agressivos denominados oxidantes fotoquímicos. O mais importante dentre eles é o ozônio que, nas camadas inferiores da atmosfera, exerce ação nociva sobre os vegetais, animais, materiais e o homem, mesmo em concentrações relativamente baixas. Nas plantas, o ozônio age como inibidor da fotossíntese, produzindo lesões características nas folhas. No homem, o ozônio provoca danos na estrutura pulmonar, reduzindo sua capacidade e diminuindo a resistência às infecções deste órgão, causando ainda o agravamento das doenças respiratórias, aumentando a incidência de tosse, asma, irritações no trato respiratório superior e nos olhos.

Usinas Termelétricas Nucleares

Há que se considerar os riscos intrínsecos que a opção nuclear apresenta como alternativa para geração de eletricidade.

As duas usinas nucleares em operação no Brasil - Angra I e Angra II - utilizam o reator do tipo PWR (*pressurized water reactor*), vêm apresentando problemas de operação como vazamentos de material radioativo pelas varetas que acondicionam o combustível físsil no interior do reator nuclear, ou falhas no manuseio do material.

O futuro descomissionamento também apresenta problemas. Não existe um plano de ação para o período posterior à paralização completa da operação das usinas.



Ainda, os problemas se estendem à disposição final dos rejeitos de alta radioatividade, além de falhas no plano de emergência em caso de acidente.

Nesse sentido, a decisão sobre o término da construção da Usina Angra III, atualmente em discussão, deve necessariamente considerar os aspectos aqui indicados. A ausência de soluções concretas para estes problemas inviabiliza ambientalmente o projeto de Angra III.

2.4 Perspectivas das Fontes Renováveis no Brasil

O Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica – PROINFA, foi criado em 26 de abril de 2002, pelo Artigo 3º da Lei nº 10.438, com o objetivo de aumentar a participação no Sistema Elétrico Interligado Nacional, da energia de Produtores Independentes Autônomos, baseada nas fontes eólica (energia dos ventos), PCHs e biomassa.

No decorrer de 2003, o PROINFA foi submetido a um processo de revisão, consubstanciado pela Lei 10.762, de 11 de novembro de 2003, que assegurou participação de um maior número de estados no programa, incentivo à indústria nacional e exclusão dos consumidores de baixa renda do pagamento do rateio da compra da nova energia. Os critérios de regionalização previstos na Lei 10.762 estabelecem um limite de contratação por Estado de 20% da potência total destinadas as fontes eólica e biomassa e 15% para as PCHs, o que possibilita a todos os Estados que tenham vocação e projetos aprovados e licenciados a oportunidade de participarem do programa.

O Programa, coordenado pelo Ministério de Minas e Energia (MME), teve definidas as condições de implementação através do Decreto nº 5.025, de 30 de Março de 2004, que estabelece numa primeira etapa (até dezembro de 2006), a contratação de 3.300 MW, sendo 1.100 MW de cada uma das fontes consideradas: biomassa, eólica e PCHs.

Trata-se, sem dúvida, de um programa promissor com vistas à definição de políticas públicas de fomento às fontes energéticas sustentáveis, de forma a assegurar a diversificação da matriz energética nacional, garantindo maior confiabilidade e segurança ao abastecimento.

No entanto, os 3.300 MW propostos nesta primeira etapa estão muito aquém das reais potencialidades que cada uma das três fontes apresentam.

A Tabela 2.3 indica o potencial de geração de energia elétrica a partir de três tipos de biomassa: bagaço da cana de açúcar, resíduos de madeira e resíduos



agrícolas, com os dados sistematizados conforme cada uma das regiões do país, considerando as tecnologias atualmente disponíveis.

Tabela 2.3- Potencial de geração a partir de biomassa no Brasil

Regiões	Tipo de Biomassa	Potencial Teórico (MW)
Centro-Oeste	Cana de açúcar	329
	Resíduos de madeira	70
	Resíduos agrícolas	1.561
Sudeste	Cana de açúcar	2.505
	Resíduos de madeira	135
	Resíduos agrícolas	1.449
Sul	Cana de açúcar	283
	Resíduos de madeira	67
	Resíduos agrícolas	4.664
Nordeste	Cana de açúcar	725
	Resíduos de madeira	56
	Resíduos agrícolas	593
Norte	Cana de açúcar	10
	Resíduos de madeira	103
	Resíduos agrícolas	1.035
	Cana de açúcar	3.852
	Resíduos de madeira	430
	Resíduos agrícolas	9.032
Total		13.584

Fonte -CENBIO, 2001

Observa-se um potencial da ordem de 13.584 MW que podem ser disponibilizados no curto prazo de 12 a 18 meses. Ainda, um potencial que pode ser significativamente ampliado a médio prazo, a partir de uma articulação com uma política incisiva de P&D, de forma a alcançar maiores eficiências nos processos de conversão da biomassa em energia elétrica.

Este evidente descompasso entre o potencial oferecido pela energias renováveis no Brasil e a timidez explicitada pelo PROINFA, revela-se ainda mais significativo ao considerarmos os dados de potencial da energia eólica no país, indicados na Tabela 2.4.



Verifica-se um potencial eólico extraordinário de 143.500 MW. O maior potencial está localizado na região Nordeste, notadamente nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Pernambuco. O Atlas Eólico do Brasil, elaborado em 2001, indica regiões com ventos com intensidade média superior a 6,0 m/s, chegando até 9,0 m/s, medidos a 50 metros de altura. Nas áreas mais propícias, a disponibilidade dos ventos (ou o fator de capacidade) alcança, a faixa de 34% - 44%38% do tempo, o que reduz o problema da sua intermitência.

Tabela 2.4 - Potencial de Energia Eólica no Brasil

REGIÕES	POTÊNCIA INSTALÁVEL (MIL MW)	ENERGIA (TWH/ANO)
Norte	12,8	26,4
Nordeste	75,0	144,3
Sudeste	29,7	54,9
Sul	22,8	41,1
Centro-Oeste	3,1	5,4
Brasil	143,5	272,2

Fonte: Atlas do Potencial Eólico Brasileiro - Camargo Schubert Eng. Eólica./True Wind Solutions/CEPEL. Brasília, 2001.

No que se refere às Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs), o potencial no Brasil é de 9.795,7 MW, com 942 aproveitamentos identificados, conforme indica a Tabela 2.5.

Os aproveitamentos localizados em Minas Gerais correspondem a 36% da potência instalável total, sendo também significativo o potencial na Bahia (9,3%); São Paulo (7,4%); Rio Grande do Sul e Santa Catarina (7%); Mato Grosso do Sul (6,3%); Espírito Santo e Paraná (6%).

Estes dados permitem assinalar que o PROINFA, embora represente um notável esforço para a inserção das energias renováveis no Brasil, ainda se revela excessivamente débil ao se restringir aos 3.300 MW preconizados na sua primeira etapa.

Muito embora as restrições encontradas no texto do “Novo Modelo Institucional do Setor Elétrico” (MME, 2003) não estejam explicitadas na recente legislação (Lei nº 10.848, que dispõe sobre a comercialização de energia elétrica), a atual política

energética restringe a promoção das energias renováveis, ao impor que o impacto de contratação de fontes alternativas na formação da tarifa de suprimento não poderá exceder 0,5% dessa tarifa. A meta de alcançar a proporção de 10% com essas fontes até o ano 2010 está ausente no documento do Novo Modelo, enfraquecendo a posição de liderança exercida pelo Brasil na Coalizão de Joanesburgo para Energias Renováveis, em 2002.

Tabela 2.5 - Potencial de PCHs no Brasil

Estado	Quantidade	Potência Nominal (MW)
Bahia	87	913,9
Espirito Santo	80	558,2
Minas Gerais	349	3.557,0
Mato Grosso do Sul	55	617,7
Paraná	51	582,5
Rio de Janeiro	28	413,1
Rio Grande do Sul	69	672,9
Santa Catarina	51	670,0
São Paulo	65	720,5
Demais estados	107	1.089,9
TOTAL	942	9.795,7

Fonte: SIPOT/Eletrobrás, janeiro/2000.

2.5 Consumo de Energia Elétrica no Brasil

As atividades produtivas de bens e serviços, as necessidades de transporte de pessoas e mercadorias, os serviços energéticos de iluminação, refrigeração, conforto térmico, necessários para assegurar padrões adequados da qualidade de



vida nas residências e nas atividades de comércio e serviços, consomem energia elétrica.

Este consumo não é distribuído de forma equitativa entre os vários setores e o padrão de consumo dos diferentes setores pode evidenciar desigualdades no acesso e na utilização das fontes energéticas.

O exame do consumo final de energia identificando as fontes utilizadas e os setores responsáveis pelo consumo, permite que se estabeleça parâmetros para a avaliação das condições de sustentabilidade do consumo de eletricidade no Brasil.

A Tabela 2.6 apresenta a distribuição do consumo de energia no Brasil no ano de 2002.

Tabela 2.6 - Distribuição do Consumo de Eletricidade no Brasil - 2002

SETORES	Consumo de Eletricidade (em %)
Energético	3,6
Mineração	2,3
Agropecuário	4,1
Indústria pesada*	28,8
Indústria leve	17,4
Transporte	0,4
Residencial	22,6
Comércio/serviços	14,2
Público	8,8
Total geral	100,0

* O setor da indústria pesada inclui as indústrias de cimento, ferro-gusa e aço, ferro-ligas, não-ferrosos e outros da metalurgia, química, papel e celulose.

Fonte: MME – Balanço Energético Nacional, 2003.

Com respeito especificamente ao setor industrial, desagregou-se as informações disponíveis distinguindo-se a indústria leve da indústria pesada.



Como indústria leve foram consideradas a indústria de alimentos e bebidas, têxtil, cerâmica, e outras indústrias.

Como indústria pesada foram consideradas as indústrias de cimento; ferro-gusa e aço que compõem o setor siderúrgico; ferro-ligas; não-ferrosos e outros da metalurgia que incluem as indústrias fabricantes de alumínio; indústria química, e o setor de papel e celulose. Estes setores se constituem nas assim denominadas atividades industriais energo-intensivas por consumirem uma quantidade muito grande de energia por cada unidade produzida.

2.6 O Perfil Industrial Eletrointensivo no Brasil

Os setores industriais eletrointensivos desempenham um importante papel nos estudos de previsão de demanda de energia elétrica no país.

A importância destes setores pode ser avaliada em termos da sua significativa participação na estrutura de consumo de energia elétrica do país. Segundo os dados consolidados mais recentes (BEN, ano-base 2002), o setor produtivo eletrointensivo é responsável por 29% do consumo final de energia elétrica no Brasil, algo em torno de 92,6 mil MWh.

Considerando apenas os setores indústrias de produção de alumínio primário, siderúrgico, ferro-ligas, papel e celulose, o consumo de energia elétrica destes quatro setores industriais corresponde a 43,2% do consumo industrial, e por 20% do consumo total de eletricidade no país.

Avaliando-se o desempenho da indústria nacional nos últimos anos, a perspectiva de expansão da exportação continua a constituir o principal determinante dos investimentos industriais no Brasil. A Tabela 2.7 que se segue apresenta dados do destino da produção de alguns setores industriais selecionados.

Particularmente, o setor de alumínio se destaca pela parcela da sua produção voltada para a exportação. Parte considerável desta exportação se concretiza financeiramente pela participação direta de fundos públicos utilizados para subsidiar a produção.

Numa análise da composição das exportações do setor do alumínio, observa-se que as empresas localizadas na região norte, onde o custo da energia é inferior, têm quase a totalidade de sua produção voltada para a exportação, enquanto as empresas do sudeste, que pagam a tarifa não subsidiada, investem na transformação com o objetivo de agregar mais valor ao seu produto. Nesse caso,



observamos a tarifa da energia elétrica como determinante da política comercial da empresa, já que no caso do alumínio ela é parte importante na composição dos custos de produção.

Tabela 2.7 - Distribuição por Ramo Industrial da produção para o mercado interno e para exportação - 2000

Setores Selecionados	Produção para o Mercado interno (%)	Produção para o Mercado Externo (%)
Alumínio	28,6	71,4
Ferroligas	48,5	51,5
Siderurgia	65,5	34,5
Celulose	57,5	42,5
Papel	81,5	18,5

Fonte - SMM/MME – Anuário Estatístico: 2000, 2001; ABAL - Anuário Estatístico: 2000, 2001; IBS - Anuário Estatístico: 2000, 2001; ABRAFE - Anuário Estatístico: 2000, 2001; BRACELPA - Estatísticas do Setor: 2000, 2001.

O subsídio proporcionado pelos contratos de fornecimento da energia produzida pela usina de Tucuruí à ALBRÁS (Cia. Vale do Rio Doce e Nippon Amazon Aluminium Co.) e à ALUMAR (Alcoa; Shell-Billiton e Camargo Correa Metais) representa para a Eletronorte uma perda da ordem de US\$ 200 milhões ao ano. Considerando que o contrato com a Albrás (PA) foi iniciado em julho de 1985 e vai se estender até maio de 2004, enquanto que o contrato com a Alumar (MA) foi iniciado em dezembro de 1983 com vigência até junho de 2004, o subsídio concedido para estimular a instalação de indústrias de alumínio na região Norte alcança US\$ 5 bilhões.

Com base nos dados levantados, a Tabela 2.8 apresenta os valores da energia incorporada nos produtos energo-intensivos voltados para a exportação.

Estes dados confirmam a forma pela qual a produção industrial brasileira está se inserindo no processo de globalização da economia internacional, limitando-se ao papel de mero exportador de produtos primários de baixo valor agregado e elevado conteúdo energético.



Em termos quantitativos, a energia elétrica incorporada nestes produtos é significativa pois representa 7,8% do consumo total de eletricidade no país (ano-base: 2000). Considerando a energia total consumida no país, esta parcela representa significativos 7%.

Ainda, esta exportação consumiu 48,3% da eletricidade e 42% da energia total contida nos produtos produzidos pelos quatro setores industriais aqui considerados.

Tabela 2.8 - Energia incorporada nos produtos energo-intensivos exportados – 2000

Setores Selecionados	Energia Elétrica (em mil MWh)	Energia Total (em mil tep)
Alumínio	14.245	5.666
Ferroligas	3.277	1.250
Siderurgia	5.362	6.138
Celulose	1.836	1.447*
Papel	1.145	945*
Total	25.865	15.446

* Estimativas. Fonte: MME – Balanço Energético Nacional, 2003.

Verifica-se, pois, que a estratégia industrial em curso no Brasil, baseada na obtenção de receita a partir da exportação de produtos primários, de baixo valor agregado e alto conteúdo energético, impõe a necessidade da ampliação da oferta de energia elétrica de forma a atender a esta demanda, colaborando para a pressão sobre os recursos naturais, e em particular, sobre os potenciais hidráulicos.

Estudos recentes apontam para o equívoco desta estratégia industrial, não somente por representar um significativo vetor para o crescimento do consumo de eletricidade no país, mas também porque estes setores industriais apresentam uma capacidade extremamente reduzida de geração de empregos, além de uma



restrita aptidão na apropriação de receita advinda da exportação de bens de baixo valor agregado².

Se considerarmos os dados referentes à previsão de aumento do consumo de energia elétrica destes setores industriais nos próximos anos, indicados na Tabela 2.9 que se segue, verifica-se uma tendência à ratificação desta estratégia industrial. A consequência desta perspectiva se evidencia na necessidade de implantação de novas plantas de geração, em particular de usinas hidrelétricas, capazes de responder à esta demanda.

Tabela 2.9 - Previsão de consumo de energia elétrica (MWh) dos setores industriais eletrointensivos

Setor	2001	2005	2010
Alumínio	21.301	24.970	27.000
Siderurgia	16.259	19.090	21.800
Ferroligas	6.801	8.180	9.160
Papel	7.457	8.830	11.000
Celulose	7.812	9.640	15.000
Petroquímica	4.201	5.160	6.850

Fonte: CCPE/CTEM – Relatório Analítico de Mercado, maio/2001.

Observa-se que, no seu conjunto, os setores eletrointensivos estão empenhados num expressivo processo de aumento da escala de produção, o que torna crucial a questão do suprimento de energia elétrica necessário para atender esta crescente demanda.

Uma tendência que pode ser verificada atualmente é a crescente a participação dos setores eletrointensivos nos projetos de implantação de usinas hidrelétricas para uso exclusivo, em regime de autoprodução.

Particularmente nos projetos dos empreendimentos hidrelétricos das regiões do Alto Araguaia e do Baixo Paranaíba, objetos do presente estudo de avaliação técnico-econômica e ambiental, observa-se que dois deles – UHE Caçu (65 MW) e

² Ver a respeito o estudo de de Bermann, C. - "Exportação brasileira de produtos intensivos em energia: implicações sociais e ambientais". Rio de Janeiro, FASE/FBOMS/REBRIP, junho de 2002.



UHE Barra dos Coqueiros (90 MW) – ambos localizados no Rio Claro, Municípios de Caçu e Cachoeira Alta (GO), têm como empresa concessionária a Alcan Alumínio do Brasil Ltda, empresa produtora de alumínio.

A figura do autoprodutor foi definida pelo Decreto no 2003, de 10 de setembro de 1996. O Art. 27 indica que a outorga de concessão ou de autorização a autoprodutor estará condicionada à demonstração, perante o órgão regulador e fiscalizador do poder concedente, de que a energia elétrica a ser produzida será destinada a consumo próprio, *atual ou projetado*.

O regime de autoprodução considera a geração de energia não como uma mercadoria de comércio (produtor independente), mas como um insumo para a atividade do autoprodutor, pois ele produz para seu próprio consumo. Dessa forma, segundo o princípio que o fundamenta, o autoprodutor deixaria de consumir a energia do sistema público, e este ganharia uma folga. Por essa via, ampliar-se-ia a oferta sem o emprego de recursos públicos.

No caso específico da autoprodução, as novas unidades geradoras representariam a disponibilização de quantidades de energia que seriam necessariamente destinadas ao atendimento das necessidades desses segmentos industriais interessados. Ainda, o interesse público seria também observado pelo incremento das receitas públicas, geração de empregos e melhoria das condições de vida da população.

Entretanto, estudos recentes³ revelam que tratam-se de empreendimentos que apenas asseguram a ampliação da capacidade de produção de cada uma das empresas eletrointensivas envolvidas. Dessa forma, não existe a decantada folga para o sistema público. Pelo contrário, as usinas hidrelétricas licitadas para o regime de autoprodução na verdade subtraem do sistema público a desejável ampliação da oferta.

A ampliação da oferta de energia elétrica no país deve se orientar, prioritariamente, para o atendimento aos setores produtivos de bens e de serviços que geram emprego e renda. Faz-se necessária uma reorientação da atual política industrial, de forma a restringir os investimentos no aumento da capacidade de produção das plantas industriais eletrointensivas para, posteriormente, reduzir a produção ou reorientá-la para o mercado interno, redirecionando para a exportação de bens de maior valor agregado.

³ Ver a respeito o estudo de Bermann, C. - "Indústrias Eletrointensivas e Autoprodução: propostas para uma política energética de resgate do interesse público". São Paulo, IEE-USP, novembro de 2002.



A ampliação da oferta de energia elétrica no país deve também atender o consumo domiciliar. O programa de universalização do acesso e do uso do serviço de energia elétrica instituído recentemente pelo Ministério de Minas e Energia, sob a denominação “Programa Luz para Todos”, com objetivo de atingir a universalização do atendimento até o ano 2008, irá exigir a garantia do suprimento notadamente a partir da geração descentralizada, baseada nas fontes alternativas de energia locais, restringindo este atendimento através da extensão da rede a partir de grandes usinas de geração. Esta demanda deverá ser acompanhada por um aumento do consumo domiciliar em geral, de forma a garantir o suprimento para a melhoria da qualidade de vida do conjunto da população.

2.7 Gerenciamento do Lado da Demanda como Alternativa de Oferta

As atividades e medidas de Gerenciamento do Lado da Demanda, expressão que vem do termo inglês *Demand Side Management (DSM)*, referem-se às ações que reduzem o consumo e/ou o tornam mais eficiente, de maneira a atender às necessidades de serviços energéticos (como iluminação, refrigeração, uso final de energia motriz elétrica, condicionamento de ar, etc...) com as quantidades de energia necessárias para cada equipamento e condições de uso para cada setor de consumo, sem necessariamente prejudicar ou limitar o serviço energético fornecido ao usuário.

A razão fundamental para a adoção de programas de gerenciamento pelo lado da demanda reside na incapacidade do mercado em aproveitar todas as oportunidades de aumento da eficiência nos serviços energéticos. Os programas de DSM tentam estimular e obter economias efetivas em custo, evitando investimentos em sobre capacidade de geração, com o conseqüente aumento de tarifas e perda da eficiência alocativa.

Trata-se, pois, de incorporar nas opções de oferta a adoção de medidas de eficiência energética nos usos finais, trazendo como resultado a necessidade de uma ampliação da capacidade de geração em menor escala.

A este processo que combina uma variedade de opções de oferta e demanda para encontrar o custo efetivo das necessidades dos consumidores de energia elétrica, dá-se o nome de Planejamento Integrado de Recursos – PIR que, em última análise, constitui-se num instrumento capaz de assegurar o consumo energético em bases ambientalmente sustentáveis.

A adoção da noção do menor custo (*least cost*), para a expansão da oferta de energia baseada no gerenciamento da demanda encontrou no contexto energético



brasileiro uma vigorosa possibilidade de avanço, infelizmente abortada a partir de 1995 com o processo de privatização das empresas elétricas de distribuição e geração, e com a desverticalização do setor elétrico brasileiro.

A desverticalização das empresas elétricas, provocando a separação das atividades de geração, transmissão e distribuição de eletricidade, tornou mais difícil a adoção de programas de conservação.

O cálculo do kW evitado encontrava maiores possibilidades de sensibilização e de sucesso quando a geração e a distribuição de energia elétrica se encontravam sob gestão de uma só empresa. Este cálculo indica que o custo incorrido com medidas de conservação (p.ex., gerenciamento pelo lado da demanda, substituição por equipamentos mais eficientes, entre outros) pode ser menor que o custo de ampliação da oferta (construção de novas plantas de geração). Algumas empresas do setor elétrico brasileiro já estavam incorporando alguns instrumentos do Planejamento Integrado de Recursos (PIR) quando o processo de privatização praticamente desarticulou as possibilidades de sucesso desse tipo de iniciativas, na medida em que no novo contexto, as empresas de distribuição de eletricidade não possuem nenhuma motivação para a implementação de programas de conservação.

Uma evidência da ausência de mecanismos de mercado no sentido de viabilizar financeiramente práticas de economia de energia, é o papel central assumido pelo órgão regulador, a Agência Nacional de Energia Elétrica-ANEEL, com vistas a assegurar que medidas efetivas de conservação de energia estão sendo implementadas no nosso país. A Resolução nº 242 da Aneel, de 24/julho/1998, é uma evidência nesse sentido, ao definir a obrigatoriedade de 1% da receita operacional anual (RA) das empresas de distribuição de eletricidade ser destinada “ao desenvolvimento de ações com o objetivo de incrementar a eficiência no uso e na oferta de energia elétrica”. Desse total, um mínimo de 0,25% da receita operacional anual de cada distribuidora de eletricidade deveria ser aplicado em ações que ampliassem a eficiência dos usos finais de energia elétrica. Entretanto, a própria agência está encontrando dificuldades para identificar a natureza dos programas apresentados pelas empresas. Muitos destes programas não passam de simples projetos de substituição de lâmpadas com preços sobrevalorizados, no intuito de alcançar ou se aproximar mais facilmente dos valores correspondentes a 1% do faturamento impostos através de um instrumento de regulação. Se considerarmos os valores expressivos destes recursos, cerca de R\$ 300 milhões (ou cerca de 120 milhões de dólares) por ano, as oportunidades de implementação de programas efetivos de conservação encontram dificuldades na medida em que não existem mecanismos de controle social sobre a aplicação destes recursos.



2.8 O Planejamento do Setor elétrico e o Licenciamento Ambiental

2.8.1 Etapas dos Empreendimentos Hidrelétricos e as Questões Sócio-Ambientais

- Estudos de Inventário

Nesta etapa o objeto do estudo ainda não é uma usina, mas sim possíveis conjuntos de usinas situadas numa mesma bacia hidrográfica. Define-se, numa primeira aproximação, como a energia de origem hidráulica da bacia poderá ser aproveitada. Examinam-se diversas alternativas de barramento, simulando-se as conseqüências da construção de barragens em vários locais do rio (ou rios) em análise. Para cada alternativa, estudam-se, numa primeira aproximação, os benefícios energéticos (energia firme, capacidade de ponta e energia secundária), a potência instalada e os custos associados a cada barramento. Estes estudos estão hoje ainda restritos à noção de otimização energética, não incorporando os aspectos sócio-ambientais, de forma que se possa melhor definir, já nesta etapa, o custo real (econômico e social) dos empreendimentos.

Cabe ressaltar a existência de um Manual de Inventário Hidrelétrico de Bacias Hidrográficas (MIHBH), elaborado pela Eletrobrás em 1997, que poderia se constituir no documento de referência para a realização dos Estudos de Inventário, na medida em que este documento apresenta um conjunto de critérios, procedimentos e instruções para a realização do inventário do potencial hidrelétrico de bacias hidrográficas, considerando a articulação da dimensão técnica e econômico-finaceira, com a dimensão ambiental.

Todavia, os Estudos de Inventário desenvolvidos recentemente, e submetidos à análise da ANEEL, desconsideram o referido Manual, e acabam por incorporar pouco os aspectos sócioambientais nas suas avaliações.

Via-de-regra, ao final destes estudos, é definida uma combinação ou arranjo básico de barramentos ao longo da bacia, denominada "divisão de queda preferencial". Trata-se daquela alternativa em que o conjunto de usinas se revela mais favorável, sob os aspectos econômico-energético, do que nas outras alternativas estudadas.

Uma vez terminados os Estudos de Inventário, são os mesmos submetidos ao exame e aprovação da ANEEL. Essa aprovação implica em que cada uma das usinas que compõem a alternativa preferencial é considerada, ao nível dos estudos realizados, a princípio, viável sob os aspectos econômico-energético, devendo ser objeto de estudos mais aprofundados e detalhados caso venha a ser considerada a sua implantação.



Note-se, portanto, que a aprovação dos Estudos de Inventário e das usinas nele consideradas não implica, de modo algum, na decisão de construí-las. Conclui-se apenas que se trata de empreendimentos potencialmente promissores e que devem ser melhor examinados. A aprovação desses estudos pelo ANEEL é requisito para que esse órgão autorize o desenvolvimento da etapa seguinte, de viabilidade.

- Estudos de Viabilidade

Daí para a frente, os estudos se voltam à análise de usinas específicas. Como no caso de qualquer outro empreendimento ou atividade, o estudo de viabilidade examina os custos e benefícios associados ao projeto. São retomados e desenvolvidos, em profundidade e em detalhe, os estudos econômico-energéticos e sócio-ambientais que, na etapa de inventário, haviam sido conduzidos de maneira mais expedita. O aspecto financeiro é também apurado, chegando-se a um orçamento que reflete de modo confiável os custos (inclusive sócioambientais) do empreendimento.

Os Estudos de Viabilidade não são realizados simultaneamente para todos os aproveitamentos que compõem a alternativa preferencial de divisão de queda de uma bacia. Normalmente, estudam-se primeiro aquelas usinas que, no inventário, revelaram-se mais econômicas, deixando-se para mais tarde o estudo das que apresentaram menor rentabilidade. Assim, podem decorrer vários anos entre o final dos Estudos de Inventário e o início da Viabilidade de uma dada usina.

Os aspectos sócio-ambientais da etapa de viabilidade, inicialmente examinados de forma pontual, passaram, desde o final da década de 70, a constituir um apêndice ao Relatório de Viabilidade (dedicado aos estudos de engenharia) e a incluir os aspectos de usos múltiplos de recursos hídricos, em conformidade com a Lei 9.433 (08/01/97) que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos. Cabe ressaltar que os estudos para o aproveitamento hidrelétrico de determinada usina, estão atualmente condicionados à emissão da Disponibilidade Hídrica, por parte da Agência Nacional de Águas-ANA. Cabe ainda assinalar que, a partir da elaboração do Manual de Estudos e Efeitos Ambientais (1986), esses estudos passaram a ser desenvolvidos de forma mais sistematizada, contando com quatro planos: de levantamentos, de desapropriação, de enchimento e de utilização.

A Resolução CONAMA 001/86 tornou obrigatória a elaboração de Estudos de Impacto Ambiental (EIA) e respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), os quais passaram, em muitos casos, a substituir o apêndice de estudos sócio-ambientais do Relatório de Viabilidade. Têm por finalidade a obtenção da Licença Prévia (LP) junto aos órgãos de licenciamento ambiental.



O RIMA constitui um resumo do EIA, de suas conclusões e recomendações. A aprovação do EIA e do RIMA pelo órgão licenciador ambiental e a consequente emissão da Licença Prévia (LP) devem ser pré-condições para que o empreendimento hidrelétrico seja licitado, de acordo com a Lei 8.987 (13/02/1995) que dispõe sobre o regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos.

Cabe assinalar que o novo Modelo Institucional do Setor Elétrico (11/12/2003) prevê como atribuição à EPE-Empresa de Pesquisa Energética (vide Agentes Institucionais), a promoção de estudos de viabilidade técnico-econômica e sócioambiental de usinas e obtenção da Licença Prévia para aproveitamentos hidrelétricos.

Esta é, portanto, a etapa mais importante do processo decisório. Demonstrada e aprovada sua viabilidade econômico-energética e sócio-ambiental, nada existe, em princípio que obste sua construção, cuja época será definida em função das projeções da demanda, da sua rentabilidade e das disponibilidades financeiras das empresas concessionárias participantes do processo de licitação.

Com base nos resultados das análises de custo-benefício, as usinas projetadas são hierarquizadas no plano de expansão setorial em função do seu custo unitário (US\$/MWh). Na determinação destes, vem sendo feita a inclusão dos impactos sócio-ambientais passíveis de mensuração em unidades monetárias. Os aspectos não quantificáveis são também levados em consideração embora não se disponha ainda de metodologia consensada pelo Setor para sua avaliação. Como o atendimento à maior parte do mercado brasileiro é feita através de um sistema interligado de transmissão, existe alguma flexibilidade para reordenar a seqüência de entrada em operação dos futuros empreendimentos, quando isso se torna necessário.

- **Projeto Básico**

Dentro da seqüência de estudos que subsidia o processo decisório, a última etapa consiste na elaboração do Projeto Básico da usina. Este estudo, que pode ocorrer alguns anos após a aprovação do Relatório de Viabilidade, irá detalhar e refinar o anteprojeto definido na etapa anterior, elaborando as especificações de construção e dos principais equipamentos e detalhando o conjunto de planos e programas sócio-ambientais de maneira compatível com as atividades de engenharia e as necessidades de realização da obra e posterior operação da usina.



Assim, na área sócio-ambiental, deverão ser detalhados os planos e programas desenvolvidos na etapa de viabilidade, com o objetivo de tratar adequadamente os impactos da obra. O custo da obra é apurado com maior precisão, apoiando-se em estimativas apresentadas por fabricantes e empreiteiros.

O Projeto Básico, como o Estudo de Viabilidade, está sujeito a dupla aprovação. O órgão licenciador ambiental, após exame e aprovação do Projeto Básico Ambiental (detalhamento dos programas propostos no EIA/RIMA) emite a Licença de Instalação (LI). A ANEEL, após a emissão da LI, aprova o Projeto Básico. A emissão da LI e a aprovação do Projeto Básico pela ANEEL são pré-condições para o início da construção.

- **Projeto Executivo/Construção**

Durante esta etapa implementam-se a grande maioria dos programas e projetos sócioambientais propostos no EIA/RIMA e conclui-se o desenvolvimento do Plano Diretor do Reservatório. A evolução dos estudos, que não se esgotam na etapa de viabilidade, pode conduzir a algumas alterações em relação aos programas propostos originalmente, alterações essas que devem ser aprovadas pelo órgão licenciador ambiental.

Cabe destacar que, uma vez encomendados os equipamentos principais e contratado o empreiteiro, é pouco recomendável sustar a construção do empreendimento, já que os investimentos e compromissos alcançaram, a esta altura, tal monta que uma reversão do processo acarretaria prejuízos muito grandes para a sociedade. Conseqüentemente, a menos da superveniência de fatos imprevistos, as definições a serem dadas na etapa de construção devem ser apenas aquelas referentes ao detalhamento e/ou à implementação de ações e programas propostos e acordados anteriormente.

Finalizada a construção de barragem, a Licença de Operação (LO) vai ser solicitada. O início do enchimento do reservatório só poderá ocorrer após sua concessão pelo órgão licenciador ambiental, que verificará a implementação dos programas e projetos constantes do EIA/RIMA e de eventuais ações definidas após a emissão desses documentos. Esta licença está sujeita a renovação periódica, envolvendo vistoria das condições de operação do empreendimento por parte do órgão ambiental.

- **Operação**

A obtenção da Licença de Operação (LO) não pressupõe o final das decisões e ações visando o adequado tratamento das questões sócio-ambientais. Pela própria dinâmica dos fenômenos sociais e físico-bióticos, os programas



implantados devem ser objeto de monitoramento e controle, com vistas à sua revisão periódica, ao longo da vida útil do empreendimento. Deste acompanhamento dependerá, em grande parte, a renovação da LO.

2.8.2 Situação do Licenciamento Ambiental nos Empreendimentos Hidrelétricos Situados no Sudoeste de Goiás (Bacias dos Rios Corrente, Verde e Claro)

Todos os empreendimentos em questão, localizados nas bacias dos Rios Corrente, Verde e Claro, submetidos à licitação sem a obtenção da Licença Ambiental Prévia, encontram-se atualmente com impedimentos de várias ordens para a entrada em operação. A seguir, é descrita a situação de cada um deles, com base no documento “Acompanhamento das Usinas Hidrelétricas - versão de maio de 2004, elaborado pela Superintendência de Fiscalização dos Serviços de Geração-SFG da ANEEL, e em consultas de campo.

• UHE ITUMIRIM

Rio Corrente, Municípios de Aporé e Serranópolis - GO

Leilão ocorrido em 1999, vencido pela Companhia Energética Itumirim, com contrato de concessão nº 053 de 9 de junho de 2000.

Licenciamento Ambiental Prévio concedido pelo órgão ambiental do Estado de Goiás (Agência Goiânia de Meio Ambiente), questionado pelo Ministério Público Federal. Uma liminar judicial suspendeu a validade da LP, passando o processo de licenciamento para o IBAMA. Este órgão solicitou ao empreendedor e à Aneel o re-estudo do projeto, de forma a que o reservatório não atinja o Parque Nacional das Emas.

• UHE COUTO MAGALHÃES

Rio Araguaia, Municípios de Sta. Rita do Araguaia - GO e Alto Araguaia - MT

Leilão ocorrido em 2001, vencido pela Rede Couto Magalhães Energia S.A. e Enercouth S.A., que constituem o CONSÓRCIO ENER-REDE COUTO MAGALHÃES, com contrato de concessão no 021 de 2002.

Licenciamento Ambiental suspenso. O Ministério Público Federal solicita a elaboração de uma avaliação do conjunto da Bacia do Rio Araguaia. A empresa concessionária foi autuada com vistas à revisão do Projeto Básico, contemplando 03 unidades geradoras. Por sua vez, a empresa coconcessionária solicitou a rescisão do contrato de concessão.



- **COMPLEXO ENERGÉTICO CAÇU/BARRA DOS COQUEIROS**

Rio Claro, Municípios de Caçu e Cachoeira Alta - GO

Leilão ocorrido em 12/07/2002, vencido pela Alcan Alumínio do Brasil Ltda., com contrato de concessão no 089 de 11/12/2002.

Licenciamento Ambiental suspenso. Ação Civil Pública aforada pelo Ministério Público do Estado de Goiás. Elaborado pelo empreendedor um Termo de Ajuste de Conduta (TAC) junto à Agência Goiana de Meio Ambiente, e de comum acordo com o Promotor de Justiça do Município de Cachoeira Alta. A Aneel enviou à Agência Goiana de Meio Ambiente uma minuta de Termo de Referência para a elaboração de estudos integrados de bacias hidrográficas.

- **UHE SALTO**

Rio Verde, Municípios de Caçu e Itarumã - GO

Leilão ocorrido em 12/07/2002, vencido pela Rio Verde Energia S.A., com contrato de concessão no 090 de 11/12/2002.

Licenciamento Ambiental suspenso. O início das obras encontra-se com o cronograma atrasado.

- **UHE SALTO DO RIO VERDINHO**

Rio Verde, Municípios de Caçu e Itarumã - GO

Leilão ocorrido em 12/07/2002, vencido pela Rio Verdinho Energia S.A., com contrato de concessão no 091 de 11/12/2002.

Licenciamento Ambiental suspenso. O início das obras encontra-se com o cronograma atrasado.

- **UHE OLHO D'ÁGUA**

Rio Corrente, Municípios de Itajá e Itarumã - GO

Leilão ocorrido em 12/07/2002, vencido pela J. Malucelli Construtora de Obras Ltda., com contrato de concessão no 093 de 11/12/2002.

Licenciamento Ambiental suspenso. O início das obras encontra-se com o cronograma atrasado.



2.9 O Novo Modelo do setor Elétrico Brasileiro

Durante o ano de 2003, o Ministério de Minas e Energia do Governo Lula elaborou uma proposta de um Novo Modelo para o Setor Elétrico Brasileiro tendo como referência o fracasso da política energética do governo FHC, e a absoluta fragilidade a que ficou reduzido o Estado no seu papel de formulador de políticas públicas. Papel este que foi deliberadamente esvaziado pelo governo passado, e que conduziu para a crise pela qual estamos pagando até hoje.

Em julho foi apresentada pelo MME uma primeira versão do documento “Proposta de Modelo Institucional do Setor Elétrico”. Nos meses que se seguiram, esta proposta foi discutida de forma absolutamente restrita, privilegiando os chamados agentes do setor – empresas de geração, empresas de distribuição, comercializadores de energia, grandes consumidores, entre outros – sem o envolvimento da sociedade civil organizada, como os sindicatos, ONGs e movimentos sociais. O documento final foi apresentado em dezembro de 2003, resultando em duas Medidas Provisórias n^{os} 144 e 145 encaminhadas para o Congresso Nacional.

Após um processo de discussão em regime de urgência na Câmara dos Deputados e no Senado, as duas Medidas Provisórias foram aprovadas e transformadas, respectivamente na Lei n^o 10.847 que autoriza a criação da Empresa de Pesquisa Energética-EPE, e na Lei n^o 10.848 que dispõe sobre as novas bases de comercialização de energia elétrica

Sem dúvida, o principal aspecto do Novo Modelo se refere à recondução do papel do Estado como agente do planejamento energético, na definição de objetivos e diretrizes para a expansão do sistema elétrico no médio e longo prazo, horizontes não considerados pelo mercado.

Para tanto, o Novo Modelo propõe a criação de uma Empresa de Pesquisa Energética – EPE, cujas funções deverão ser coordenadas, orientadas e monitoradas pelo MME.

Caberá a EPE, dentre suas atribuições:

- Execução de estudos para definição da Matriz Energética, com indicação das estratégias a serem seguidas e das metas a serem alcançadas, dentro de uma perspectiva de longo prazo;
- Execução dos estudos de planejamento integrado dos recursos energéticos;



- Execução dos estudos do planejamento da expansão do Setor Elétrico (geração e transmissão);
- Promoção dos estudos de potencial energético, incluindo os estudos de inventário de bacias hidrográficas; e,
- Promoção dos estudos de viabilidade técnico-econômica e sócio-ambiental de usinas, bem como obtenção da Licença Prévia Ambiental para aproveitamentos hidrelétricos.

O planejamento da expansão do Setor Elétrico compreenderá três etapas:

- **Planejamento de longo prazo**, com horizonte de vinte anos, em que se define o Plano de Expansão de Longo Prazo do Setor Elétrico – PELP, que estabelecerá as estratégias de expansão de longo prazo para o Setor, incluindo novas fontes de geração, grandes troncos de transmissão e de desenvolvimento tecnológico e industrial para o País;
- **Planejamento de médio prazo**, com horizonte de dez anos, em que se definem o Plano Decenal de Expansão dos Sistemas Elétricos – PDE e o Programa Determinativo de Expansão da Transmissão - PDET;
- **Monitoramento** das condições de atendimento eletro-energético, com horizonte de cinco anos, em que se definem as providências para eventuais ajustes no programa de expansão em andamento.

Os estudos relativos às duas primeiras fases do planejamento setorial serão coordenados pela EPE. A etapa de monitoramento estará sob responsabilidade do Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico-CMSE, com a função de analisar a continuidade e a qualidade de suprimento num horizonte de cinco anos e propor medidas preventivas de mínimo custo para restaurar as condições adequadas de atendimento, incluindo ações no lado da demanda, da contratação de reserva conjuntural e outras.

O CMSE será coordenado pelo MME e terá a participação das seguintes instituições: EPE, CCEE–Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (que substituirá o MAE-Mercado Atacadista de Energia), ONS–Operador Nacional do Sistema e ANEEL–Agência Nacional de Energia Elétrica. Para apreciação de assuntos específicos, poderão ser convidadas a participar outras instituições como BNDES, ANA e IBAMA.

Os estudos a serem desenvolvidos pela EPE observarão os Procedimentos de Planejamento do Setor Elétrico, os quais serão submetidos à audiência pública e



homologados pela ANEEL, a quem caberá fiscalizar e regular o cumprimento desses procedimentos.

Segundo o documento do Novo Modelo, para conferir transparência ao processo de planejamento, deverão ser tornados públicos os critérios e os procedimentos básicos aplicados ao planejamento; os documentos concernentes aos estudos de viabilidades técnica, energética, econômica e ambiental dos empreendimentos; todos os modelos computacionais utilizados no planejamento; e todas as informações utilizadas no planejamento.

Os planejamentos da expansão e da operação, bem como as respectivas execuções, deverão estar integrados às políticas de uso da água impostas pelos comitês de bacias e pela ANA.

2.9.1 O Programa de Universalização

O acesso de todos os domicílios do País, urbanos e rurais, à eletrificação, em condições adequadas de segurança e confiabilidade é o maior desafio a que se propõe o Novo Modelo.

Embora o Programa “Luz para Todos”, lançado recentemente pelo MME, identifique 12 milhões de brasileiros excluídos dos benefícios da energia elétrica (fonte: PNAD/IBGE, que considera os domicílios com luz elétrica, mas sem a informação sobre a segurança e confiabilidade, e sem considerar a área rural da Amazônia), estudos desenvolvidos por instituições universitárias, apontam que esta exclusão atinge hoje cerca de 4,4 milhões de domicílios, ou 17,6 milhões de habitantes.

A meta de assegurar até o ano 2008 o princípio da equidade para o conjunto da população brasileira, no que se refere ao acesso à eletrificação, impõe a adoção de estratégias de geração distribuída que devem superar as limitações de um mero programa de extensão da rede de distribuição, notadamente nas comunidades isoladas.

O sistema de geração distribuída é o marco necessário para o desenvolvimento das energias renováveis

2.9.2 A Prioridade à Hidroeletricidade de Grande Escala

Conforme o documento do Novo Modelo, “a geração hidrelétrica é atualmente a fonte mais competitiva; logo, deverá predominar na expansão de menor custo”.



O mito da hidroeletricidade como uma fonte energética barata está presente na concepção do Novo Modelo, apesar de todas as evidências históricas que apontam a não incorporação das chamadas externalidades sociais e ambientais na implantação das usinas hidrelétricas como a base sobre a qual se assenta a competitividade desta fonte de geração.

Esta situação de privilégio à geração hidrelétrica se acentua quando verifica-se que as futuras licitações de usinas para assegurar a expansão da oferta ocorrerá pela menor tarifa. Para o empreendedor vencer a concorrência no processo licitatório, oferecendo a menor remuneração para um dado empreendimento, esta só será alcançada através da redução dos custos de investimento. Como as obras civis e a montagem eletromecânica, incluindo a aquisição dos equipamentos (turbinas e geradores) tem seus custos praticamente uniformizados no mercado nacional e internacional, será justamente na redução dos custos de gerenciamento ambiental do reservatório e na redução dos custos para as indenizações, ressarcimentos e reassentamentos das populações atingidas pelos empreendimentos que a menor tarifa será composta.

A questão social e ambiental envolvendo os empreendimentos hidrelétricos deverá estar claramente incorporada no processo de Licenciamento Ambiental Prévio, a cargo da EPE. Esta deverá promover o cadastro da população atingida, não se restringindo apenas às comunidades que perderão suas terras (proprietários e não proprietários) e outros bens para a formação do reservatório, mas todos aqueles sofrerão perda ou restrição de acesso a recursos necessários à reprodução; perda ou redução de fontes de emprego, renda e meios de sustento devido à ruptura dos circuitos econômicos, incluindo a identificação das interferências a jusante da barragem. À EPE caberá também promover um processo democrático de negociação com a população atingida, de forma a alcançar um acordo cujas bases deverão figurar no edital de licitação, e posteriormente, deverão estar consignadas no contrato de concessão. Este procedimento certamente assegurará os direitos das populações atingidas e reduzirá o chamado risco social e ambiental a que está hoje submetido o empreendedor.

2.9.3 A Manutenção da Desverticalização

Ao ressaltar a desverticalização das atividades setoriais como algo conveniente, o Novo Modelo não respeita a sinergia natural das atividades. E mais, aprofunda o desequilíbrio atualmente existente na apropriação das rendas, impossibilitando que a receita auferida nas atividades de distribuição seja transferida para investimentos na expansão da oferta. Cabe ressaltar que a atividade de distribuição é exercida como monopólio natural no atual estágio de



desenvolvimento tecnológico, submetendo os consumidores cativos presentes nas áreas de concessão às necessidades de remuneração ditadas pelo mercado.

Muito embora a criação de um “pool” de contratação regulada de energia a ser comprada por todos os distribuidores, promoverá uma distribuição equilibrada dos riscos, permitindo uma redução tarifária, a revisão tarifária ainda segue mantendo o IGP-M como índice para o cálculo do reajuste.

2.9.4 A Permanência do IGP-M no Cálculo do Reajuste Tarifário

Apesar de uma política de reajustes tarifários levada a cabo pelo governo através da Aneel que beneficiou as empresas concessionárias de distribuição, com aumentos tarifários bastante superiores aos índices de inflação (a energia elétrica subiu em média 221%, desde julho de 1994, enquanto que a inflação acumulada da FIPE foi de 138,4% para o mesmo período), o Novo Modelo indica que “fica mantida a atual metodologia de cálculo tarifário dos distribuidores, utilizada pela ANEEL”.

Um dos mecanismos utilizados é a indexação das tarifas pelo IGP-M (Índice Geral de Preços do Mercado), cujo índice mantém uma forte correlação com o dólar. Se considerarmos que é o IPC que serve como indicador para o reajuste dos salários, observa-se que a atual metodologia de cálculo do reajuste tarifário penaliza a população assalariada, o que é incompatível com os preceitos de justiça social a que o Novo Modelo se propõe observar.

2.9.5 A Consolidação das Figuras do Produtor Independente de Energia (PIE) e do Auto-Produtor, em Detrimento do Serviço Público de Geração

O antigo Modelo foi elaborado com base em duas novas figuras: o produtor independente de energia (PIE) e o autoprodutor.

De acordo com a Lei no 9648, de 27 de maio de 1998, ficou alterado o regime de gerador hídrico de serviços públicos de energia elétrica para o de produtor independente, por meio da outorga de concessão de uso do bem público (o potencial hidráulico) a título oneroso em favor da União, com a cobrança de 2,5% da receita anual a ser auferida no prazo de cinco anos.

Por sua vez, a figura do autoprodutor foi definida pelo Decreto no 2003, de 10 de setembro de 1996. O Art. 27 indica que a outorga de concessão ou de autorização a autoprodutor estará condicionada à demonstração, perante o órgão regulador e fiscalizador do poder concedente, de que a energia elétrica a ser produzida será destinada a consumo próprio, atual ou projetado.



O caráter mercantil da energia produzida pelo produtor independente e pelo autoprodutor, em detrimento do serviço público de geração, está ratificado pelo Novo Modelo quando ele prevê “o acesso do autoprodutor, do produtor independente de energia e do grande consumidor aos empreendimentos mais eficientes, conferindo incentivos para o bom funcionamento do mercado de livre contratação e tornando efetiva a relação entre os dois ambientes de contratação, com reflexos positivos na formação dos preços e tarifas”.

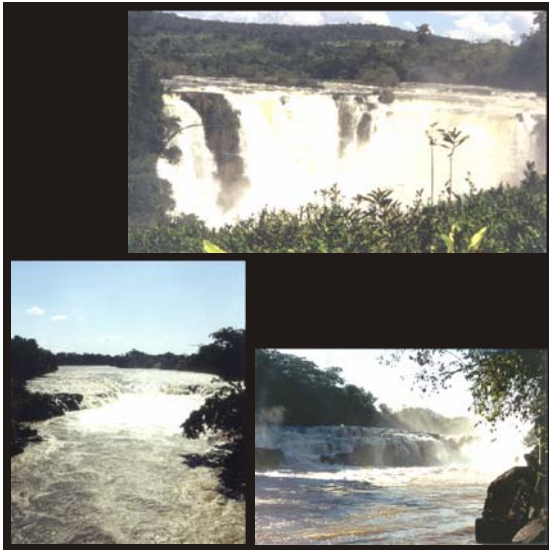
Ou seja, caberá ao serviço público de geração os empreendimentos menos eficientes.

Considera-se que a autoprodução, concebida para assegurar uma disponibilidade energética que é apropriada única e exclusivamente por uma empresa (ou por um consórcio de empresas), o faz em detrimento do interesse público.

Em realidade, as usinas hidrelétricas licitadas para o regime de autoprodução na verdade subtraem do sistema público a desejável ampliação da oferta. Este processo encontra na atual legislação as condições para sua questionável afirmação.

Faz-se necessária a revisão do atual arcabouço legal, notadamente no que se refere ao Decreto no 2003, de 10 de setembro de 1996, modificando o Art. 27 de forma a restringir a outorga da concessão a autoprodutor, condicionando a energia elétrica a ser produzida apenas e tão somente ao consumo próprio atual, e eliminando a possibilidade de outorga à demanda projetada. Ainda, o Art. 30 deste decreto também deve ser alterado, de modo a não incluir o autoprodutor como beneficiário do ato de declaração de utilidade pública, para fins de desapropriação.

A atual legislação, mantida pelo Novo Modelo, permite que o bem público representado pelo rio possa ser apropriado para responder a necessidades de natureza privada, no sentido estrito do termo.



3

Corredor de Biodiversidade Cerrado Pantanal

A conservação da biodiversidade é, indubitavelmente, um dos maiores desafios da humanidade, especialmente quando consideramos a crescente e inexorável demanda por recursos naturais pelo ser humano. De acordo com dados da Divisão de População das Nações Unidas-UNPD (www.un.org) no ano de 2000 a população humana era de pouco mais de 6 bilhões mas estima-se que em 2050 existirão aproximadamente 8,1 bilhões de pessoas. A tendência atual indica que a maior parte dessa população (aproximadamente 60%) estará vivendo em centros urbanos, mas a demanda por recursos naturais deverá exercer uma enorme pressão sobre os ecossistemas e sobre a biodiversidade como um todo. Além da exploração das espécies, a demanda por espaço para áreas destinadas aos cultivos de alimentos será um fator negativo importante sobre as comunidades e ecossistemas naturais.

Muito provavelmente as áreas nativas somente existirão nos locais que não se prestarem à exploração econômica e ao desenvolvimento da sociedade humana, ou que tenham sido previamente reservados para a proteção ambiental. Atualmente isto pode ser percebido em ecossistemas como a Mata Atlântica e o Cerrado, cujos remanescentes localizam-se em áreas montanhosas ou sujeitas a uma inundação periódica, ou ainda em solos não adequados à agricultura, ou pecuária. A considerar a área ocupada pelo ser humano devemos esperar um quadro sombrio no futuro, caso a exploração dos recursos naturais prossiga na mesma tendência dos modelos atuais.



3.1 Estratégias de conservação da biodiversidade

Uma das estratégias mais amplamente utilizadas na proteção da biodiversidade tem sido o estabelecimento de áreas legalmente protegidas em determinados locais. Na Convenção de Diversidade Biológica-CDB, o estabelecimento de áreas protegidas passou a ser um compromisso dos países que integram essa iniciativa. Em seu artigo 8º, o texto da CDB indica que cada parte deve “estabelecer um sistema de áreas protegidas ou áreas onde medidas especiais precisem ser tomadas para conservar a diversidade biológica”. Como área protegida entende-se uma “área definida geograficamente que é destinada, ou regulamentada, e administrada para alcançar objetivos específicos de conservação” (Artigo 2º da CBD).

Embora as abordagens sobre as formas de definir os locais, a extensão e o tipo de manejo dessas áreas protegidas variem ao longo do tempo e em diferentes regiões, as unidades de conservação vêm cumprindo relativamente bem o seu papel na proteção da biodiversidade. Uma análise realizada por Bruner e colaboradores (Bruner et al., 2001) sobre a situação no entorno de 93 áreas protegidas em diversas regiões, indicou que tais áreas têm cumprido o importante papel de evitar os desmatamentos e perda de biodiversidade local. Entretanto, o que se observa em diferentes regiões do planeta e também no Brasil, é que apenas o estabelecimento das unidades de conservação não é suficiente para a manutenção da biodiversidade.

O crescimento populacional tem sido bastante expressivo em algumas regiões e mesmo considerando-se uma situação ideal de implantação total das unidades de conservação (situação fundiária regularizada, plano de manejo elaborado e com alguns de seus componentes implantados e o conselho da unidade instalado e funcionando regularmente), é bem possível que as pressões sobre as áreas protegidas se farão sentir em breve. Atualmente, o manejo das unidades de conservação é trabalhado unicamente considerando-se o limite territorial da área. Desta forma, um típico sistema de fiscalização e vigilância de uma área protegida abrange a demarcação da unidade, sinalização, instalação de cercas, colocação de portões, guaritas, equipe de vigilância e equipe de fiscalização, sistema de comunicação, entre outras coisas. Entretanto, quanto maior for o grau de ameaça de uma unidade de conservação, maior será a necessidade de se investir em tais itens.

Parte dessa situação é decorrente da maneira pela qual uma unidade é criada, planejada, implantada e manejada. Em uma visão tradicional, nenhuma dessas etapas permitia a participação das comunidades do entorno, que sempre foram vistos como a ameaça externa. Mesmo considerando que a legislação brasileira tenha avançado no sentido de assegurar a participação popular em diversas fases de criação e manejo de uma unidade de conservação, não há garantias de que, pela maneira pela qual as unidades são manejadas, as ameaças externas irão



cessar. A atual visão sobre as unidades de conservação e como elas devem ser contextualizadas regionalmente deve mudar radicalmente.

Em geral, o que acontece no entorno de uma unidade de conservação não é incluído na equação da conservação de uma determinada região, mas essa desconsideração pode resultar em um grande desvio do resultado esperado pelos gestores das áreas protegidas. Para ilustrar essa questão, tomaremos como exemplo a situação dos municípios do entorno das unidades de conservação federais de proteção integral. Utilizamos essa categoria de manejo como exemplo pois esse tipo de unidade, que não permite a presença humana dentro dos seus limites, é sempre apontado como uma fonte de conflitos entre a conservação e o desenvolvimento socioeconômico regional. Uma das grandes consequências dessa falta de interação entre as unidades de conservação e as comunidades do entorno é que os conflitos ficam potencializados e uma vez que as pessoas não possuem a visão de que as áreas são um patrimônio público e que os beneficia diretamente, as soluções são sempre muito complexas.

3.2 Corredores para a Conservação

A expansão das paisagens antrópicas tem aumentado a fragmentação das áreas naturais e isolado as populações nativas, criando condições favoráveis para o aumento das taxas de extinção. Para reverter os efeitos da fragmentação a muito tempo se considera a criação ou manutenção de corredores entre remanescentes de áreas naturais. Inicialmente considerados como faixas contínuas de habitats naturais, estes corredores serviriam para reduzir o isolamento entre populações de duas áreas significativas. Várias críticas surgiram, questionando a utilidade e aplicabilidade dos corredores e em resposta o conceito foi se ampliando e modificando. Apesar da idéia básica do corredor ser simples sua estrutura, forma e função variam conforme a conveniência ou características ambientais, existindo inúmeras maneiras inclusive de nomeá-los. Corredores biológicos, corredores de biodiversidade, corredores ecológicos, corredores lineares, corredores de dispersão, corredores de migração são nomes frequentemente associados a esta idéia, ampliando ou restringindo o conceito e quase sempre trazendo muita confusão.

Conforme a revisão feita por Sanderson et al. (2003) o termo “corredor” em biologia da conservação e ecologia da paisagem serve para designar “uma faixa de terra ou água que difere dos ambientes adjacentes dos dois lados” (Levin, 2000). Este corredor pode receber também o nome de corredor biológico ou de fauna e permite a movimentação de indivíduos entre manchas de habitat. No entanto, a idéia de corredor, associado a Teoria de Biogeografia de Ilhas (MacArthur & Wilson 1967) e matapopulações (Hanski & Gilpin, 1997) serviu para o aparecimento de variações e aplicações dentro da biologia da conservação. Simberloff et al (1992) apresenta seis maneiras em que o termo foi utilizado e



Hess & Fischer (2001) listam 19 designações de corredores, com diferentes funções e estruturas, que muitas vezes não estão claramente explicitadas

Vamos abordar aqui três diferentes corredores, que guardam certa complementariedade: os corredores biológicos, corredores ecológicos e os corredores de biodiversidade. Apesar de todos terem em comum a palavra “corredor” existem profundas diferenças nos três conceitos.

Corredor biológico é a configuração espacial de ambientes naturais e da matriz que permitem o deslocamento de indivíduos pela paisagem. Com escala de centenas de metros a quilômetros a função de corredor é dependente das espécies que podem utiliza-lo e das configurações de hábitas que o compõe. Na ecologia da paisagem os corredores são um dos elementos estruturais da paisagem

O termo ‘corredor ecológico’ corresponde a uma ação de manejo que objetiva reverter ou atenuar os efeitos deletérios da fragmentação de ecossistemas. Serve, então, para promover a conexão entre duas áreas núcleo e assegurar que o fluxo de indivíduos entre grupos, sub-populações ou populações de espécies seja mantido. O princípio do corredor ecológico como ação de manejo chegou a ser incorporado na Lei do SNUC (Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – Lei 9.985 de 18 de julho de 2000), que em seu artigo 2º (item XIX) define o termo como:

“(...) 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 recolonização de áreas degradadas, bem como a manutenção de populações que demandam para sua sobrevivência áreas com extensão maior do que aquela das unidades individuais.”

e o corredor de biodiversidade, uma estratégia de conservação da CI baseada em corredores biológicos e planejamento na escala da paisagem.

A Conservação Internacional trabalha há vários anos com o conceito de corredor de conservação da biodiversidade, sendo este um elemento chave na sua estratégia de conservação da biodiversidade. Cabe ressaltar que estes corredores de biodiversidade são instrumentos para a conservação e não um fim em si mesmo. O objetivo principal dos Corredores de Biodiversidade é evitar a perda da biodiversidade, mantendo os serviços ambientais, compatibilizando conservação e desenvolvimento regional através do compromisso com os atores locais.

Corredores de Conservação da Biodiversidade incorporam áreas protegidas como áreas núcleo e usam corredores biológicos, “stepping stones” e usos do solo compatíveis para criar conectividade (CI, 2002). Para a CI, um corredor de



biodiversidade é uma unidade de planejamento compatível na escala da paisagem, onde a manutenção de processos ecológicos e evolutivos é possível bem como o desenvolvimento econômico e social. A escala da paisagem permite a integração dos processos ecológicos e evolutivos, das diferentes dinâmicas biológicas, sociais e econômicas em unidades administrativas facilmente reconhecidas, como limites municipais, micro e mesoregiões e bacias hidrográficas. A estratégia de Corredores de Biodiversidade incorpora o estabelecimento de áreas-núcleo (unidades de conservação de proteção integral), o manejo dos fragmentos significativos, o manejo das espécies de interesse para conservação, a recuperação de áreas degradadas, o estabelecimento ou manutenção de corredores biológicos e o manejo da matriz de paisagem (estímulo às atividades de menor impacto ambiental).

3.3 A abordagem dos corredores de biodiversidade

De acordo com os dados apresentados acima, está claro que ações minimalistas e focadas unicamente nas unidades de conservação não serão capazes de evitar que as espécies, comunidades e ecossistemas persistam no longo prazo. Há um consenso entre os conservacionistas de que os processos ecológicos e evolutivos somente serão mantidos caso as estratégias de planejamento voltadas para a conservação sejam ampliadas e incorporem um número maior de variáveis. De uma maneira geral, o estabelecimento de unidades de conservação ainda constitui a base de qualquer sistema de proteção desejado, mas o manejo delas necessita ser urgentemente aperfeiçoado. Assim, surge a necessidade de que seja promovido um planejamento na escala regional de forma a englobar tanto as áreas protegidas quanto o mosaico de paisagens e ecossistemas existentes no entorno das mesmas.

Dentro dessa perspectiva, a adoção do conceito dos corredores de biodiversidade apresenta um grande avanço no modelo de conservação adotado pelo Brasil e por vários países. O termo pode ser definido como sendo 'uma área geográfica específica estabelecida com a função básica de promover a manutenção dos processos ecológicos naturais e, ao mesmo tempo, compatibilizar a conservação da biodiversidade com o desenvolvimento socioeconômico regional'. Desta forma, um corredor de biodiversidade (Figura 8) passa a ser visto como uma unidade de planejamento regional que possui dois vieses: a consolidação de uma rede de áreas protegidas e o manejo regional de um mosaico de usos múltiplos da terra.

Um corredor de biodiversidade pode ser estabelecido tanto em um *hotspot* quanto em uma grande área selvagem. No caso dos *hotspots*, as diretrizes básicas do corredor passam a ser o manejo da paisagem de forma a restabelecer conexões entre fragmentos isolados e a adoção de melhores práticas de uso da terra no entorno das áreas nativas. Em uma grande área selvagem, as diretrizes básicas do corredor de biodiversidade são a manutenção das conexões existentes e a adoção de um modelo de ocupação que assegure o uso sustentável da paisagem.

Em ambos os casos, em um *hotspot* ou em uma grande área selvagem, é necessário que sejam estabelecidas determinadas áreas-núcleo que constituirão a base de uma rede regional de áreas protegidas, mantendo espécies e comunidades nativas protegidas. De forma complementar, novas áreas protegidas devem ser estabelecidas nas proximidades das áreas-núcleo e entre elas devem ser desenhados e implantados os corredores ecológicos. Esse esquema de manutenção de áreas-núcleo é baseado na abordagem teórica dos modelos de metapopulação, que considera que determinadas áreas na paisagem atuariam como 'fontes' de indivíduos, enquanto que outras áreas-satélite funcionariam como facilitadoras ou potencializadoras da dispersão de indivíduos pela matriz de paisagem (Gotelli, 1991, Hanski and Gyllenberg, 1993).

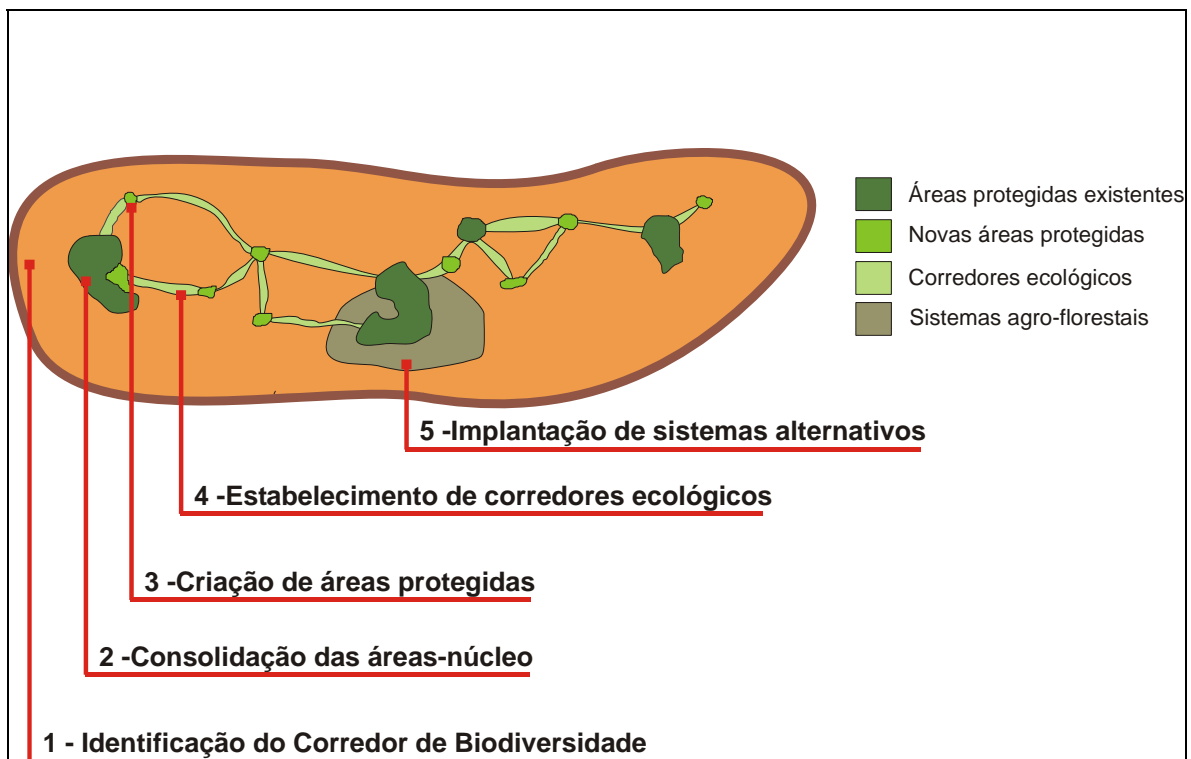


Figura 1. Desenho esquemático de um corredor de biodiversidade e suas etapas de implantação. Fonte: Conservation International.

Um corredor de biodiversidade deverá ser implantado e manejado de forma a cumprir os seguintes objetivos:

- Evitar a extinção local de espécies;
- Manter e assegurar as dinâmicas naturais de movimentação e dispersão das espécies;
- Aumentar o estado de proteção e grau de implantação das áreas protegidas;



- Promover o envolvimento das comunidades locais no processo de conservação da biodiversidade;
- Promover a integração das políticas públicas de conservação e desenvolvimento socioeconômico.

Uma vez que um corredor de biodiversidade representa uma unidade de planejamento voltada para a conservação em larga escala da biodiversidade, ele deveria ser estabelecido em regiões que possuem uma grande importância biológica e alta prioridade de conservação. Desta forma, uma das primeiras etapas de um processo de conservação da biodiversidade deve ser a identificação dos locais prioritários para a conservação nos *hotspots* e nas grandes áreas selvagens.

No caso dos *hotspots* brasileiros (o Cerrado e a Mata Atlântica), estão sendo planejados alguns corredores de biodiversidade mas dois deles encontram-se em fase de implantação: o Corredor de Biodiversidade Central da Mata Atlântica, no estado da Bahia, e o Corredor de Biodiversidade Cerrado-Pantanal, entre os estados de Goiás, Mato Grosso do Sul e Mato Grosso.

3.4 Corredores na prática – Corredor de Biodiversidade Cerrado Pantanal

No Workshop de Áreas Prioritárias para a Conservação do Cerrado e Pantanal (MMA – 1999) foram identificadas 87 áreas de interesse para estes dois biomas, sendo que para o Pantanal foram definidos vários corredores em eixos interligando áreas de cerrado e do pantanal. No eixo Leste/Oeste destes corredores, no chamado eixo médio as áreas prioritária do Parque Nacional das Emas, Taquari e Jauru estavam ligadas ao pantanal num corredor que seguia pelo rio Taquari. Este foi o ponto de partida para o estabelecimento e definição do Projeto Corredor de Biodiversidade Cerrado Pantanal. O desenho deste corredor abrange hoje cerca de 700 mil km², engloba além das áreas de cerrado já mencionadas o eixo do rio Negro até suas cabeceiras na serra de Maracajú. Esta área foi gradualmente sendo aumentada, englobando ao sul a região do Parque Nacional das Bodoquena e a leste pelos eixos dos rios Corrente e Verde. As ações desenvolvidas pelo Corredor de Biodiversidade Cerrado Pantanal estão orientados a resolver quatro problemas: perda de ambientes naturais, perda de biodiversidade, erosões e assoreamentos.

Com a aplicação de recursos obtidos junto à Fundação Moore e da USAID Global, as atividades de pesquisa, diagnóstico e fortalecimento institucional local foram iniciadas em 2001. As pesquisas realizadas, que foram desenvolvidas por instituições parceiras ou por alunos de mestrado e doutorado das universidades associadas ao CBCP (Universidade de Brasília, Universidade Federal de Goiás, Universidade Federal de São Carlos, Universidade de Campinas, Universidade de São Paulo) apontam para a existência de 400 espécies de aves, 60 de mamíferos, 90 répteis e mais de 600 espécies de plantas vasculares (Batalha e Martins,



2002). O mapeamento básico da região tem avançado bastante e permitido a capacitação de novos profissionais nas áreas de sistemas de informações geográficas e sensoriamento remoto.

Além dos levantamentos da biodiversidade foram realizadas análises socioeconômicas e das ameaças à biodiversidade existentes na região. Estas informações permitiram identificar os principais atores, características e pontos de estrangulamento, que determinaram as linhas de ação do projeto. Assim, além da implementação de áreas protegidas (unidades de conservação, Áreas de Preservação Permanente e Reserva Legal) o projeto tem trabalhado em outras frentes para garantir a conservação da Região. Entre as principais ações está o aumento da capacidade de planejamento, monitoramento e fiscalização do poder público, a valorização de melhores práticas nas áreas de produção agrícola, conscientização e o engajamento da população quanto a questões ambientais (disseminação de informações, capacitação de professores, etc.), aspectos que estão diretamente ligados aos mecanismos de manutenção do corredor por longo prazo.

3.5 Delimitação dos Corredores Biológicos

Se por um lado temos uma complexa situação socio-econômica gerando impactos e oportunidades para o processo de conservação, do outro temos as características biológicas e físicas da região, que aumentam a complexidade e direcionamentos para a conservação.

A avaliação sobre a existência ou não de corredores naturais (corredores biológicos) e sua importância é tema de discussões não só por parte de conservacionistas como também por pesquisadores e técnicos da área ambiental. Por se tratar de tema complexo, pode tanto ser supervalorizado como totalmente desprezado, dependendo do ponto de vista que se quer defender. Para os cientistas da conservação, no entanto, nas suas diferentes concepções, os corredores são passíveis de descrição e delimitação, desde que sejam assumidos os pressupostos necessários.

A delimitação de um corredor vem do entendimento da biodiversidade regional, da situação da cobertura e uso do solo, das ameaças e pressões existentes e das oportunidades de conservação existentes. Em relação a biodiversidade não apenas a sua distribuição é importante, mas suas características de sensibilidade e comportamento em relação a fragmentação e uso da matriz. Além disso deve ser avaliado se existem áreas em que a conectividade não é desejada. No caso de implantação de um corredor deve-se saber se as áreas de interesse estão ou estavam anteriormente conectadas, se existem barreiras naturais e se as razões de diminuição da conectividade ao longo da paisagem são naturais ou antrópicas. Em muitas situações, principalmente em corredores regionais, esta avaliação é de extrema importância para não criarmos corredores artificiais, ligando áreas



historicamente desconexas. Basicamente, é importante reconhecermos a distribuição espacial dos diferentes tipos de ambientes e mapearmos as principais barreiras existentes, naturais ou não. Estas informações serão necessárias para entendermos se a configuração espacial dos remanescentes permite ou não a existência de corredores, sendo este o ponto inicial de qualquer análise.

Uma vez determinada a possibilidade inicial de contato das populações ao longo da paisagem original, é necessário identificar onde, considerando o grau e a forma de fragmentação existentes, existem caminhos preferenciais ou facilitadores do contato entre populações, os aqui chamados corredores naturais. Obviamente, a existência ou não de corredores não é dependente apenas da configuração da matriz e dos remanescentes de hábitat natural existentes na paisagem. Diferentes configurações de corredores podem ser definidos conforme diferentes organismos focais ou conjuntos de espécies com características semelhantes são considerados. Assim, um potencial corredor para uma espécie de grande porte como uma onça poderá ser substancialmente diferente de um potencial corredor para uma pequena espécie de ave florestal. Deste modo o que identificamos como corredores variam de local, forma e extensão, não sendo possível identificarmos todos os corredores na mesma escala de definição ou com a mesma acuidade.

Como a diversidade biológica nas áreas tropicais é extremamente alta, a delimitação dos possíveis corredores biológicos existentes numa região é extremamente complexa. A escolha de organismos focais ou o estabelecimento de agrupamentos de espécies, seja em guildas, grupos funcionais ou de sensibilidade, é uma alternativa para facilitar a análise. Nesta abordagem, corredores servem como áreas de trânsito, favorecendo o fluxo gênico entre populações distintas.

Como apresentado acima, os critérios para a delimitação dos corredores dependem, além da configuração espacial dos remanescentes original e atual, de características ecológicas e comportamentais das espécies (ou grupos delas). Alguns parâmetros são importantes na definição dos corredores:

Sensibilidade à Matriz – A sensibilidade das espécies à matriz varia em intensidade e qualidade, conforme o tipo de matriz existente, sendo dependentes de características biológicas e comportamentais variadas. Deste modo espécies podem ser muito sensíveis a um tipo de matriz e pouco sensíveis a outro, sendo que esta sensibilidade pode variar sazonalmente, refletindo uma relação custo/benefício em utilizar ou não a matriz. Desta forma, espécies normalmente extremamente sensíveis a matriz, como os primatas, podem, em condições extremas, se aventurar pela matriz em busca de novas áreas. Obviamente, como se tratam de espécies pouco adaptadas a utilizar este ambiente, os sucessos neste caso são geralmente baixos. Esta característica determina o grau de necessidade de corredores para a circulação pela paisagem.



1. Insensível a matriz antrópica – independente de corredores
2. Seletivamente sensível a matriz – parcialmente dependente de corredores
3. Sensível a matriz antrópica – dependente de corredores

Capacidade e forma de Deslocamento – A capacidade de deslocamento varia enormemente entre as espécies e são decorrentes não apenas do tamanho e da morfologia mas de características comportamentais e filogenéticas. Espécies de grande vagilidade, como aves voadoras de grande porte, são capazes de percorrer dezenas, até centenas de quilômetros por dia. No outro extremo, a dispersão de pólen de certas plantas ocorre num raio de pouco metros, dependendo de vetores naturais ou não. Foram estabelecidas 4 classes de capacidade e forma de deslocamento:

1. Grande capacidade de deslocamento (dezenas de quilômetros) e independência na movimentação;
2. Média capacidade de deslocamento (quilômetros) e independência na movimentação;
3. pequena capacidade de deslocamento (centenas de metros) e independência na movimentação;
4. pequena ou média capacidade de deslocamento com dependência de vetor para a movimentação.

Necessidade de habitats especiais – Espécies dependentes de ambientes restritos na paisagem apresentam restrições adicionais para a utilização de corredores. Ambientes restritos geralmente estão associados a manchas de solo, afloramentos rochosos ou do lençol freático, pouco freqüentes na paisagem. Neste caso, além da sensibilidade à matriz, estas espécies podem apresentar sensibilidade a outras áreas naturais existentes. Como exemplo, para uma espécie especializada em ambientes de afloramento rochoso, o cerrado circundante entre estas áreas pode, mesmo sendo um ambiente natural, constituir-se numa barreira. Para algumas espécies de mata este exemplo também é válido.

1. Dependente de habitat especial – organismo encontrado apenas neste ambiente;
2. Parcialmente dependente de habitat especial – encontrado preferencialmente neste ambiente, ocorrendo em baixa densidade nos outros;
3. Independente de habitats especiais – sua ocorrência não é limitada pela presença de habitats especiais.

Densidade populacional (área de vida)– Como o objetivo dos corredores descritos aqui é a facilitação do fluxo gênico, os corredores têm que obedecer as escalas em que este processo está acontecendo. Assim, para espécies de grande área de vida, ou baixa densidade populacional, os corredores só vão existir se



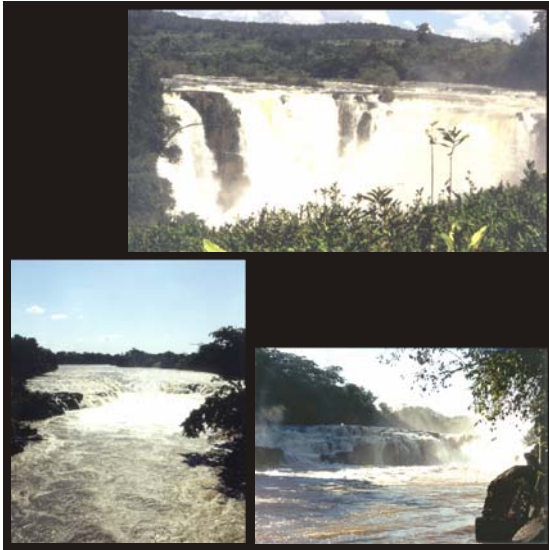
forem suficientemente grandes para facilitar esta troca gênica. Dividimos em quatro classes de densidade populacional:

1. Espécies 'não sociais' de baixa densidade populacional – são aquelas cujos indivíduos ocupam grandes áreas de vida (dezenas de quilômetros), com pouca sobreposição de territórios;
2. Espécies sociais de baixa densidade populacional – são aquelas que ocorrem em bandos ou pequenos agrupamentos, mas os bandos apresentam grande área (dezenas de quilômetros) de vida e pouca sobreposição de territórios;
3. Espécies com média densidade populacional – são aquelas que seus indivíduos ocupam médias áreas de vidas (dezenas de hectares)
4. Espécies com alta densidade populacional – são aquelas que seus indivíduos ocupam áreas de vida próximos ou inferiores a o hectare.

A combinação das características descritas acima possibilita um grande número de grupos funcionais com comportamentos diferenciados quanto à utilização de corredores. No entanto, como existe dependência entre estas variáveis, nem todas as combinações são válidas. Como forma de simplificar as análises foram estabelecidos 6 grupos funcionais, que representam os grupos funcionais aqui considerados:

1. **Espécies independentes de corredores** – são espécies capazes de se deslocar pela matriz, independente da utilização de remanescentes. Geralmente são espécies de grande capacidade de deslocamento (dezenas de quilômetros), com baixa sensibilidade à matriz, generalistas quanto ao hábitat e de densidades populacionais variadas. São exemplos destas espécies o caracará (*Polyborus plancus*), o cachorrinho-do-mato (*Cerdocyon thous*) e muitas outras espécies generalistas.
2. **Espécies parcialmente dependentes de corredores** – são espécies capazes de circular pela matriz desde que existam condições especiais.
 - a. **Limitados pela existência de habitats especiais** – são espécies que preferencialmente se deslocam através dos remanescentes, desde que estes sejam compostos por um tipo específico de ambiente ou apresente algum recurso limitante. Como exemplo, espécies restritas a ambientes fluviais, como as lontras, só serão capazes de se deslocarem ao longo dos cursos d'água, dificilmente cruzando áreas de divisores de bacias.
 - b. **Limitados pelo tamanho dos remanescentes** – trata-se espécies capazes de se dispersar pela paisagem desde que existam remanescentes com tamanho suficiente para a promover abrigo, alimentação ou proteção durante a circulação. Espécies como o cateto e predadores como a onça-parda se encaixam neste grupo de espécies.

- c. **Limitados pela distâncias dos remanescentes** - são espécies que preferencialmente se deslocam através dos remanescentes, mas são capazes de cruzar pequenas distâncias (de alguns quilômetros a centenas de metros) entre os remanescentes. Um grande número de vertebrados se encaixam nesta categoria. Espécies como o veado-mateiro, e inúmeras aves do cerrado podem se deslocar através da matriz para atingir os remanescentes, não necessitando de continuidade de habitat.
3. **Espécies totalmente dependentes de corredores**- São espécies capazes de cruzar apenas algumas dezenas de metros entre áreas naturais ou apresentam pouco sucesso quando são obrigados a cruzar grandes extensões da matriz. Podem ser divididas ainda em dois tipos:
- a. **Dependentes de habitats especiais** – espécies que somente se deslocam se existir continuidade de um tipo específico de ambiente ou recurso. Podemos citar como pertencente a este grupo os primatas e formicariídeos de matas. São capazes de se deslocar mesmo em corredores estreitos (dezenas de metros de largura).
- b. **Dependentes de grandes áreas** – espécies que só se deslocam se existir continuidade de grandes áreas de ambiente natural. Um exemplo é a onça-pintada, espécie com grande área de vida, com alta sensibilidade à matriz, capaz de se deslocar entre áreas desde que existam corredores largos o suficiente para reduzir as interferências externas (centenas de metros de largura). Obviamente, a existência de um corredor para uma espécie de alta sensibilidade, como uma onça-pintada ou um cachorro-domato-vinagre acaba por favorecer a circulação de espécies com menores exigências.



4

Análise dos Estudos de Viabilidade e Ambientais

4.1 Região do Alto Araguaia

Os estudos de inventário do Alto Araguaia datam de 1972, com várias alternativas tendo sido estudadas até o nível de projeto básico de engenharia em 1977, 1982, 1989, 1998, 2000 e 2001.

Os primeiros estudos ambientais datam de 1989, iniciados pelo CNEC e concluídos em 1998 pela PROGEA. Os estudos iniciais, segundo as informações disponíveis, não chegaram a ser publicados por não terem sido concluídos na ocasião.

Na evolução dos estudos, os aspectos mais significativos, do ponto de vista ambiental, referem-se ao rebaixamento da queda e a conseqüente redução da área a ser inundada. No estágio anterior, o reservatório estava previsto para ser implantado na cota 647,00, para uma potência instalada de 220 MW; hoje, foi consagrada a cota 620,00, com potência nominal de 150 MW, aproximadamente.

Em termos de área inundada, a alternativa inicial abrangeria 46,6 km²; a atual inunda apenas 7,25 km².

Consta que em 1999 ainda estava em discussão a cota 647,00 m, tendo sido solicitado pelos órgãos ambientais (IBAMA e FEMA/MT), logo após a realização de duas audiências públicas, no mesmo ano, entre outros detalhamentos e complementações, um estudo de rebaixamento da queda do nível 647,00 m para 627,00 m, visando, supunha-se, preservar as usinas existentes (Filinto Müller e Carlos Hugueneu) a montante do eixo e duas pontes nos contribuintes: rio

Babilônia e ribeirão Claro. Os novos estudos de revisão das cotas das estruturas revelaram a restrição da cota 620,00 para sua preservação.

Não se obteve acesso aos estudos de inventário; portanto, a análise está baseada principalmente nos resultados dos últimos estudos de viabilidade, de 2001 (CNEC).

4.1.1 AHE COUTO DE MAGALHÃES

Localização e Dados Gerais do Empreendimento

O empreendimento do AHE Couto de Magalhães está localizado 20 km a jusante das cidades de Alto Araguaia (MT) e Santa Rita do Araguaia (GO).

A cidade de Alto Araguaia foi escolhida para apoiar a logística das obras. Esta cidade localiza-se em ponto quase equidistante entre Goiânia e Cuiabá, distando 500 e 400 km, respectivamente, de cada uma delas.



O melhor acesso ao sítio das obras, a partir de Alto Araguaia, inicia-se na saída para Cuiabá, a partir do km 7,5 da BR-364, percorrendo-se um trecho de 15 km

pela MT-100 e daí até o local da barragem por cerca 10 km de estradas rurais, precárias em alguns períodos do ano.

Os principais dados do empreendimento podem ser vistos nas fichas técnicas, no Apêndice deste relatório.

Aspectos Geológico-Geotécnicos

As obras que compõem o aproveitamento estarão situadas na borda norte da Bacia Sedimentar do Paraná, em domínio das rochas sedimentares dos Grupos Tubarão, Passa Dois e São Bento, intercaladas por “sills” de diabásio da Formação Serra Geral e com terraços e aluviões recentes nas baixadas marginais. Resumem-se, a seguir, as principais características geológicas desses maciços, com foco nas obras do aproveitamento.



Paredões em arenito Aquidauana com cerca de 70 m de altura, com talude negativo;

Grupo Tubarão – representado pela Formação Aquidauana. Constituído por um pacote arenoso, com espessura superior a 60 m. Está representada por arenitos finos a médios, vermelhos muito pouco a pouco coerentes, com estratificação cruzada sigmoidal e plano-paralela. No topo da seqüência, ocorre um corpo com espessura métrica de arenito conglomerático. Apesar de não aflorar na área a ser inundada, esta unidade dará suporte às escavações subterrâneas do empreendimento (túnel de acesso à Casa de Força, túnel de fuga e Casa de Força). Além disso, ele aparecerá exposto pelas escavações do desemboque do túnel de fuga, onde hoje ocorre na forma de paredões verticais com até 60 m de altura.



Afloramento de calcáreo da formação Irati, pouco acima da região do barramento na margem esquerda do rio Araguaia, com intercalações de siltitos

Grupo Passa Dois – representada pelas Formações Irati e Estrada Nova. A Formação Irati apresenta cerca de 50 m de espessura, nos quais é possível



identificar três associações fisiográficas – a inferior, assentada em discordância sobre o Aquidauana, caracterizada por ciclos decimétricos de arenito muito fino e calcário brechado; a intermediária, que atinge cerca de 12 m de espessura, sendo constituída por lentes de arenito muito fino, interdigitadas com siltito cinza parcialmente maciço e laminado; e a superior, com cerca de 30 m de um folhelho preto com laminação horizontal e lentes decimétricas de calcário, argilito cinza e sílex. A formação Estrada Nova não interfere com as obras.

Grupo São Bento – representado pelas Formações Botucatu e Serra Geral. A primeira não apresenta influência direta com as obras. A Formação Serra Geral aparece através de intrusões do Diabásio Serra Geral, representadas por três “sills”, denominados inferior, intermediário e superior. Os dois primeiros ocorrem próximo do barramento e o terceiro no remanso do reservatório. O “sill” inferior, com cerca de 90 m de espessura, está intrudido na porção inferior da Formação Irati e terá maior importância para o empreendimento, uma vez que será atravessado pelas escavações de poços e galerias que constituirão as estruturas anexas e de acesso à Casa de Força.

O flanco norte da Bacia Sedimentar do Paraná é caracterizado por baixa densidade de estruturas tectônicas. As camadas sedimentares apresentam suave mergulho regional, da ordem de 2 a 3° para sudoeste. Das falhas e alinhamentos identificados a partir de fotointerpretação e dos levantamentos de campo constantes dos estudos de viabilidade, cabe aqui ressaltar três falhas identificadas à margem da estrada vicinal que liga a Santa Rita do Araguaia à cachoeira Couto Magalhães, todas de expressão local. Em relação às fraturas, verificou-se que as rochas são pouco fraturadas e suas principais direções concordam com as lineações NW e EW dos alinhamentos. A presença dos corpos básicos intrusivos de diabásio constitui um dos eventos mais importantes na área de estudo.

Não obstante a região encontrar-se em área de tectônica simples, ressalta-se a necessidade de um levantamento mais cuidadoso e apurado, tendo em vista a importância das escavações subterrâneas que serão empreendidas.

Depósitos aluvionares recentes ocorrem basicamente apenas no trecho de montante do aproveitamento, predominando, no local do eixo, em sua margem direita. São constituídos por areias finas e fofas com níveis argilosos moles, com espessura da ordem de 4 m.

Capeando os diferentes tipos litológicos praticamente por toda a área em estudo, ocorre espesso pacote de natureza coluvionar, constituído por uma argila siltosa com pouca areia fina, homogênea, porosa, vermelha, com espessura máxima de 9



m, oriunda da alteração do “sill” de diabásio. É indicado como principal fonte de empréstimo de solo

Depósitos de talus ocorrem no trecho jusante do barramento, no sopé das escarpas do “sill” inferior de diabásio. São constituídos por blocos de diabásio com dimensões métricas, dispersos em matriz argilo arenosa, muito mole a mole, marrom avermelhada, com espessuras variáveis, tendo sido observada espessura de até 30 m. Esses depósitos interferirão diretamente com as obras de escavação dos emboques do túnel de acesso à Casa de Força e túnel da janela de serviço.

Suficiência das Investigações

O aproveitamento hidrelétrico Couto Magalhães vem sendo estudado mais aprofundadamente desde 1977. Dessa forma, em função dos diferentes arranjos contemplados, inúmeras campanhas constituídas por mapeamentos geológicos regional e locais, sondagens, ensaios de campo e laboratório têm sido executadas.

Segundo o Apêndice 2 do relatório, os totais de sondagens executadas até 1979 foram os seguintes:

- 2.588 m de sondagens rotativas, dos quais 125m com amostragem integral;
- 1.235 m de sondagens a percussão;
- 270 m de poços de inspeção;
- 236 m de sondagens a trado;
- 50 bases sísmicas;
- 46 sondagens elétricas.

Ressalte-se que estes estudos foram feitos para uma alternativa de eixo 300 m a montante do atual.

Os serviços de campo desenvolvidos para o projeto básico de 1989 abordaram apenas aspectos ambientais. Ressalta-se que o arranjo em túnel, do projeto básico, guarda alguma diferença para o arranjo ora analisado.

Em que pese o grande número de investigações de campo executadas nessas diversas campanhas, salienta-se a necessidade de um maior detalhamento da geologia local, com foco para o arranjo agora considerado e para o tipo de obra a ser implantada. De fato, praticamente inexistem investigações que efetivamente



atingam as profundidades nas quais serão implantadas todas as estruturas de adução, geração e restituição e suas obras anexas. Um levantamento estrutural mais acurado também poderia enriquecer o conhecimento acerca das diferentes litologias.

Materiais de Empréstimo

Pelas investigações realizadas até o momento, não parece haver problemas com solos de empréstimo. Além de abundantes, os ensaios mostraram a sua adequação para uso nos aterros, ressaltando-se apenas o aspecto de que a umidade natural dos solos é bastante elevada, comparativamente à umidade ótima, o que deverá ser considerado quando do detalhamento do projeto.

O mesmo, porém, não ocorre com os materiais naturais pétreos e areia, seja para o uso nas obras de terra (filtros, transições e proteções), seja para agregados. As jazidas situam-se bastante afastadas das obras, o que elevaria sobremaneira seu custo. Segundo os estudos, o diabásio apresenta características tecnológicas adequadas para uso como material de construção, porém questiona-se o aspecto de volume. As obras subterrâneas estarão implantadas no arenito Aquidauana, de modo que o diabásio somente será escavado à medida da necessidade de acessos, poços etc. Haverá, pois, necessidade de exploração de pedreira.

Detalhamento do Projeto

No que tange às obras a céu aberto, quais sejam, desvio, barragem e vertedouro, não se vislumbram graves problemas para sua implantação. Os aspectos a seguir listados deverão ser melhor avaliados no desenvolvimento normal dos estudos, com a elaboração de projetos básico e executivo:

– Barragem

- avaliação de remoção ou permanência dos solos residuais e colúvio na fundação da barragem;
- avaliação das condições de estabilidade local da barragem, no trecho da ombreira esquerda, onde será assentada sobre espessa camada de solo residual de folhelho. Embora com o rebaixamento da crista da barragem para a cota 623 m o problema da ocorrência do folhelho na fundação da barragem tenha sido quase eliminado, resta ainda um pequeno trecho, de cerca de 100 m de extensão e altura máxima de 8 m, sob o qual essa material permanecerá. Esse aspecto deverá ser melhor avaliado;



- condições de compactação do solo de empréstimo, tendo em conta a umidade ótima x umidade natural.

– **Desvio/Vertedouro**

- condições de estabilidade dos taludes de escavação do canal de desvio/ aproximação – necessidade de revestimento, tendo em conta as características locais dos materiais sedimentares;
- condições de fundação da estrutura do vertedouro, tendo em conta a ocorrência de um maior grau de fraturamento no topo da camada de diabásio.

Com relação às obras subterrâneas, face à falta de investigações mais específicas, listam-se a seguir algumas preocupações básicas que deverão ser objeto de um maior detalhamento nas fases subseqüentes de estudo:

- classificação geomecânica do maciço;
- avaliação de características de condutividade hidráulica dos maciços;
- definição de tipos e quantidades de suportes e revestimentos provisórios e definitivos, frente às características geomecânicas das diferentes litologias e uso das escavações, como obras definitivas;
- avaliação de sistemas de drenagem das obras;
- planejamento construtivo das diversas obras subterrâneas. Em particular, caberá uma análise de métodos executivos para escavação das diversas aberturas, janelas, túneis. Em particular, ressalta-se a escavação dos dois poços de adução, tendo em conta sua geometria (diâmetro e forte inclinação);
- mapeamento e investigações dos corpos de talus a serem atravessados pelas escavações dos emboques dos túneis.

Embora essas sejam recomendações genéricas, quer-se aqui enfatizar a importância e porte das obras a serem implementadas, frente às características geomecânicas das diversas litologias a serem escavadas. Esses dois aspectos simultâneos reforçam a necessidade de uma avaliação mais acurada das reais condições de implantação do empreendimento, seja no aspecto de viabilidade técnica, seja quanto a métodos executivos, prazos e custos.



Aspectos Hidrológicos

A análise dos estudos hidrometeorológicos apresentados no Capítulo 3 do relatório “AHE Couto de Magalhães – Estudos de Viabilidade – Relatório Final” e no documento “Aproveitamento Hidrelétrico Couto de Magalhães – Estudos de Viabilidade – Apêndice 1 – Hidrologia” permitiram identificar um procedimento comum. O procedimento adotado nos relatórios é de mencionar de forma sucinta os dados e metodologias utilizadas, sem apresentá-los, e em seguida os resultados obtidos. Assim, não há nenhum tipo de demonstração da adequação das metodologias utilizadas ou a comprovação da escolha de um procedimento. Portanto, contrariando os padrões usuais na apresentação dos estudos, não há elementos suficientes para a adequada análise dos relatórios.

De qualquer forma, as análises desenvolvidas resultaram nos seguintes comentários:

- **Pluviometria e Séries de Chuvas Mensais** – Não foram apresentados os estudos de precipitações, incluindo análises de consistência, complementação de falhas, determinação da chuva média na bacia, dentre outros. É mencionada a utilização do método do Vetor Regional, mas não são apresentados os vetores, correções, preenchimentos, entre outros elementos. Limita-se a apresentar a série no Quadro 5.2 do Apêndice 1;
- **Regime Fluvial** - Não foram apresentados os estudos de consistência dos dados fluviométricos. O estudo de consistência deve ser composto, pelo menos, dos seguintes elementos:
 - Análise das curvas-chave dos postos fluviométricos;
 - Análise dos cotogramas ou limnigramas dos postos fluviométricos;
 - Determinação das séries de vazões médias diárias, utilizando a curva-chave existente (se consistente) ou a nova curva-chave estabelecida;
 - Determinação da série de vazões médias mensais;
 - Correlação das séries de vazões médias mensais dos postos fluviométricos.

No caso da extensão da série de vazões médias mensais do rio Araguaia na UHE Couto de Magalhães, para o período de novembro de 1991 a dezembro de 1997, não são apresentadas a correlação com o posto Alto Araguaia, parâmetros de avaliação como o coeficiente de determinação, procedimentos



para obtenção da relação, ou qualquer outro elemento que permita avaliar a adequação da metodologia.

– **Curva de Descarga no Local da Usina e do Canal de Fuga da Usina**

- Não são apresentadas as medições de descarga líquida;
- Não é apresentado um gráfico que permita avaliar a adequação da curva ajustada às medições de descarga;
- Não são apresentados parâmetros estatísticos para avaliação da adequação da curva ajustada às medições de descarga;
- É interessante perceber que o item 3.3.3. do relatório menciona, quanto à curva de descarga do canal de fuga da usina:

“Essa curva está referida ao rio Araguaia junto à foz do córrego Rico, local da descarga do túnel de fuga da usina, não se prestando, portanto, aos estudos energético-econômicos. Para esses estudos foi utilizada a ‘Superfície Chave’ definida para a câmara de restituição, no início do túnel de fuga, a qual é mostrada na Figura 3.3.3/1”.

No entanto, no item 6.1.3 do mesmo relatório, referente aos estudos energéticos, lê-se:

“No mesmo item 3.3 são mostradas as curvas utilizadas no presente estudo, devendo-se destacar que devido à interferência do reservatório da usina de Barra do Peixe, e das vazões vertidas na própria usina de Couto de Magalhães, sobre o nível do túnel de fuga desta última usina, o seu nível de jusante seria melhor representado por uma superfície chave. Por motivos práticos, para representar a variação do nível de jusante, foi utilizada a curva correspondente às cotas 465 a 468 m em Barra do Peixe, conforme superfície chave da câmara de restituição, DESENHO CMG-B-10-04101, adotada nos estudos do Projeto Básico de 1989 e apresentada no item 3.3.3”.

Desta forma, menciona-se que será utilizada a superfície chave nos estudos energéticos e, nestes, “por motivos práticos”, não se utiliza.

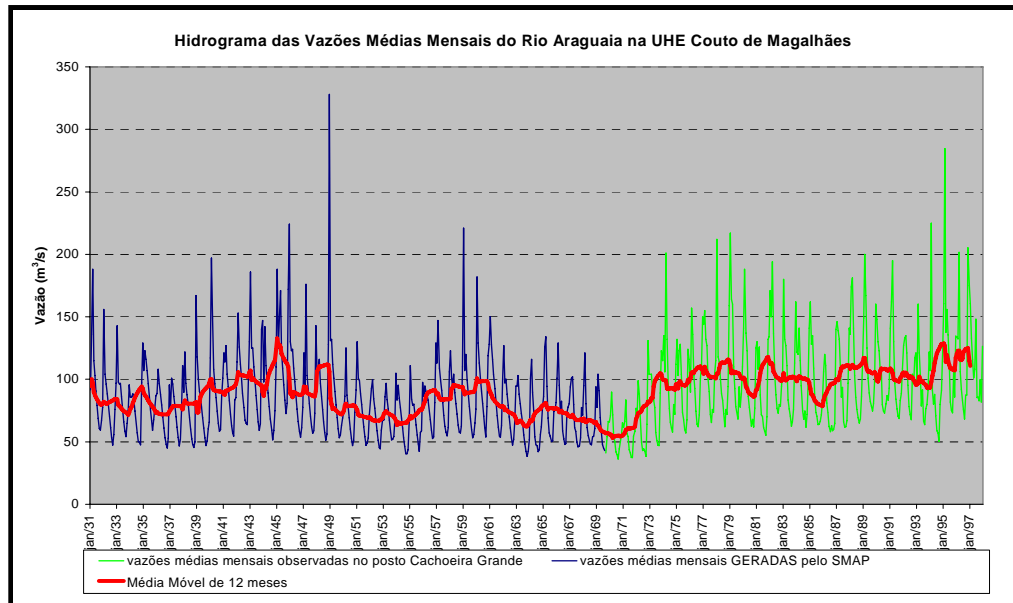
– **Série de vazões médias mensais**

- Foi utilizado o modelo chuva-vazão SMAP, mencionando-se que a calibração foi feita para o período de setembro de 1969 a agosto de 1980.



No entanto, não é apresentado nenhum elemento que permita avaliar a calibração. Assim, não são apresentados os elementos básicos para a verificação da calibração do modelo chuva-vazão, como é usual:

- Comparação de parâmetros estatísticos, incluindo não só a média, como desvio-padrão, máximos, mínimos, entre outros;
 - Correlação entre as vazões médias mensais observadas e calculadas;
 - Hidrogramas das vazões médias mensais observadas e calculadas;
- Não foram feitas as análises de validação do modelo chuva-vazão, procedimento usual dentro desta metodologia;
- Uma vez que o único elemento apresentado foi a série de vazões médias mensais do rio Araguaia na UHE Couto de Magalhães, procedeu-se uma análise da homogeneidade. A figura a seguir apresenta os hidrogramas das vazões médias mensais do rio Araguaia na UHE Couto de Magalhães, distinguindo-se os períodos de observações, para o qual foi feita a calibração do modelo, e de geração de vazões. Verifica-se que as vazões no período de observações apresentam uma média evidentemente superior àquela do período complementar. A vazão média no período de setembro de 1969 a dezembro de 1997 é de 97,9 m³/s, enquanto no período complementar é 83,5 m³/s, ou seja, 14,4 m³/s inferior. Verifica-se, pela média móvel de 12 meses, que após o início do período de calibração (setembro de 1969) existe um salto (“shift”) na média da série. Além disso, identifica-se um outro salto (“shift”) a partir de 1994, sem justificativa. Portanto, existem fortes indícios de heterogeneidade na série de vazões médias mensais, com coincidências em relação à utilização do modelo chuva-vazão. Desta forma, no mínimo, deveria-se investigar a causa desta heterogeneidade e, em caso de constatar-se que não se trata de processo natural, proceder a correção da série de vazões. É importante lembrar que processos naturais são gradativos e geram, usualmente, tendências (“trends”) e não saltos.



– Cheia de Projeto do Vertedouro

– Frequência de Vazões Diárias Máximas Anuais

- Não foram apresentados os elementos básicos para a verificação das análises de frequência de vazões máximas, como os coeficientes de assimetria e curtose, a escolha da posição de plotagem, os ajustes das distribuições probabilísticas às séries de vazões máximas e a escolha dos métodos de estimativas dos parâmetros, a escolha da distribuição, dentre outros. Simplesmente, menciona-se que foi utilizada a distribuição log-normal e apresentam-se os resultados;
- Não são apresentados os estudos que resultaram na relação de 1,69 entre a vazão máxima instantânea e a vazão máxima média diária. Este valor é muito superior àquele que se obteria utilizando a fórmula de Füller (1,11), prática comum no Brasil e recomendada no documento “Instruções para Estudos de Viabilidade” da Eletrobrás, DNAEE, 1997;
- A assimetria da série de vazões máximas médias diárias (Apêndice 1, Quadro 5.08) é 0,29. Neste caso, assimetria inferior a 1,0, o documento “Guia para o Cálculo de Cheias de Projetos de Vertedores”, publicado pela ELETROBRÁS, recomenda a utilização da distribuição probabilística Gumbel. Não há dúvida que outras distribuições



probabilísticas podem e devem ser analisadas, porém a escolha de uma delas deve ser acompanhada de justificativa técnica;

- Não foram apresentados os elementos básicos para a verificação dos estudos de cheia máxima possível. Não são apresentados os dados coletados, as análises estatísticas desenvolvidas, a calibração do modelo HSPB, dentre outros.
- **Freqüência Sazonal de Vazões**
 - Não foram apresentados os elementos básicos para a verificação das análises estatísticas e de regularização realizadas. Apresentam-se, exclusivamente, os resultados.
- **Estudos de Remanso no Reservatório**
 - Não foram apresentados os estudos. Não são apresentadas, como é usual, as seções topobatimétricas, processos de calibração do modelo, coeficiente de Manning obtidos, linhas d'água para diversas vazões, entre outros. Simplesmente, afirma-se que *“os estudos efetuados revelaram que o reservatório do Aproveitamento Couto de Magalhães não apresenta efeito ao longo de todo estirão pelo rio Araguaia”*, sem haver qualquer comprovação.
- **Borda Livre**
 - Não foram apresentados os estudos. São adotados parâmetros (velocidade, direção, duração do vento) e critérios de forma arbitrária, sem nenhuma referência técnica ou de análise de dados. Poderiam ter sido instalados anemômetros durante o longo período de desenvolvimento dos estudos e/ou terem sido feitas coletas de dados em aeroportos da região para obter algum balizamento.
- **Enchimento do Reservatório**
 - O estudo de enchimento apresentado é simplista. O estudo de enchimento deve ser desenvolvido através de análise estatística de séries temporais, utilizando cenários médios, desfavoráveis (abaixo da média) e favoráveis (acima da média). Os tempos de enchimento são obtidos de forma probabilística ou estocástica.
- **Estudo de Assoreamento e Vida Útil**



- Não são apresentados os dados e as medições de descarga sólida;
- Sem nenhuma comprovação, afirma-se em relação aos dados do posto Cachoeira Grande de 1977 a 1988: “Uma análise mais acurada dos dados provenientes das medições efetuadas no posto de Cachoeira Grande revelou a existência de várias medições altamente discrepantes, o que levou à não utilização desses dados nos estudos de assoreamento e vida útil do reservatório da UHE Couto de Magalhães”.

Posteriormente, afirma-se:

“Recentemente, foram inseridas as medições de descarga sólida do posto de Cachoeira Grande, até 1994. As análises efetuadas, considerando essas novas inclusões, levaram a valores sensivelmente discrepantes em relação à série antiga, o que induziu à adoção do valor apresentado acima”.

Com base nestas afirmativas, sem nenhuma comprovação, os estudos descartam 19 anos de dados de descarga sólida do posto Cachoeira Grande, localizado muito próximo ao eixo do aproveitamento, passando a utilizar somente os dados do ano de 1988 do posto sedimentométrico de Fazenda Vale do rio Araguaia;

- Não são mencionadas quaisquer metodologias para quantificação do transporte de fundo ou as medições de amostragem do material do leito;
- Não foram apresentadas as curvas-chave de sedimento ou a relação da vazão sólida e da vazão líquida juntamente com os dados de medições, o que permitiria verificar o ajuste;
- Após 19 anos de medições de descarga sólida, os relatórios afirmam que “a transformação do transporte sólido total médio anual para volume sólido total médio do período de 1963 a 1987 requereu a adoção de hipóteses simplificadoras, devido ao desconhecimento da composição granulométrica do material carregado”. No Apêndice 1, preparado para o NA máximo normal na cota 647,00 m (reservatório com grande capacidade), foi adotado um peso específico de 1,01 t/m³, afirmando-se:

“Dentre esses valores foi adotado o de 1,01 t/m³, pois é o mais crítico em termos de perda de volume do reservatório ao longo do tempo”.

No relatório de viabilidade, quando o NA máximo normal passou para a cota 620,00 m (reservatório com menor capacidade), de forma arbitrária, adota-



se um peso específico de 1,5 t/m³, 50 % superior ao anterior, simplesmente através da seguinte frase:

“Adotando-se um peso específico de 1,5 t/m³ resulta (...)”.

O aumento do peso específico em 50% é evidentemente conveniente, já que resulta em uma vida útil de 60 anos, ligeiramente superior ao mínimo de 50 anos. Caso tivesse sido adotado o valor original de 1,01 t/m³, a vida útil resultaria em 40 anos!

- É evidente a insegurança técnica em relação aos estudos de assoreamento e a vida útil do aproveitamento, a ponto de afirmar: *“recomenda-se, como subsídio para estudos futuros de Couto de Magalhães, a instalação de seção de medição de vazão líquida e sólida para melhor avaliar a vida útil do reservatório, bem como para formular medidas mitigadoras”*;

Enfim, os estudos são inadequados e não permitem qualquer conclusão.

Estudos Energéticos

A análise dos estudos energéticos apresentados no Capítulo 6 do documento “AHE Couto de Magalhães – Estudos de Viabilidade – Relatório Final”, Março de 2001, resultaram nos seguintes comentários:

- Custos de Operação e Manutenção - Parece inadequado a utilização de custos genéricos definidos para a fase de Inventário em estudos de viabilidade. Os custos deveriam ser avaliados para as características específicas do aproveitamento;
- Séries de Vazões - Conforme apresentado no item anterior, existem dúvidas quanto a homogeneidade da séries de vazões médias mensais do rio Araguaia na UHE Couto de Magalhães, o que inclui o período crítico do sistema interligado, cujas vazões foram geradas a partir do modelo chuva-vazão;
- Superfície chave - Conforme comentado no item anterior, menciona-se no item 3.3.3 que será utilizada a superfície chave nos estudos energéticos e, nestes, “por motivos práticos”, não se utiliza. Arbitrariamente, sem nenhuma justificativa, escolhe-se a curva correspondente às cotas 465 e 468 em Barra do Peixe;
- Rendimento do Conjunto Turbina-Gerador - Os rendimentos adotados correspondem aos rendimentos máximos obtidos nos pontos ótimos das máquinas, ou seja, o melhor ponto de funcionamento da turbina e gerador. No



entanto, o valor requerido para os estudos energéticos é o rendimento médio ou a utilização de uma curva de produtividade. A adoção dos mencionados valores resulta na sobreavaliação da produção energética;

- Determinação do Nível Máximo Operativo do Reservatório - O relatório não apresenta nenhuma análise. Simplesmente afirma que “avaliações elaboradas indicaram que as perdas de geração decorrentes do rebaixamento do NA máximo normal do reservatório são superiores à redução dos custos associados, o que não justifica cotas inferiores a 620 m”. A definição de um dos principais parâmetros hidráulicos do aproveitamento é feita em 2 parágrafos;
- Dimensionamento do Volume Útil do Reservatório - O relatório não apresenta os estudos ou análises. Apresenta apenas uma tabela com 3 linhas, indicando variações da energia firme do aproveitamento. Este procedimento contraria a recomendação do documento “Instruções para Estudos de Viabilidade” da Eletrobrás, DNAEE, 1997 e a metodologia mencionada no item 6.2. As análises deveriam ser feitas considerando os ganhos ou perdas de energia firme para o sistema elétrico interligado nacional e não para o aproveitamento. Além disso, não foi apresentado qualquer estudo econômico;
- Estudo de Motorização - Menciona-se no relatório as taxas médias de manutenção programada, saída forçada e reservas necessárias. No entanto, não são apresentados os procedimentos para sua obtenção e os valores utilizados para as mencionadas taxas. Por outro lado, apresentam-se algumas afirmações sobre consumo de energia, concluindo que “*esta política de expansão tende a ocasionar insuficiência de capacidade de geração nas horas de ponta*”. É interessante observar que os estudos de viabilidade das UHEs Salto e Salto do Rio Verdinho, elaborados pelo Consórcio CELG e THEMAG, afirmam exatamente o contrário: “*Como regra geral, no caso brasileiro o aproveitamento econômico da energia firme associada a usinas hidrelétricas já proporciona potência suficiente para garantir o adequado atendimento aos requisitos de ponta, disto decorrendo que o custo de referência de tal parâmetro (benefícios de ponta garantida) seja muito próximo de zero*”. Esta controvérsia é natural, uma vez que nenhum dos estudos indica ou apresenta qualquer estudo que comprove as arbitrarias afirmações;
- Estudo de Motorização - O estudo de potência ótima com base no critério recomendado pelo Manual de Viabilidade não é apresentado. Simplesmente, menciona-se os resultados no 6o parágrafo da página 116 do documento de referência. No parágrafo seguinte, utilizando-se critérios arbitrários e nenhum resultado de simulação do sistema interligado nacional, um estudo



normalmente valorizado em relatórios técnicos, define-se a potência do aproveitamento em 150 MW. Afirma-se ainda que o valor de 40,90 R\$/kW.ano é adequado para valorização da potência garantida, embora seja mais que 50% superior aos valores praticados nos contratos iniciais. O mencionado Quadro 6.6/1 apresenta, novamente, os benefícios em termos de energia firme local ou no aproveitamento, sem apresentar os valores de ganhos de energia firme no sistema interligado nacional, como recomendado no documento “Instruções para Estudos de Viabilidade” da Eletrobrás-DNAEE de 1997;

- Dimensionamento das Quedas de Referência e de Projeto - Os mencionados parâmetros, fundamentais para a definição das máquinas do aproveitamento, são apresentados em 1 parágrafo. A queda de referência é indicada como 145,0 m, sem apresentação das curvas de permanência de quedas, obtidas a partir da série de quedas do aproveitamento na simulação do sistema elétrico interligado nacional. Além disso, quanto à queda de projeto, verifica-se no Quadro 6.7/1 que o valor deveria ser 148,5 m, e não 148,0 m como afirma o texto;
- Determinação do Número de Unidades Instaladas - Não são apresentados os estudos. O texto simplesmente afirma, sem nenhuma planilha de custo ou avaliação de valores, que foram mantidas as 4 unidades porque outras alternativas seriam mais onerosas;
- Modelo do SIN - Não é apresentado um único resultado que comprove a modelagem do sistema elétrico interligado nacional e sua simulação.

Aspectos Hidráulicos e de Arranjo de Projeto

O inventário deste trecho do rio Araguaia abrangeu uma extensão de 530 km, da nascente até a cidade de Araguaiana, tendo sido iniciado em outubro/1972, através de um contrato firmado entre a ELETROBRÁS e a CNEC, que foi transferido para ELETRONORTE, como agente executor, em 1973.

A divisão de queda final consistiu de 4 aproveitamentos, incluindo a UHE Couto de Magalhães, tendo-se chegado a uma potência instalada total de 920 MW, sendo 147 MW para Couto de Magalhães com queda de 170 m (reservatório na cota 640 m e restituição na cota 470 m).

Na fase de viabilidade, foram estudados basicamente 2 eixos, sendo a Alternativa 1 situada a 1 km a montante da cachoeira e a Alternativa 2 a 700 m a jusante daquela alternativa, que foi finalmente a escolhida.

Na fase do projeto básico, foram desenvolvidos 3 estudos distintos, quais sejam:



- Projeto Básico de 1977 - Para atender somente ao mercado consumidor da região norte do Estado de Goiás, até meados de 1980, com potência instalada de 120 MW, N.A.Max.Normal na cota 628 m e área de reservatório igual a 16 km².
- Projeto Básico de 1979 - Neste estudo, a usina foi projetada para atender somente o mesmo mercado do estudo anterior até 1990, operando isoladamente também, com potência instalada de 220 MW, prevendo sua interligação futura ao sistema de Furnas. A área do reservatório é de 44,2 km² para o N.A.Max.Normal na cota 645 m.
- Projeto Básico de 1989 - A partir de novas observações hidrometeorológicas, procedeu-se ao reestudo das séries de vazões médias mensais, considerando uma série mais ampla de vazões (24 anos), bem como ao estudo da Cheia Máxima Provável (CMP). Manteve-se a potência instalada do projeto de 1979 e o vertedouro tipo tulipa foi substituído por um de superfície. Nota-se que foi um aperfeiçoamento do projeto anterior.

Entretanto, no ano 2000 foi reavaliada, pela CNEC, a divisão de queda entre a foz do córrego Rico, na cota 470 m, e as cidades do Alto Araguaia/MT e Santa Rita do Araguaia/GO, na cota 647 m, com extensão de 34 km.

Foram comparadas duas alternativas, consistindo a primeira em um único aproveitamento, denominado Couto de Magalhães Alto, na cota 647 m e potência instalada de 220 MW (igual aos projetos básicos de 1979 e 1989).

A segunda alternativa consistiu das UHE's Couto de Magalhães Baixo, na cota 620 m e 188 MW de potência instalada, Santa Rita, na cota 647 m e 16 MW de potência instalada, e Boa Vista, no rio Babilônia, na cota 647 m e 8 MW de potência instalada.

Como já mencionado, a segunda alternativa foi escolhida por não interferir com as UHE's Carlos Huguene e Filinto Müller, existentes no Alto Araguaia, e pelos presumíveis menores impactos ambientais.

O re-estudo da divisão de queda foi motivado pelas exigências impostas pelo IBAMA e FEMA/MT, originadas da análise do EIA/RIMA elaborado pela empresa PROGEA em 1998/99. A exigência principal era a não inundações das antes referidas usinas.

Nota-se que não há nenhuma menção a custos ou índices custo-benefício, melhores ou piores, e sua ponderação com índices ambientais, situação considerada anormal para este tipo de estudo.



Consequentemente, tudo indica que somente razões ambientais obrigaram o rebaixamento do nível de água do reservatório, desotimizando eventualmente o aproveitamento do potencial energético disponível sem que se tivesse realizado uma análise conjunta e ponderada de ambos aspectos.

Nota-se que, nessa reavaliação, menciona-se que o local da barragem está localizado a 350 m a montante da cachoeira (ver página 21), igual aos estudos anteriores, o que não é correto, já que o eixo anterior estava a 1 km a montante da cachoeira (ver página 18 do relatório em referência).

Estudos Econômico-Energéticos

O relatório define a queda de referência como sendo aquela onde o distribuidor da turbina está completamente aberto, fornecendo a potência máxima do gerador, com queda líquida de 95% de permanência.

Esta definição está errada, pois a potência máxima do gerador corresponde à queda líquida máxima e não aquela de 95% de permanência.

A queda de projeto deve ser a queda ponderada obtida da simulação da série de longo período e não da série do passado crítico.

A data-base dos custos foi julho/1999, utilizando uma taxa de desconto de 12% a.a. e admitindo uma vida útil dos aproveitamentos de 50 anos (1U\$ = R\$ 1,80).

Pelas características da usina, alta queda e zero depleção, não há justificativa para incrementar a potência instalada de 140 para 150 MW, por motivo de atendimento à demanda de ponta, em especial quando o custo marginal dessa é zero.

Considerações sobre o Arranjo Geral e Dimensionamento

- **Tomada de Água** - Seria conveniente deslocar as tomadas d'água previstas pelo menos 25 m na direção da margem esquerda, para minimizar a interferência entre o seu funcionamento e o do vertedouro (vórtices, contrações etc., ver desenho nº DE-003). Outrossim, pareceria mais prático e econômico incorporar a tomada d'água à barragem, ao lado do vertedouro, de forma a simplificar as formas de concreto, ter uma frente única de trabalho e unificar e economizar nos equipamentos de içamento. Nota-se que há um pórtico fixo em cada tomada e nenhum, fixo ou móvel, no vertedouro.
- **Túneis de Adução** - Os dois túneis adutores de $D = 4,00$ m cada, $V = 4,8$ m/s e vazão unitária de 60 m³/s, poderiam ser substituídos por um único túnel de D



= 5,65 m, $V = 4,8$ m/s e vazão de 120 m³/s, redundando em economia para o projeto. As bifurcações poderiam ser reduzidas de 4 para 3 ou seja, contar com 3 unidades geradoras, em vez de 4, na usina com $D = 3,25$ m em vez de 2,80 m e vazão unitária de 40 m³/s, mantendo a mesma velocidade de $4,8$ m/s, redundando em outra economia para o projeto.

- **Vertedouro de Superfície** - A largura do vertedouro poderia ser reduzida em 10%, mantendo a sobrelevação prevista de $1,25$ m, para a passagem de enchente máxima provável de 4.239 m³/s, contando com o amortecimento do reservatório. A bacia de dissipação do vertedouro poderia ser encurtada em 50% do seu comprimento, resultando em outro benefício para o projeto.
- **Desvio do Rio** - Dadas as características do empreendimento (barragem de terra e regime fluvial torrencial), é recomendável adotar uma vazão com período de retorno de 50 anos, em vez de 25 anos, e uma borda livre de $1,5$ m.
- **Casa de Força e Túnel de Fuga** - O projeto menciona que a cota de fundo do início do túnel de fuga, $D=10$ m, é $465,28$ m, tendo sido dimensionado para operar desafogado, com a vazão máxima da usina de 120 m³/s, para as condições extremas de nível de água, incluindo o remanso da futura UHE Barra do Peixe. Entretanto, a leitura da Figura 3.3.3/1, página 36, indica, para uma vazão turbinada de 120 m³/s, que para uma vazão vertida igual a zero, o nível de água, no início do túnel, estaria na cota $472,00$ m, na cota $473,30$ m para a vazão decamilenar de 2.166 m³/s e na cota aproximada (extrapolada) 476 m para a enchente máxima provável de 4.239 m³/s;

Considerando o remanso da futura UHE Barra do Peixe, o nível de água no início do túnel estaria na cota $474,20$ m, e na cota $472,20$ m sem a influência desse remanso.

Conseqüentemente, as seguintes situações críticas deveriam ser sanadas (abóboda do túnel na cota $475,25$ m, ver desenho DE.011):

- O túnel operará afogado para a cheia máxima provável, aspecto que pode ser admitido devido à baixa ocorrência dessa cheia;
- Para as demais condições de operação, o nível d'água variaria entre as cotas $472,00$ e $474,00$ m, ou seja, uma borda livre de $1,25$ a $3,25$ m;
- Em todas as situações haverá fortes flutuações de pressão (nível de água), originadas de variações rápidas de carga na usina, ou devido à sua simples e pura disjunção da rede, comprimindo fortemente o colchão de ar, entre o nível de água e a abóboda, e depois o descomprimindo, resultando em



bolsões de explosões que poderiam comprometer a estabilidade do túnel e, quiçá, da casa de força;

- Para esses níveis d'água elevados, quando houver um desligamento repentino da usina, não haverá tempo hábil de colocar os painéis de vedação (ver desenho no DE.011), redundando em golpes de ariete na usina e, eventualmente, na inundação da casa de força, além da cota do piso dos geradores na elevação 470,90 m. É uma situação catastrófica que deveria ter sido prevista e sua probabilidade de ocorrência minimizada.
- **Túnel de Acesso à Casa de Força** - O desenho no DE.017 apresenta um túnel de acesso à casa de máquinas com emboque a jusante da barragem. Os estudos não indicam qual e como será o acesso a esse emboque.

Prazo de Construção e Custo

Destaca-se que os custos do reservatório foram estimados com base em obras similares na região e consultas feitas em 1989! É preciso revisar esses custos.

Aspectos Ambientais

Do ponto de vista estritamente ambiental, certamente o projeto em questão sofreu alterações de algum relevo em algumas de suas características ao longo de seus 30 anos de estudo, principalmente ao longo das últimas duas décadas do século passado, como atestam os documentos aos quais se teve acesso. Há que se destacar, sem dúvida, o rebaixamento do N.A. do reservatório da cota 647,00 para 620,00 m.

Dentre os impactos nas duas situações, sem embargo da minimização dos efeitos que se irá verificar com o N.A. na cota 620,00 m, já se incluíam vários impactos que se apresentavam de baixa relevância ou até com remotas possibilidades de ocorrência, tendo sido indicados, provavelmente, no cenário mais conservador possível.

Não obstante, remanescem no cenário da cota 620,00 m alguns impactos importantes, seja pela sua relevância intrínseca ou pelos dados aparentarem conter alguma subestimação. Esses impactos merecem uma discussão adicional no que tange aos aspectos biofísicos e sócio-econômicos envolvidos.

Redução da Vazão a Jusante, entre a Barragem e o Ponto de Restituição

Este talvez seja um dos aspectos mais controversos dos estudos consultados (viabilidade, reitera-se), ainda que se observe que lhe foi dada certa atenção.



Porém, insiste-se numa solução baseada na garantia de uma vazão a jusante de até $1\text{ m}^3/\text{s}$, o que garantiria nos primeiros 2 km uma lâmina d'água entre 2 e 8 cm. Considerando-se, entre outros aspectos, que a vazão de engolimento das máquinas é de $120\text{ m}^3/\text{s}$ e que a vazão do rio excedente permanece apenas 10% do tempo, isto leva a supor que o leito natural do rio, entre a Barragem e a Casa de Força, ficará praticamente seco 11 meses por ano.

Destaca-se, ademais, que a vazão de $1\text{ m}^3/\text{s}$ nunca será uniformemente distribuída ao longo do leito do rio, em consequência dos inúmeros meandros e cachoeiras existentes, em cotas variáveis ao longo da cachoeira principal, e também devido à irregularidade do fundo do leito e sua acentuada declividade no trecho.

Não há, com efeito, legislação nacional ou normas a respeito, até porque os valores a serem adotados, mais que manterem maior ou menor vazão, deveriam, na medida do possível, reproduzir o pulso natural das vazões, o que, portanto, depende das características hidroclimáticas e hidrológicas no trecho da bacia de contribuição.

Vale citar como referência, por exemplo, antigas normas do extinto DNAEE, de vigência discutível, mas ainda uma boa referência a respeito. São as normas para apresentação de estudos e projetos de exploração de recursos hídricos para geração de energia elétrica para uso público (nº 2) e exclusivo de particulares (nº 3), ambas de 1984, que estipulam uma vazão residual mínima a jusante dos barramentos correspondente a 80% da vazão mínima mensal, com base em série histórica de vazões não inferior a 10 anos de medições consecutivas (Mortari, "apud" Sarmiento e Pelissari, s/d.).

Na ausência dessas normas, os órgãos ambientais têm adotado a Resolução nº 20/96 -CONAMA, que considera como limite crítico a $Q_{7,10}$, ou seja, a vazão média das mínimas de 7 dias consecutivos para um T.R. = 10 anos. Alguns Estados, como o Paraná e Minas Gerais, são ainda mais rígidos a respeito, onde os limites não podem ultrapassar, respectivamente, 50 e 75% da $Q_{7,10}$.

De qualquer maneira, é um tema que mereceria maiores estudos no Brasil, uma vez que não é recomendável que se estabeleça uma regra geral para todo o território brasileiro, dada a diversidade de comportamento hidrológico das bacias em cada região.

Não obstante, se levados em conta os dados hidrológicos apresentados nos estudos, que não permitem o cálculo da $Q_{7,10}$, pelas mencionadas normas do DNAEE a vazão residual do empreendimento deveria situar-se por volta de 30

m³/s, o que, mesmo sendo discutível, é um valor muito distante do 1 m³/s estipulado.

Ou seja, a vazão residual do projeto da UHE Couto de Magalhães merece ser revista, tendo em vista manter a capacidade de suporte e a integridade dos ecossistemas terrestres e aquáticos no trecho entre a barragem e o ponto de restituição após a Casa de Força, o que, por sua vez, implicará na necessidade de revisão das séries de simulações energéticas, na definição da potência instalada, no regime de operação da barragem e na avaliação econômica do projeto.

Interferências com os Corredores de Fauna (e propagação da flora) no Rio Babilônia

A região que medeia as nascentes dos rios Jacuba (bacia do rio Paraná), Babilônia (bacia do rio Araguaia-Tocantins) e Taquari (bacia do rio Paraguai) coincide com o Parque Nacional das Emas. Pelo menos originalmente, portanto, antes da elevada antropização que marca atualmente a região, haveria um intenso intercâmbio fito e zoogenético nestes eixos, integrando os biomas do Pantanal aos de Cerrado e, destes, ao Amazônico. No entanto, apesar do elevado grau de fragmentação dessas paisagens (fitocenoses), não há elementos irretorquíveis que afiancem com segurança se há ou não os intercâmbios entre as áreas no presente momento.

Vale reproduzir a discussão constante nos estudos consultados (p. 75/150).



“A montante do reservatório a ser construído, existem habitats íntegros e conectados o suficiente para fornecer dispersores naturais para o PARNA Emas. Na região entre a barragem e o PARNA Emas, as matas estão concentradas no vale do rio Taquari, junto ao “Empantanado” do rio Araguaia e em vários locais do rio Babilônia, tanto no Empantanado, como em outros lugares mais encaixados do vale. A grosso modo, as matas ao longo do vale formam, por vezes, grandes fragmentos, isolados por pequenas ocupações humanas e estradas. Essas matas podem ser as “fontes” mais importantes de espécies especializadas nesse habitat e podem ser preservadas através da criação de uma unidade de conservação”.

Mais adiante (pp. 89 a 90/150), na identificação dos impactos, os autores concluem que *“a qualidade dos habitats amostrados, ao longo do rio Babilônia, por*



si, não permitiu avaliar, com clareza, a existência e a eficiência dessa área como um corredor ecológico. As áreas descontínuas existentes, fragmentadas pela atividade antrópica, só podem suportar a presença de algumas espécies e permitir o fluxo somente de indivíduos das espécies mais generalistas quanto ao uso de habitats. A conectividade entre os fragmentos, ou ilhas, é definida como o grau de movimentação animal e o fluxo gênico, de uma área core à outra. Como ainda não pôde ser estimada a conectividade entre os fragmentos, pois isso demanda estudos de longo prazo, de dispersão e migração de indivíduos, ou análises de fluxo gênico com marcadores moleculares, nada se pode afirmar sobre a possibilidade de ocorrer entre eles o trânsito de migrantes e, portanto, se o rio Babilônia é um corredor de fauna entre o rio Araguaia e o PARNA Emas”.

Ainda que “nada possam afirmar”, os autores concluem que, “*em face de falta de informações sobre a extensão e a eficiência de corredores de fauna ao longo do rio Babilônia, ligando o PARNA Emas às Florestas Amazônicas, através do rio Araguaia, mas partindo-se da premissa de que estes corredores existem, optou-se por adotar uma postura conservacionista para a avaliação do impacto e a adoção de medidas mitigadoras*”.

A respeito dessa discussão, que se afigura até correta nos aspectos técnicos envolvidos, o que salta aos olhos é a falta de informações para um empreendimento que vem sendo estudado, de modo geral, há 30 anos, e, com respeito aos aspectos ambientais, há pelo menos 3 (três) estudos de impactos ambientais elaborados sem que o sítio do barramento tenha sofrido modificações que pudessem alterar a configuração das áreas de influência.

Além disso, com a criação do PARNA Emas, há algumas organizações que vem estudando a região já de algum tempo, notadamente no que tange a seus recursos naturais.

Ou seja, houve (e ainda há, face ao cronograma das obras que sequer ainda foram licenciadas) tempo mais que suficiente para estudos mais aprofundados e resultados mais conclusivos que os apontados.

População Afetada nas Áreas de Preservação Permanente e sua Abrangência Territorial

Invertendo-se a ordem das questões, os estudos apontam que as áreas de preservação, a serem também adquiridas pelo empreendedor, somam cerca de 600,00 ha, medidas numa faixa de 100 m lineares a partir do N.A. máximo normal de operação. A primeira questão que se coloca é que a legislação define que a



faixa deve ser medida numa projeção horizontal e não linear, o que, dependendo da topografia pode alterar bastante a configuração das APPs.

A segunda questão é que, se para os 775,00 ha do reservatório + canteiros + empréstimo e bota-foras, a população diretamente afetada foi estimada em 14 pessoas, mesmo se considerados apenas 600,00 ha de APP, essa estimativa poderá ser bem mais elevada, mas não há os indicadores nos estudos. Como a área foi subestimada, eles seriam, de qualquer modo, de escassa valia.

Há, portanto, que se fazer levantamentos mais precisos a respeito.

População Imigrante Atraída pelas Obras e Impactos nos Núcleos Urbanos

Os estudos consultados asseveram o baixo dinamismo demográfico dos municípios da área de influência da UHE Couto de Magalhães, ao menos nas duas últimas décadas do século passado. Comparados os indicadores do Censo de 1991 com os ano 2000 e as projeções de população total para 2004, observam-se taxas geométricas de crescimento anual bastante tímidas e estáveis (da ordem de 0,66% para Alto Araguaia e 1,3% para Santa Rita do Araguaia). São municípios incipientes do ponto de vista populacional, mas que ainda assim, segundo os estudos, apresentam certa demanda reprimida de equipamentos e serviços públicos de infra-estrutura e sociais, tais como em termos de atenção à saúde, educação, saneamento básico "i.a.", mais acentuada no segundo caso acima mencionado.

Os estudos apontam, também, que a mão-de-obra a ser envolvida direta ou indiretamente nas obras atingirá um contingente de 2.300 trabalhadores. Mesmo se imaginando, por analogia com os números apresentados, que 440 empregados fiquem alojados nos canteiros, ainda assim, em alguma medida, demandarão serviços locais; e, ainda assim, sobrarão 1.860 pessoas e mais 3.720 familiares que serão atraídos para ambos os municípios. Como se vê, mesmo sendo números imprecisos, é elevado o impacto que este afluxo de pessoas poderá causar nesses municípios.

Conclusões Preliminares e Recomendações

Em termos geológico-geotécnicos, como visto, considerou-se de importância que haja um aprofundamento das investigações para a solução de projeto atual, assim como uma avaliação mais realista dos prazos e custos envolvidos com o empreendimento.

Quanto ao arranjo geral proposto, não é claro o papel do empreendimento em relação ao aproveitamento ótimo da cascata, face aos aspectos ambientais



envolvidos nas alternativas. Não parece ter havido um equilíbrio adequado entre as variáveis em análise.

Afora este fato, destacam-se mais os seguintes aspectos:

- É recomendável revisar o estudo de sedimentos e redimensionar as obras de desvio para uma enchente de 50 anos de período de retorno;
- Considera-se que uma vazão sanitária de 1 m³/s não será suficiente para atender às necessidades ecológicas do trecho de 8 km entre a barragem e a fuga da usina. Devido às características geomorfológicas desse trecho de rio (alta declividade e leito muito irregular), será difícil definir uma vazão sanitária adequada sem inviabilizar o aproveitamento hidrelétrico.

No que tange aos aspectos ambientais, pela ordem de importância dos temas, considera-se que há a necessidade de novos estudos e aprofundamentos quanto:

- À vazão remanescente que será garantida a jusante, entre a Barragem e o Ponto de Restituição, o que implicará na revisão das simulações energéticas e de operação;
- Ao papel do rio Babilônia e demais sítios a montante e na região de influência quanto aos deslocamentos de fauna e propagação de vegetação;
- Quanto às dimensões das APP e a população diretamente afetada;
- Quanto aos afluxos de população e seus impactos nos núcleos urbanos de Alto Araguaia e Santa Rita do Araguaia.

É oportuno lembrar que durante o desenvolvimento deste trabalho, se teve notícia de que o empreendedor estaria entregando ao IBAMA nova versão do EIA/RIMA do projeto, estudo totalmente refeito, segundo seus autores. No entanto, até o fechamento da presente análise não se havia logrado o acesso para consulta do documento.

Como recomendação final, lembra-se que os estudos hidrológicos deveriam ser completamente refeitos.

4.2 Região do Baixo Paranaíba

Para esta região, impôs-se, por necessidade de construção de um conhecimento gradativamente mais acumulado, que as abordagens tenham sido feitas por etapa dos estudos, de acordo como os projetos são elaborados. Ou seja, a primeira abordagem deve se referir aos estudos de inventário de cada sub-bacia e a



partição das quedas escolhida. Em seguida, a abordagem se dirige à análise dos estudos dos eixos individualizados, no nível em que os estudos estejam disponíveis, ou seja, em nível de viabilidade técnico-econômica e ambiental. Sempre que disponíveis, os eixos deverão considerar também os estudos ambientais específicos, confrontando-se seus resultados com as abordagens contidas nos estudos de viabilidade, para uma visão mais sólida da consistência e da coerência recíprocas de ambos os estudos.

SUB-BACIA DO RIO CORRENTE

Os estudos de inventário do rio Corrente foram feitos pela THEMAG, com relatórios gerados em 1994 (estudos preliminares), 1995 (estudos finais) e 1999 (revisão da partição da queda). Tais estudos de inventário foram realizados no prazo de 195 dias, ressaltando-se, de início, que tal prazo não é compatível com o tempo requerido para a execução de um inventário adequado e suficiente do rio Corrente.

Não obstante, destaca-se que a análise ora feita baseia-se em estudos aparentemente já aprovados pela ANEEL, uma vez que foram autorizados estudos de viabilidade de, pelo menos, dois projetos na cascata (Itumirim e Espora), pressupondo-se, portanto, que a divisão da queda seja a proposta nos estudos de 1995, assim como as alterações promovidas em 1999.

Cartografia e Topografia

Nesses estudos, foram utilizados os mapas existentes do IBGE, em escala 1:100.000, com curvas de nível a cada 50 m, para a formulação de alternativas de divisão de queda, sem o levantamento da linha d'água (perfil do rio). Este fato resultou na formulação de 7 alternativas de divisão da queda. Entretanto, ao término dos Estudos Preliminares, a CELG realizou o levantamento planialtimétrico do perfil do rio, o que obrigou a introdução de 5 novas alternativas.

Não houve levantamento topobatimétrico de algumas seções nos sítios, com exceção do levantamento em escala 1:2.000 no sítio Itumirim, com curvas de nível a cada metro (aparentemente já estava sendo estudado no nível de viabilidade).

Para os demais sítios, a altimetria foi obtida com barômetro e as coordenadas geográficas por GPS (não se sabe se normal ou geodésico).

Esses procedimentos fogem completamente às diretrizes do Manual da ELETROBRÁS, por não garantirem a mínima precisão requerida para a obtenção de volumes de reservatórios e quantidades de obras.



Geologia e Geotecnia

Estes estudos foram baseados apenas na análise de cartas-imagens de radar, do projeto RADAMBRASIL, escala 1:250.000, e nos sobrevôos do rio. Não se realizaram investigações de sub-superfície ou mapeamentos geológicos, razão pela qual não se apresenta mapas e informações geológicas dos sítios estudados e selecionados, procedimento também inaceitável pelo Manual da ELETROBRÁS ou por qualquer outro.

Hidrometeorologia

Devido aos registros de curta duração na própria bacia do rio Corrente, a obtenção das séries médias mensais foi baseada em dados de outra bacia, sem justificar a razão de não utilizar a série do SIPO da ELETROBRÁS, considerada como oficial.

Por outro lado, não há explicação de como se definiram as curvas cota x descarga a jusante dos aproveitamentos por correlação com as curvas nos postos fluviométricos, já que não há dados disponíveis para realizar essa operação.

O estudo de sedimento é precário e insuficiente. Não se entende a não utilização de índices específicos aplicáveis às bacias do país e seu respectivo zoneamento, da ELETROBRÁS/ANEEL.

Não há nenhuma recomendação para a instalação de novos postos, em especial no sítio dos barramentos.

Meio Ambiente

Nesse aspecto, ressalta-se que a quantificação das benfeitorias a serem desapropriadas e as famílias a remanejar foi feita a partir das folhas 1:100.00 do IBGE, que por sua vez foram restituídas com base em fotos aéreas das décadas de 60 ou 70; ou seja, são dados muito desatualizados quanto ao uso e ocupação do solo.

Ademais, nos estudos não foram definidos e orçados os principais programas ambientais e medidas de controle, conforme as normas vigentes.

Não há nos estudos, também, qualquer referência à vazão remanescente que deveria ser mantida a jusante dos barramentos.

Custos



Os custos foram atualizados de janeiro/82, data-base dos custos do Manual utilizado de 1984, para dezembro/91, pela variação do IGP-col. 2 da FGV (1U\$ = Cr\$ 959,64). Não se entende a razão de não terem sido atualizados para dezembro/93 ou junho/94.

Destaca-se que os custos vigentes no mercado atualmente são, pelo menos, de 30 a 50% inferiores aos valores do Manual de 1997, devido tanto à deflação cambial, bem como à competitividade do mercado. Recorda-se que os custos do Manual de 1997 refletem preços de obras administradas então somente pelo poder público.

Estudos de Inventário: Critérios Básicos Utilizados

Os critérios utilizados para o dimensionamento, quantificação e orçamentação, bem como os critérios energéticos e valoração do índice custo-benefício (ICB), foram aqueles especificados no Manual de Inventário da ELETROBRÁS.

Utilizou-se um fator de capacidade (FC) igual a 0,55 para a determinação da potência de referência, igual à divisão da energia firme do período crítico pelo FC.

O período crítico adotado no rio Corrente, correspondente ao período crítico do sistema interligado naquela oportunidade, foi de março/51 a novembro/56.

O Custo Unitário de Referência (CUR), valor acima do qual se descartam alternativas e aproveitamentos, foi de U\$64/MWh (dez/91), e de U\$48/MWh (dez/95). Na presente data, esse valor é de U\$46/MWh.

A taxa de desconto utilizada foi de 10% a.a., adotando-se 50 anos como a vida útil dos aproveitamentos. Deveria ter sido também utilizada a taxa de 12% a.a., conforme indicado no Manual.

Foram formuladas 7 alternativas nos Estudos Preliminares, transformadas para 5 após o levantamento do perfil do rio, nos Estudos Finais.

A seleção da alternativa 12 foi baseada na comparação dos diferentes ICB's e em considerações ambientais genéricas, tais como área inundada, menor número de população atingida, menor comprimento de estradas a serem relocadas, cujo custo deveria estar nos orçamentos, porém não lhes são dados pesos quantitativos ou de qualidade.

No relatório Complementar de novembro/95, a Themag confirma que:



- “A área inundada foi medida em plantas 1:100.000. Nota-se que a altura dos barramentos varia entre 20 a 55 m, fato que dificulta, e muito, a determinação de volumes úteis e totais, tendo em vista a equidistância de 50 m entre as curvas de nível. Portanto, não há precisão e confiabilidade nas simulações energéticas.”.
- “A Alternativa 12 foi considerada a melhor, porém destaca que as demais alternativas são também competitivas.” Recomenda estudar melhor a partição de queda em uma etapa futura de estudo denominada “Diagnóstico de Viabilidade”.

Posteriormente, em consequência do descobrimento de condições geológicas desfavoráveis na UHE Bálamo, resultante de investigações de campo para os “Estudos Preliminares de Viabilidade – Diagnóstico de Usina Bálamo”, a THEMAG emitiu o relatório “Revisão da Divisão de Queda”, fevereiro/99, trabalho executado por sua conta, mas submetido a CELG.

Foram realizados, na mesma época, os estudos de viabilidade das UHEs Itumirim e Espora, ex-São Domingos.

A revisão foi feita com base no Manual de novembro/97, com a data-base do orçamento sendo dez/95, porém adotando os custos de viabilidade das UHE's Itumirim e Espora, os novos custos da UHE Bálamo e atualizando os custos de inventário, em nível preliminar, dos demais projetos.

Para a comparação e seleção de alternativas continuou-se adotando um CUR de U\$64/MWh, valor de dez/91 e não dez/95, ponderado com índices ambientais calculados de forma inadequada.

A revisão conclui pela seleção da Alternativa 11.

As modificações importantes foram:

- O N.A.Max.Normal na UHE Olho D'Água aumenta de 468,50 m para 490,50 m, com o incremento da potência instalada de 37,60 para 58,00 MW.
- A UHE Bálamo (km 200,00) é substituída pela UHE Queixada (km 209,00), mantendo o N.A.Max.Normal na cota 530,00 m, com redução da potência instalada de 66,20 para 35,00 MW.
- Mudou-se o nome da UHE São Domingos para Espora.



- Foi feita a redução da potência instalada na UHE Itumirim de 71,20 para 48,60 MW.

Em conclusão, a qualidade do estudo continuou sofrível, pelas seguintes principais razões:

- Foram utilizados orçamentos de diferentes níveis de detalhe e precisão (de estudos preliminares a viabilidade).
- A data-base dos orçamentos foi dez/95, porém foi utilizado um CUR no nível de dez/91, para a comparação e seleção de alternativas.

Portanto, é **preciso revisar a divisão de queda do rio Corrente**.

Destaca-se que as simulações energéticas no período crítico, realizadas para um estudo executado para ELETROBRÁS entre 1998 e 2000, indicaram que a vazão média desse período, obtida pela Themag, é 13% superior a vazão média obtida da série do SIPOT, ou seja, há mais uma razão para essa revisão. As potências instaladas e correspondentes ICB's dos aproveitamentos da alternativa selecionada foram as seguintes:

UHE	Potência Instalada (MW)	ICB (U\$/MWh - dez/91)
Itumirim	48,6	26,7
Espora	32,0	?
Queixada	35,0	41,5
Olho D'Água	58,0	57,5
Ranchinho	21,0	58,5
Água Limpa	31,0	58,7
Alvorada Baixo	39,0	57,5
Foz do Corrente	42,00	58,8
Total	306,60	-

Nota-se que, pelos ICB's apresentados, a próxima UHE a ser estudada em nível de viabilidade seria Queixada e não Olho D'Água.

Ressalta-se que o referido relatório não apresenta os ICB's das UHE's Itumirim e Espora por razões que não foi possível identificar. O ICB indicado da UHE Itumirim corresponde ao resultado dos Estudos Finais, de fevereiro de 1995, correspondente à Alternativa 12, para uma potência instalada de 71,20 MW.



Conclusões e Recomendações

O resultado da presente análise permite indicar as seguintes providências a serem tomadas para adequar os referidos estudos de inventário aos padrões de qualidade e normas usualmente aceitos para trabalhos similares, com o objetivo de enquadrá-los às diretrizes do Manual da ELETROBRÁS ora vigentes, apesar do inventário ter sido aprovado pela ANEEL.

É recomendável, se não necessário, revisar por completo o estudo de inventário deste rio, com enfoque aos seguintes principais aspectos:

- Fotografias aéreas dos reservatórios, em escala 1:40.000, e elaboração de ortofotocartas e restituições aerofotogramétricas em escala de, pelo menos, 1:20.000, com curvas de nível a cada 5 m. As ortofotocartas poderiam ser substituídas por imagens de satélite em escala similar ou maiores.
- Investigações geológicas de sub-superfície com sondagem a trado e, quando necessário, através de sísmica de refração.
- Dimensionamento, implantação e quantificação de volumes e serviços de acordo com a metodologia do Manual para Estudos Finais.
- Revisão das séries hidrológicas para uma eventual re-simulação da operação dos reservatórios e determinação de novas potências instaladas. É verdade que já foi iniciada a construção do UHE Espora, ora suspensa, mas nada impede que se modifique a sua potência instalada. Recorda-se que o período crítico utilizado no estudo é diferente do atual.
- Reavaliação e ajuste da alternativa já aprovada pela ANEEL.

4.2.1 AHE ITUMIRIM

Deve ser assinalado que os estudos de viabilidade desse aproveitamento foram entregues 3 anos antes da revisão da divisão da queda, concluída em 1999. De todo o modo, o conteúdo do relatório foi considerado sofrível, quando comparado com outros documentos similares.

Localização e Acessos

A UHE Itumirim está localizada no rio Corrente, a cerca de 430 km a sudoeste de Goiânia, a 30 km da cidade de Serranópolis e a cerca de 50 km de Aporé, nas



coordenadas 18°30' de latitude sul e 52°04' de longitude oeste, Estado de Goiás. A distância até a foz, no rio Paranaíba, é de 265 km.

O local é caracterizado pela presença de duas cachoeiras num trecho de apenas 1,5 km de extensão, sendo que a de montante tem 25 m de altura e de jusante tem 35 m.

A partir de Goiânia, o acesso ao local pode ser efetuado pela rodovia BR-060, pavimentada até Serranópolis. De Serranópolis ao sítio do barramento, o acesso é feito através da rodovia GO-184, de terra, mas trafegável o ano todo. A partir desta rodovia, atinge-se o local da Casa de Força por caminho de fazenda, num percurso de 2 km.

A Ilustração 03, a seguir, apresenta a localização do aproveitamento hidrelétrico e os acessos principais.

Características Gerais do Empreendimento

Segundo os estudos de viabilidade, a UHE Itumirim deverá ter uma potência de 55 MW, por meio da instalação de dois conjuntos hidrogeradores de 28,35 MW cada, adicionando aos sistema uma energia garantida de 38,52 MW médios, através de três linhas de transmissão, sendo uma na tensão de 138 kV para a SE rio Claro-GO, e duas em 34,5 kV para as cidades de Serranópolis e Aporé (GO).

O investimento total previsto para a construção da usina, incluindo os juros durante a construção, é de R\$ 98.722.555,00 (noventa e oito milhões, setecentos e vinte e dois mil, quinhentos e cinqüenta e cinco reais), referenciados a setembro/95, resultando num custo unitário de aproximadamente US\$ 1.889/kW e um custo médio de geração de US\$ 37,21/MWh.

Aspectos Geológico-Geotécnicos

As obras que compõem o aproveitamento de Itumirim estarão situadas sobre os maciços rochosos da Formação Serra Geral, representados basicamente por derrames basálticos e pelo arenito Botucatu. Os estudos geológicos levados a efeito, até a fase de viabilidade, não permitiram identificar, a nível regional ou local, falhamentos importantes que possam vir a condicionar a implantação do aproveitamento. Não obstante, recomenda-se um aprofundamento desses estudos nas etapas subseqüentes dos trabalhos.

Os derrames basálticos que afetam a área de estudo puderam ser identificados em afloramentos junto ao leito do rio, tendo sido identificados 2 derrames de espessuras da ordem de 40 m, sendo que o superior ocorre próximo à cachoeira



mais a montante e o segundo próximo à cachoeira a jusante. Em ambos, o horizonte superior já teria sido erodido pelo rio, restando os horizontes de basalto vesículo-amigdaloidal e basalto denso, característicos dessa litologia. Nos dois eixos estudados, os derrames basálticos constituem as fundações das estruturas de barramento do aproveitamento. Na região da futura Casa de Força, ocorre o arenito Botucatu, bastante friável, não recuperado através de uma única sondagem executada a até cerca de 50 m de profundidade.

Ensaio de perda d'água realizados nos maciços rochosos indicaram boa estanqueidade, inclusive no arenito, que apresentou permeabilidade da ordem de 5×10^{-5} cm/s.

Os derrames basálticos encontram-se sobrepostos por solo de alteração de basalto, com até 10 m de espessura, e colúvio, com espessuras máximas de 4 m, materiais estes que serão totalmente removidos no caso das estruturas de concreto. De acordo com os desenhos de projeto, entretanto, poderão eventualmente permanecer nas fundações das barragens de solo. Para tanto, esses materiais foram devidamente caracterizados e ensaiados, ressaltando-se aqui, entretanto, o aspecto de colapsividade, principalmente dos colúvios.

Na encosta acima do local de implantação da Casa de Força, ocorre uma camada de talus constituído por blocos soltos envoltos em espessas camadas da matriz argilosa e cuja espessura ultrapassa 10 m. O projeto prevê uma grande escavação a ser executada nesse material, seja para implantação dos condutos, seja em decorrência da própria implantação da Casa de Força. As investigações levadas a efeito nesse material foram bastante escassas, recomendando-se, assim, um levantamento de campo mais detalhado (mapeamento e sondagens), para melhor definir as características deste material, seja no aspecto de suas características intrínsecas, seja quanto à forma de ocorrência, área, extensão, investigação de aquíferos.

Suficiência das Investigações

Em que pese o conhecimento geológico dos maciços rochosos presentes no local de interesse, a quantidade de investigações executadas e o escopo do projeto – viabilidade –, há que se ressaltar a escassez de informações referidas ao eixo efetivamente escolhido. De fato, no eixo da alternativa 2 – eixo de montante – há apenas duas sondagens mistas no eixo do barramento, além de duas sondagens a percussão. Ao longo do canal de adução, foram executadas quatro sondagens a percussão.



Apesar da simplicidade das estruturas de concreto a serem instaladas nesse eixo, a falta de informação não permite julgar sobre eventuais problemas a serem enfrentados (feições subhorizontais, caminhos preferenciais de percolação etc.). Recomenda-se a adequada complementação das investigações nesse eixo

Também para a Casa de Força há muito pouca investigação realizada. A única sondagem executada no local evidenciou a ocorrência de um material de características geotécnicas bastante pobres, principalmente frente às solicitações do período construtivo. As características vislumbradas para a fundação dessa estrutura, bem como as soluções técnicas propostas para as escavações e contenções, pedem um melhor detalhamento das investigações.

Materiais de Empréstimo

Em ambas as alternativas apresentadas, parece haver disponibilidade de solos de empréstimo. Além de abundantes, os ensaios mostraram a sua adequação para uso nos aterros.

O mesmo, porém, não ocorre com os materiais naturais pétreos e areia, seja para o uso nas obras de terra (filtros, transições e proteções), seja principalmente para agregados. O basalto denso resultou deletério para uso no concreto, devendo ser utilizado cimento pozolânico. Por outro lado, as fontes de exploração não foram suficientemente cubadas e caracterizadas. Não ficou claro, no detalhamento dos estudos, qual será a fonte para agregados de concreto e como seus custos foram contabilizados.

Detalhamento do Projeto (Alternativa 2)

O relatório recomenda a implantação do aproveitamento enfatizando que as soluções técnicas apresentadas são CLÁSSICAS. De fato, a partir das informações disponíveis, não há fatos marcantes que possam inviabilizar a implantação do aproveitamento. Alguns comentários de ordem geral, no entanto, devem ser aqui registrados, uma vez que têm peso significativo em outros fatores que devem ser considerados, quais sejam, custos e cronograma de implantação, custos de manutenção, entre outros.

- A solução de canal escavado em solo, com revestimento de concreto sobre colchão drenante, não é de simples execução. Há questões referentes à espessura mínima das lajes, em função do método construtivo, questões relativas à concretagem (formas deslizantes, juntas, drenagem), detalhamento das juntas entre painéis etc. Considerando o comprimento do canal, isso pode ter um custo importante a ser ponderado.



- Outra questão refere-se à implantação da Casa de Força. A solução de escavação proposta não é confortável e implica em riscos e imprevistos, em função de:
 - escavação de talus;
 - exposição de taludes em talus e arenito friável;
 - desconhecimento do comportamento do freático;
 - estabilização de taludes na borda do derrame basáltico com intenso fraturamento subvertical e inclinado – estabilização de blocos;
 - execução de DHP's revestidos em arenito;
 - concreto projetado sobre arenito friável;
 - execução de estações de grande diâmetro; implantação de tirantes de porte.

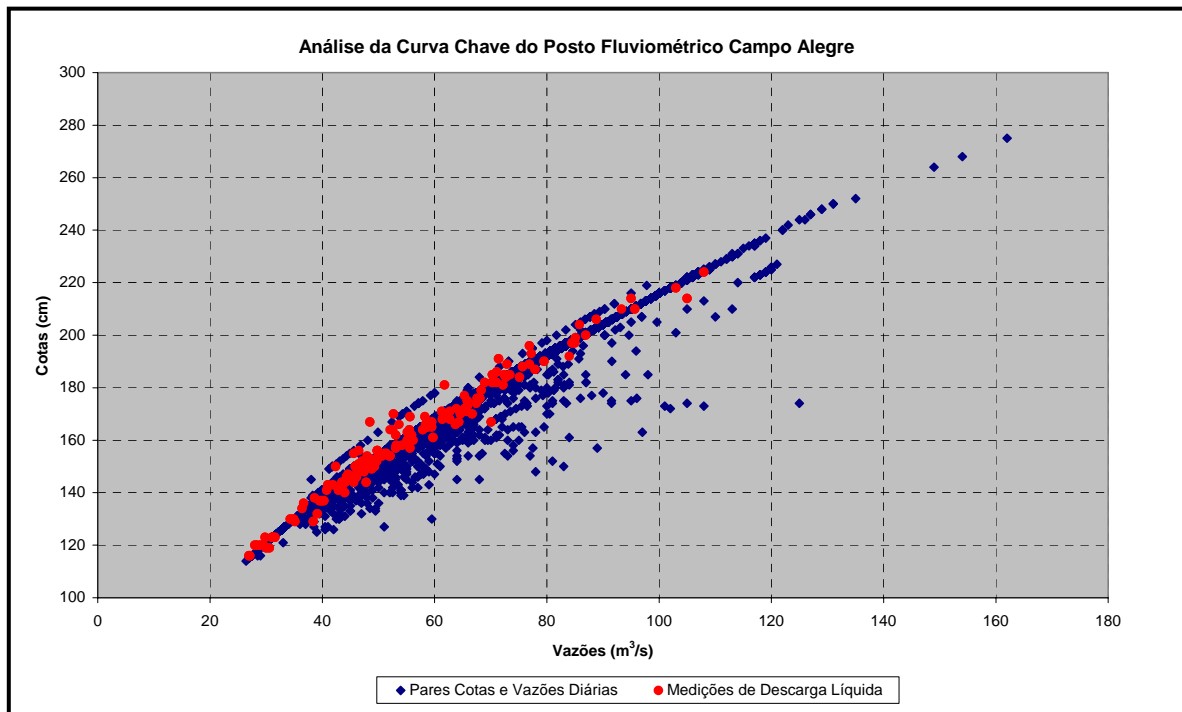
Estudos Hidrológicos

A análise dos estudos hidrometeorológicos apresentados no Capítulo 4.1 – Fisiografia e Hidrometeorologia da Bacia Hidrográfica, do documento de referência, resulta nos seguintes comentários:

- Não foram feitos os estudos pluviométricos da bacia do rio Corrente. O documento de referência menciona uma chuva média anual de 1.500 mm, enquanto os Estudos de Viabilidade da UHE Olho D'Água mencionam, para a mesma bacia, um total anual de 1.400 mm;
- Não são apresentadas informações básicas da bacia do rio Corrente, como a área de drenagem total e no aproveitamento, declividade média, perfil longitudinal do talvegue, rede hidrográfica, planta da bacia hidrográfica, entre outros;
- Para determinação das chuvas médias anuais na bacia do rio Corrente deveriam ter sido elaboradas as isoietas médias anuais utilizando os dados dos postos pluviométricos localizados na região;
- Não foram feitos os estudos pluviométricos da bacia do rio Corrente;
- Para caracterização dos deflúvios da bacia do rio Corrente, deveriam ter sido utilizados outros postos fluviométricos, como o 60950000 (Canastra) e o 60955000 (Fazenda Mumbela-FAM). O posto fluviométrico Campo Alegre e a UHE Iturmirim controlam apenas 36,5% da área de drenagem da bacia do rio Corrente;

- Não foram apresentados os estudos de consistência dos dados fluviométricos dos postos da bacia do rio Corrente, o que deveria incluir:
 - análise das curvas-chave dos postos fluviométricos;
 - análise dos cotogramas ou limnigramas dos postos fluviométricos;
 - determinação das séries de vazões médias diárias, utilizando a curva-chave existente (se consistente) ou a nova curva-chave estabelecida;
 - determinação da série de vazões médias mensais;
 - correlação das séries de vazões médias mensais dos postos fluviométricos.

Para uma análise mais detalhada, obteve-se junto à ANEEL os dados do posto Campo Alegre, estação utilizada nos estudos para determinação da série de vazões médias mensais do rio Corrente na UHE Itumirim. A figura a seguir apresenta a análise da curva-chave deste posto, onde são confrontadas as séries de cotas e vazões médias diárias e as medições de descarga líquida.





A análise desta figura permite verificar a presença de diversas inconsistências entre as cotas observadas e as vazões consideradas. Além disso, verifica-se um grande conjunto de pontos cota-vazão que não guardam relação com as medições de descarga. No relatório não há nenhuma referência quanto à correção de inconsistências.

Desta forma, os estudos hidrometeorológicos e, como consequência, os estudos energéticos ficam comprometidos.

- A série de vazões máximas apresentadas não corresponde àquela que seria obtida a partir dos dados do posto fluviométrico Campo Alegre. As principais diferenças ocorrem para o período 1972 a 1976. A utilização dos dados do posto fluviométrico Campo Alegre resultaria em uma média de 108,4 m³/s, valor superior àquele apresentado na Tabela 4. O relatório não apresenta nenhuma justificativa ou menciona correções na curva-chave;
- A série de vazões máximas apresenta, apenas, 21 anos de observações. Uma vez que o objetivo é determinar hidrogramas de projeto com períodos de retorno de até 10.000 anos, deveriam ter sido utilizados dados de precipitações (chuvas intensas) ou elaborado um estudo de regionalização com dados de bacias vizinhas, que permitiriam, pelo menos, verificar os resultados obtidos na análise de frequência. É importante lembrar que a segurança da barragem está relacionada com a vazão ou hidrograma de projeto obtido a partir deste procedimento;
- Não são apresentados os critérios para definir a distribuição probabilística de melhor ajuste.
- Não foi considerado qualquer coeficiente (por exemplo, fórmula de Fuller) para obter a vazão máxima instantânea a partir da vazão máxima média diária;
- Não foram apresentadas as metodologias, procedimentos e dados utilizados para a obtenção da série de vazões médias mensais do rio Corrente na UHE Itumirim. Além disso, nem a própria série foi apresentada no relatório;
- Não foram apresentados quaisquer estudos das curvas-chave na seção de restituição do desvio do rio e no canal de fuga;
- Não foram apresentadas as curvas cota x área x volume do reservatório;
- Reservatório:
 - Não foi apresentada a série de vazões médias diárias do posto fluviométrico Campo Alegre. Além disso, como mencionado anteriormente, esta série apresenta diversas inconsistências e, portanto, não deveria ser utilizada antes das devidas correções;



- A mencionada norma do DNAEE, que deve corresponder à norma para aprovação de estudos e projetos de geração hidrelétrica para serviço público do DNAEE – no 2, subitem 3.7, não é válida e não constitui instrumento legal. As vazões defluentes da UHE Itumirim para suprir o trecho entre a barragem e o canal de fuga deveriam ter sido fixadas com base em estudos ambientais;
 - A descrição metodológica é inconsistente. No item a), menciona-se que foram utilizadas as séries de vazões médias diárias do posto fluviométrico Campo Alegre. Logo abaixo, após o item d), menciona-se que “Para cada mês adotou-se como vazão afluente representativa a média mensal do período disponível”;
 - O estudo de enchimento apresentado é simplista. O estudo de enchimento deve ser desenvolvido através de análise estatística de séries temporais, utilizando cenários médios, desfavoráveis (abaixo da média) e favoráveis (acima da média). Usualmente, os tempos de enchimento são obtidos de forma probabilística ou estocástica;
 - Não foram apresentados os estudos de remanso;
 - Não foram apresentados os estudos de vento e borda livre;
- Estudo Sedimentométrico:
- Não foram feitas as medições de descarga sólida no local do aproveitamento e no trecho do reservatório, conforme indica o documento “Instruções para Estudos de Viabilidade” da Eletrobrás, DNAEE, 1997;
 - O procedimento adotado pelo estudo não condiz com a fase de viabilidade;
 - Os estudos são inadequados e não permitem qualquer conclusão.

Estudos Energéticos

Os estudos energéticos estão comprometidos pelas inconsistências identificadas nas séries de vazões médias mensais, conforme comentado no item anterior. De qualquer forma, a análise dos estudos energéticos apresentados no Capítulo 4.4 do documento de referência resultou nos seguintes comentários:

- Critérios - o critério de determinação do incremento de energia firme nas usinas a jusante, devido ao deplecionamento do reservatório de Itumirim, é simplista e inadequado para estudos de viabilidade. Este incremento deve ser determinado através de simulações, sem as quais haverá uma tendência de majorar o incremento de energia firme;
- Não foram apresentados parâmetros básicos, como:



- Rendimento médio do conjunto turbina-gerador;
 - Perda de carga no circuito de adução e geração;
 - Vazão sanitária entre a barragem e o canal de fuga;
 - Carga ou mercado utilizado para o sistema nas simulações.
- Os procedimentos adotados para a determinação do NA máximo normal são simplistas e não condizem com as recomendações do documento “Instruções para Estudos de Viabilidade” da Eletrobrás, DNAEE,1997. Por exemplo, a adoção de um custo índice de 400 US\$/kW instalado para a casa de força é uma simplificação incompatível com a fase de estudos de viabilidade. Outro exemplo, é a adoção de um fator de capacidade de 0,53;
- Da mesma forma, os procedimentos adotados para a definição da motorização são simplistas e não condizem com as recomendações do documento “Instruções para Estudos de Viabilidade” da Eletrobrás, DNAEE,1997.

Aspectos Hidrometeorológicos e de Custos Hidrometeorologia

Nota-se alguma incoerência de valores, o que, aparentemente, não seria importante, porém demonstra uma falha na qualidade. Por exemplo, na p. 6 do relatório, indica-se uma vazão decamilenar de 300 m³/s que, na p.8, é de 283 m³/s. A tabela da p.27 volta a indicar 283 m³/s, que, no parágrafo imediatamente seguinte, é de 300 m³/s novamente.

O relatório indica que o tempo de enchimento do reservatório, entre julho e setembro, variaria de 5,9 a 7,5 meses, considerando uma vazão sanitária de 23 m³/s.

Custos

Adotou-se um custo marginal de dimensionamento referido a dezembro/91, mas os orçamentos estão referidos a setembro/95.

Outrossim, se utilizou um Custo Unitário de Referência (CUR) de U\$ 44/MWh, para definir o N.A.Max. Normal e um CUR de U\$ 54/MWh (dez/91) para definir a potência instalada da usina.

Por outro lado, tanto na tabela da p.45 como no Quadro 14 (p.46), há cálculos errados. Por exemplo, no Quadro 14:

- Incremento benefício energético: 0,46 MW médios



- Geração anual equivalente: $0,46 \times 8.760 \text{ horas} = 4.029,6 \text{ MWh/ano}$
- Incremento do benefício econômico seria: $U\$ 54 \times 4.029,6 = U\217×10^3 e não $2.157,45 \times 10^3$
- Indica que a potência instalada da usina é de 55 MW e fornece os seguintes dados:
- Queda bruta = 91,00m e queda líquida = 85,18m
- Vazão turbinada = 68,30 m³/s
- Rendimento da turbina = 93%, rendimento gerador = 97%

Portanto, a potência instalada seria igual a: $9,81 \times 85,18 \times 68,3 \times 0,93 \times 0,97 = 51,5 \text{ MW}$ e não 55 MW.

Destaca-se que a área do reservatório é de 59 km², na p.4, e de 54,59 km² na p.6. O volume útil é igual a $301,33 \times 10^6 \text{ m}^3$, na p.8, e de $189,4 \times 10^6 \text{ m}^3$ na p.28.

No seu relatório mencionado no item 2, a ANEEL fixa a potência instalada ótima em 50 MW, um ICB de U\$ 40,76/MWh e diz que não se justifica qualquer depleção do reservatório.

Aspectos Hidráulicos e de Arranjo de Projeto

Como já mencionado, existem 2 cachoeiras ao longo de um trecho de 1,5 km, sendo a de montante de 25 m de altura e a de jusante de 35m de altura.

Foram analisadas 2 alternativas. A Alternativa 1 consiste de um barramento localizado 600 m a montante da cachoeira de jusante, que inunda a cachoeira de montante, com casa de força ao pé da cachoeira.

A Alternativa 2 localiza-se 2,5 km a montante da primeira alternativa, não inunda nenhuma das cachoeiras e a sua casa de força está situada no mesmo local da anterior, alimentada por um canal de 2.450 m de comprimento.

Na Alternativa 2, há um trecho de aproximadamente 3 km, entre as fugas do vertedouro e usina, que ficará sem fluxo entre 5 a 6 meses, quando não houver vertimento por essa estrutura, que se reduz para 0,7 km na Alternativa 1.

Foi escolhida a Alternativa 2 por apresentar custos mais convenientes.



- **Desvio do Rio** - Prevê-se realizar o desvio do rio em 2 etapas, para uma vazão de 60 m³/s, correspondente a um período de retorno de 50 anos no período seco. Esta vazão pode ser adequada para a segunda etapa, mas não para a primeira, já que a construção do vertedouro levará mais de um ano para sua conclusão, por onde serão desviadas as vazões da segunda etapa, através de adufas previstas na sua estrutura.

O cronograma da Ilustração 52 não explicita as etapas de desvio.

Na Ilustração 20, não se vislumbra a forma de acessar a torre da tomada d'água de desvio para operar os equipamentos e iniciar o fechamento da galeria.

Há um tubo de aço (D = 1,10 m) em cada um dos muros da galeria, dotados de válvulas na extremidade de jusante, para garantir a vazão sanitária de 23 m³/s, durante a passagem da primeira etapa para a segunda etapa de desvio. É necessário prever grades na entrada das válvulas e providências para a sua limpeza, para impedir a sua obstrução.

- **Tomada d'Água** - Na Ilustração 4, o volume zero do reservatório corresponde à cota 670,0 m e a área zero à cota 668,0 m, estando a soleira da tomada d'água na cota 664,5 m (ver também a Ilustração 32). Nessa situação, a tomada d'água começará a ficar parcialmente obstruída, até o seu completo entupimento e inoperância, antes do prazo de 50 anos, admitindo que o volume de sedimentos seja de 9 x 10⁶ m³ nesse período.

Em todo caso, o estudo de sedimentos está aquém dos requerimentos exigidos para um estudo de viabilidade. É recomendável revisá-lo.

Destaca-se que na viagem de reconhecimento de campo, realizada entre 27/04/03 e 03/05/03 (transição do período chuvoso para o seco), as águas do rio Corrente estavam muito mais claras que as dos rios Claro e Verde. As pessoas do local informaram que essa situação perdura, também, no período de chuvas ou seja, não parece ser grave o problema de sedimentos, mas deverá ser tratado adequadamente.

Vertedouro de Superfície

É constituído de 2 vãos, equipados com comportas-segmento, dimensionado para a vazão decamilar de 300 m³/s. Entretanto, uma simples verificação indica que poderá escoar 460 m³/s. Portanto, há uma margem para redução de custo.



Dois tubos de aço ($D = 1,10$ m) implantados nos pilares adjacentes às adufas de desvio garantirão a vazão sanitária a jusante durante o enchimento do reservatório.

Recomenda-se adequar os tubos e válvulas para uma operação permanente, visando a manutenção de uma determinada vazão a jusante, quando não houver vertimento pelo vertedouro. Por outro lado, é recomendável prever grades e meios de sua limpeza na entrada das válvulas para evitar a sua obstrução.

A este respeito, o relatório da ANEEL indica que foi acordado com a FEMAGO uma vazão sanitária de $0,50$ m³/s, entre o vertedouro e a casa de força. Essa vazão não será suficiente para garantir uma lâmina uniforme, devido às irregularidades das cachoeiras e do leito.

Que acontecerá, no futuro, com a geração de usinas então operando a jusante?

Orçamento

Os custos estão referidos a set/95, tendo-se obtido vários preços, em especial de equipamentos, através de consultas informais. O ICB resultante é de U\$ 37,21/MWh, 9% inferior ao valor da ANEEL.

Tendo em vista os custos praticados atualmente no mercado, espera-se uma redução de 30 a 40% dos custos totais determinados no referido estudo.

Prazo de Construção

Indica-se um prazo de construção de 4 anos, para a entrada em operação da primeira unidade, mais 4 meses para a operação do segundo grupo.

Atualmente, o prazo para projetos de características similares é de aproximadamente 2,5 anos.

Aspectos Ambientais

Os aspectos pertinentes são mencionados como tendo sido extraídos dos estudos ambientais concluídos em 1995, portanto, como já mencionado, antes da escolha do arranjo estudado na viabilidade. Observa-se, portanto, que a informação não se coloca de forma muito precisa. A Alternativa 1 (N.A. na cota 680) consta como tendo sido a escolhida em desenhos que datam de junho de 1994, quando a viabilidade, em 1996, conclui pela Alternativa 2 (N.A. na cota 660), ambas as alternativas a jusante da cachoeira. As Alternativas 3 e 4 estão colocadas a montante da primeira cachoeira. Ou seja, a coisa toda se aparenta bem confusa.



De todo o modo, as informações de natureza ambiental que se colocam nos estudos de viabilidade (dezembro/96) são muito escassas e imprecisas, ainda que o projeto apresente algumas questões relevantes que não chegaram a merecer maior atenção.

De início, os estudos ambientais que constam da viabilidade referem-se a um item que não consta do relatório.

Uma primeira questão é concernente ao arranjo escolhido para o alojamento da mão-de-obra a ser alocada às obras, estimada em 300 profissionais, supõe-se diretamente envolvidos, e mais 500 pessoas, supõe-se novamente, indiretamente envolvidos, já que o contingente final é no número de 800, segundo os estudos de viabilidade.

O estudo diz que a “*análise (?) atingiu um raio de 50 km do canteiro*”. A “análise” conclui por montar uma vila residencial próxima às obras (ver Ilustração 51), na margem direita, próxima à ligação rodoviária com Aporé e ao pequeno vilarejo de beira de estrada que alguns desenhos chamam de vila Itumirim, que não consta da cartografia oficial disponível. Os autores concluem que, dado que “*a população atraída (espontaneamente) fará amplo uso [dos] equipamentos*” urbanos dos municípios de Aporé e Serranópolis, por exemplo, inviabiliza sua utilização para alojar o contingente acima dimensionado.

Não parece, apesar da escassez de informações, uma solução muito racional em termos econômicos, dada a pequena distância do sítio das obras em relação ao Chapadão do Céu e Serranópolis (~ 35 km), e mesmo de Aporé (50 km), onde esta mão-de-obra poderia ser alocada. Ainda que tal opção possa gerar algumas externalidades sobre a infra-estrutura dessas localidades, contribuiria, por outro lado, para internalizar mais benefícios econômicos na região. Ademais, a solução isolada não impedirá a circulação desse contingente nestas cidades, numa condição inclusive menos desejável (horas de folga) que a de moradia mais permanente, que cria vínculos comunitários em alguma medida.

De qualquer maneira, os estudos, nesta abordagem (item 5.11.3), falam em dimensionamento dos equipamentos da vila, mas não há qualquer número a respeito, nem sequer da área da gleba a ser ocupada, inferida do desenho como algo em torno de 160.000 m² (ou 16,0 ha).

No capítulo dos estudos propriamente ambientais (4.5), essa discussão nem é mencionada, constando apenas o aumento de população na vila de Itumirim e alteração das condições de vida local, impactos impossíveis de aquilatar, pela frugalidade do texto, e para os quais não se propõe nenhuma medida de controle.



Aliás, nem a partir do diagnóstico pode ser tirada qualquer conclusão, pois não há um dado sequer de população dos municípios definidos como da área de influência, apenas do povoado de Itumirim, à época, segundo os estudos, com 27 pessoas residentes, sendo um sítio claramente inadequado para qualquer assentamento populacional decorrente das obras.

Outro aspecto muito relevante a ser considerado é com relação à vazão sanitária que foi acordada com a FEMAGO, indicada no relatório da ANEEL mencionado anteriormente, que irá interferir severamente nas características cênicas atuais a jusante, se mantida em 0,5 m³/s.

Em termos dos ambientes naturais com alguma integridade, serão afetados 660,00 ha, aproximadamente, entre florestas e formações de cerrado.

Possivelmente pela época em que o estudo foi feito, não se tinha muita clareza na legislação quanto às áreas de preservação permanente na borda do futuro lago, constando apenas uma recomendação quanto à uma faixa de 30 m de largura a ser reflorestada em cada margem, com incentivo à participação dos proprietários lindeiros ao reservatório. Em razão deste fato, novos levantamentos deverão ser feitos, dado que a faixa necessária terá que ser de 100 m em projeção horizontal a partir da cota 680 m, o que deverá alterar substancialmente o total de áreas a serem desapropriadas e desocupadas, com reflexos significativos nos valores orçados na conta 10 (OPE).

Conclusões e Recomendações

Considerando as informações e dados analisados (Relatório de Viabilidade – Volume 1 e 2), do ponto de vista geológico-geotécnico, não há sérias restrições à implantação do empreendimento.

As duas alternativas estudadas são tecnicamente viáveis. As estruturas sugeridas são bastante convencionais, tendo-se salientado apenas alguns aspectos construtivos do canal revestido da alt. 2. que necessitarão ser melhor analisados e avaliados. As questões relativas à implantação da Casa de Força são pertinentes aos dois eixos estudados, sendo que este aspecto merecerá uma atenção especial do empreendedor, com relação à sua avaliação de riscos. O eixo de montante – alt.2 – deverá ser melhor investigado. As duas alternativas têm problemas com relação à interrupção de vazão num trecho do rio, embora o trecho afetado seja maior no caso da alt.2.

Outro aspecto que merece ser ressaltado com relação ao arranjo geral, refere-se ao longo trecho do leito do rio original que ficará seco durante grande parte do tempo de operação da usina. De fato, considerando que o vertimento significa, em



última análise, perda de geração, ele só ocorrerá no caso de vazão excedente. Não está previsto, no projeto analisado, nenhum dispositivo de vazão sanitária que garanta uma vazão mínima pelo antigo leito. O canal aduzirá água para a geração, desviando definitivamente o fluxo d'água de seu leito original. Também a cachoeira existente a montante do futuro canal de restituição da Casa de Força secará. Estes são aspectos ambientais importantes a serem discutidos e reavaliados.

Alguns outros tópicos chamaram a atenção durante a análise ora efetuada, a seguir listados:

- A vazão de desvio para a alternativa 1 é de 175 m³/s, correspondente a um TR = 50 anos. Na alternativa 2, selecionada, o desvio de 1a. fase começa em julho/2o. Portanto atravessa o primeiro período úmido que vai de out/2o. a fev/3o. O desvio de 2a. fase atravessa o segundo. período úmido, de out/3o a fev/4o. No entanto, a vazão de desvio é de 60m³/s, para um TR de 50 anos, no período seco. Parece inconsistente.
- Por que no desvio da alternativa 2 foi prevista adufa, e na alt 1 não?
- O vertedouro da alternativa 1 tem bacia de dissipação para, segundo o próprio relatório de viabilidade, servir de pedreira para a obtenção de agregado para concreto. Na alternativa 2, não foi previsto o mesmo dispositivo. Porém, na avaliação de custos, a escavação da bacia da alternativa 1 onera essa solução, enquanto na alternativa 2 não se incluem custos referentes à exploração de pedreira e transporte de materiais. Os custos do concreto não estão tampouco afetados.
- Quanto à orçamentação, numa rápida avaliação, parecem haver discrepâncias no orçamento das alternativas, dentre elas: alteração de custos unitários de serviços, tanto para diferentes estruturas, como para as diferentes alternativas (concreto sem cimento, escavações, aterros); consideração do volume de aterro da alternativa 2 (inclui o dique?); volumes de proteção de enrocamento nas duas alternativas; consideração de verbas globais para tratamento de fundação da casa de força; custos globais diferentes para obras iguais, como, por exemplo, a casa de força. Considera-se adequada uma reavaliação da análise econômica que apontou a melhor adequação da alternativa 2 e a readequação dos estudos econômicos para nova realidade econômica/financeira e nova situação do mercado energético.

Por fim, colocam-se, ainda, as seguintes sugestões:



- É recomendável contar com os cálculos de remanso e instalar postos fluvi-sedimentométricos no sítio e no reservatório.
- A dúvida sobre a extensão de falhamento no local das obras requer providências imediatas.
- A primeira etapa de desvio deveria ser dimensionada para a enchente com frequência de 50 anos no período de chuvas.
- É recomendável proteger a entrada das válvulas, que garantem a vazão sanitária a jusante, com grades e equipamentos de limpeza, assegurando a sua operação satisfatória.
- É preciso esclarecer a incompatibilidade de valores de áreas e volumes de reservatório.
- O prazo de construção poderá ser reduzido para 2,5 a 3 anos, redundando em juros menores durante a construção e antecipando as receitas.
- O custo das obras deverá ter uma redução de 30 a 40% em consequência das condições atuais de mercado.

Estudos de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA)

Como já mencionado, convém lembrar que os estudos em questão foram elaborados entre dezembro de 1994 e janeiro de 1995, seguindo o RIMA no mês de fevereiro. Ou seja, são estudos de impacto ambiental de um empreendimento cuja viabilidade técnico-econômica e, também, até certo ponto, ambiental, só foi definida em outros estudos que datam de dezembro de 1996, numa cascata que teve sua partição revista em 1999, ainda que o eixo Itumirim, desde os estudos de inventário, pouco tenha mudado.

Não obstante, os estudos ora analisados definem como alternativa de projeto escolhida a de número 1, quando, como visto anteriormente, a alternativa escolhida nos estudos de viabilidade é a de número 2, o que, em certa medida, prejudica o trabalho apresentado, recomendando a elaboração de novos EIA e RIMA.

Na realidade, a alternativa escolhida pelos estudos de viabilidade difere completamente, em termos de arranjo das estruturas principais, das 4 alternativas constantes no EIA/RIMA, o que prejudica o uso de excertos e conclusões do estudo ora analisado no âmbito daquele relatório, conforme já demonstrado.



Vale, portanto, reproduzir os trechos finais do cap. 1 do EIA (pp.12 e 13), que corroboram as afirmações feitas acima.

“Os trabalhos realizados pela CELG até o início dos estudos ambientais em pauta colocaram como projeto de usina o esquema de maior conteúdo energético, denominado no presente relatório de Alternativa 1. Os estudos de implantação, de engenharia e de custos estão mais avançados neste esquema de obra, razão pela qual o estudo de impacto ambiental foi conduzido [com base nele]. A escolha final da alternativa a ser implantada dependerá do resultado do estudo ambiental em andamento e de estudos mais aprofundados de engenharia e custo das alternativas de aproveitamento”.

O estudo analisado, mantidas as ressalvas feitas acima, está correto, em linhas gerais, e apresenta até certa sobriedade em suas conclusões (impactos) e recomendações (medidas de controle), o que não é muito comum em trabalhos do gênero no Brasil.

No entanto, destaca-se que os próprios autores, em alguns aspectos, não o assumem como conclusivo, destacando a insuficiência de informações sobre alguns aspectos importantes. Como exemplos significativos, cita-se os seguintes trechos da conclusão do diagnóstico da ADA e entorno (pp.130 e 131).

*“Devido às restrições naturais à utilização para agricultura ou pastagem, as áreas mais conservadas encontram-se na planície fluvial do rio Corrente [que terá, com o reservatório, 80% de seu território imobilizado]. Dessa forma, a vegetação ripária comporta flora e fauna expressivas, e as localidades de maior diversidade biológica são aquelas onde a vegetação limítrofe à várzea encontra-se preservada, como é o caso da localidade próximo ao córrego Galheiros, na margem direita, ou próximo à confluência dos rios Formoso e Jacuba, também na margem direita. Nessa última localidade foram avistados dois exemplares de urubu-rei (*Sarcormphus papa*), espécie que vem se tornando rara em toda sua ampla área de ocorrência, principalmente por depender de grandes áreas florestadas para sua sobrevivência”.* Esta área, mais adiante no estudo, é apresentada como uma das alternativas a serem contempladas como unidade de conservação, como medida compensatória.

Na seqüência, outra discussão importante.

“É importante ressaltar que existem variações entre as feições de vegetação das áreas úmidas presentes no Parque Nacional das Emas e as várzeas do rio Corrente, a despeito da proximidade daquela Unidade de Conservação e do fato de serem ambas as áreas parte da mesma bacia hidrográfica. A ausência de



buritizais na planície do rio Corrente no trecho em estudo, a presença freqüente de campos de murunduns e do mosaico dos rios Jacuba e Formoso no trecho preservado, permitem essa afirmação. Com as informações disponíveis não se pode, no entanto, avaliar a importância desse aspecto para a fauna regional, inclusive para a fauna do Parque que, eventualmente, realiza deslocamentos na região (grifo apostro)”.

Um novo estudo de impacto para a alternativa de projeto definida pela nova partição da queda de 1999, poderia atualizar e complementar essas e outras informações. Outros aspectos relevantes do estudo já foram comentados quando da análise dos estudos de viabilidade, principalmente com referência à localização dos alojamentos pessoal da obra, que constitui o impacto antrópico mais relevante pelos estudos ora analisados.

Importa ressaltar, no momento, que a discussão mais conspícua que se apresenta nos estudos ora analisados, está contida nas recomendações finais que são feitas no capítulo 9 (pp.240 e seguintes).

Esse tópico reitera a dependência ou precariedade das análises que foram feitas, em razão de terem sido dirigidas a uma alternativa de projeto ainda preliminar.

Tanto é que este capítulo se dedica a recomendar que sejam estudadas alternativas com o N.A. do reservatório em cotas mais baixas, tendo em vista ampliar a preservação de mais áreas da planície de inundação natural do rio Corrente, diminuindo, em conseqüência, “a fragmentação e insularização das áreas naturais remanescentes”, que se aliaria à implantação de uma unidade de conservação na área de confluência dos rios Jacuba e Formoso, como medida compensatória adicional.

Em suma, como dito, sem embargo de suas virtudes, uma vez definida efetivamente qual é a alternativa de projeto, há que serem refeitos os estudos ambientais que lhe correspondam.

O RIMA apresentado, por evidente, reproduz de maneira sumarizada as mesmas teses do EIA, sendo ocioso qualquer comentário adicional aos feitos anteriormente.

Curiosamente, no volume correspondente ao RIMA foram encontrados alguns documentos apensados aleatoriamente, sem razão aparente, mas que merecem ser comentados.

O primeiro deles é uma cópia de um ofício da CELG (CE-DT-SPOG-040/97), datado de 13.06.97, dirigido à FEMAGO, onde foi protocolado em 16.06.97, que



informa que a alternativa de projeto escolhida é a que consta como 3 no EIA/RIMA, mas que difere da que foi contemplada nos estudos ambientais, mas muito próxima da que foi escolhida nos estudos de viabilidade, com algumas discrepâncias.

O outro documento encontrado corresponde a trechos incompletos de um Termo de Ajustamento de Conduta datado de 04.11.97, firmado entre a CELG, a FEMAGO e o Ministério Público Estadual da Comarca de Itajá, voltado, segundo consta, à extinção de ação civil pública que tramitava naquela Comarca (cláusula sexta).

Entre outros compromissos, pelo documento a CELG (ou seus sucessores no empreendimento), assume que irá atualizar os estudos ambientais (cláusula terceira, parágrafo único, letra b), complementar os estudos de alternativas tecnológicas e locacionais (letra a), aprofundar os estudos sobre o papel da planície fluvial como corredor biológico o PARNA Emas (letra m), desapropriar e recompor a flora numa faixa de 100 m nas margens, do reservatório (letras q e t). São teses que, em alguma medida, são defendidas na presente análise, além das que foram objeto das abordagens anteriores.

Análise Técnico-Orçamentária do Estudo de Viabilidade

Este relatório foi elaborado por equipe da ELETROBRÁS em junho de 1998, por solicitação da ANEEL datada de março do ano anterior, tendo em vista os estudos efetuados pela THEMAG e entregues à CELG em dezembro de 1996, já analisados nos capítulos precedentes.

No parecer contido no relatório, os aspectos hidrometeorológicos, sedimentométricos e topográficos do estudo de viabilidade foram considerados satisfatórios e há algumas recomendações e ressalvas com relação aos aspectos geológico-geotécnicos, a serem sanadas na etapa de projeto básico, até certo ponto coincidentes com a análise realizada no presente relatório em capítulos precedentes.

Os aspectos ambientais também foram considerados satisfatórios, inclusive a vazão remanescente que foi acordada entre a ANEEL e a FEMAGO, de 0,5 m³/s.

No entanto, o parecer questiona o regime de operação proposto, entendendo que o deplecionamento definido não se justifica, uma vez o ganho de energia firme seria irrisório. Concluem pela operação do reservatório a fio d'água.

Outro questionamento foi quanto ao dimensionamento da potência ótima, onde consideram que deveria ser de 50 MW e não 55 MW, como consta dos estudos de



viabilidade. As características energéticas deveriam ser, segundo a ELETROBRÁS, as seguintes, com base nas quais foram feitas as simulações:

- Usina a fio d'água;
- N.A. máximo de montante = 680,00 m;
- N.A. mínimo de montante = 680,00 m
- Potência instalada mínima = 50 MW
- Número de unidades total = 2
- Queda de referência = 90,89 m
- Queda de projeto = 91,63 m
- Nível médio do canal de fuga = 583,2 m
- Perdas hidráulicas = 5,82 m
- Rendimento turbina/gerador = 90%
- Vazão máxima turbinada = 68,3 m³/s
- Energia Firme local = 36,2 MW/ano (período crítico 06/49 a 11/56)
- Ganho de Energia Firme do Sistema = 36,2 MW/ano (período crítico 06/49 a 11/56)
- Custo de geração (c/JDC) = US\$ 40,76/MWh
- Custo de instalação (c/JDC) para 50 MW = US\$ 2.030,37/kW
- Modalidade de operação = Integrada

4.2.2 AHE OLHO D'ÁGUA

Estudos de Viabilidade

Considerações Iniciais O relatório apresentado está bastante completo com relação ao alcance de um estudo de viabilidade. Todos os estudos pertinentes a essa etapa dos trabalho ou à fase seguinte de projeto básico foram efetuados, incluindo estudos de alternativas de locação de eixo, arranjo, motorização, estudos energéticos etc. Os levantamentos e investigações de campo e



laboratório realizados também tiveram um alcance bastante amplo. Não obstante, não se teve acesso a toda a documentação mencionada no relatório, compreendendo, por exemplo, ilustrações das alternativas contempladas, resultados de investigações geológicas e geotécnicas (logs de sondagens, resultados dos ensaios de caracterização e ensaios especiais), o que comprometeu sobremaneira a análise.

Localização e Acessos

O acesso ao sítio principal do empreendimento pode ser feito, a partir de Goiânia, pela BR-060, até a cidade de Rio Verde, num trajeto de 233 km. Daí, são mais 65 km pela GO-206 até Caçu e mais 60 km por essa última rodovia até Itajá. Desse ponto, são 30 km em estrada vicinal até o sítio da barragem.

Esses dados podem ser vistos no apêndice final.

Características Gerais do Empreendimento

O arranjo escolhido para a UHE Olho D'Água e suas principais características podem ser vistas nas ficha técnica colocada em seqüência, e correspondem à Alternativa 1 otimizada.

Aspectos Geológico-Geotécnicos

Conforme mencionado acima, não se teve acesso a quaisquer desenhos de geologia ou logs de sondagens. Em conseqüência, procurou-se abaixo enfatizar os aspectos mais relevantes, com base apenas nas informações contidas no relatório consultado.

As obras que compõem o aproveitamento de Olho D'Água estarão situadas sobre os maciços rochosos da Formação Serra Geral, representados basicamente por derrames basálticos e pelo arenito Botucatu. Os estudos geológicos levados a efeito, até a fase de viabilidade, não permitiram identificar, na região ou no local, falhamentos importantes que possam vir a condicionar a implantação do aproveitamento. Não obstante, recomenda-se um aprofundamento desses estudos nas etapas subseqüentes dos trabalhos.

Puderam ser identificados dois derrames basálticos que afetam a área de estudo, totalizando cerca 40 m de espessura, sendo o primeiro, menos espesso, com possança de menos de 10 m. Em ambos os derrames, ocorre o basalto denso, ocasionalmente com a presença de amígdalas no topo, sendo freqüente intercalações de arenitos intertrapeanos. A Formação Botucatu ocorre sotoposta aos basaltos da Formação Serra Geral e deverá apresentar interferência com a



instalação da Casa de Força, Canal de Fuga e restituição do Vertedouro. A formação é constituída por arenitos vermelhos, finos a médio, comumente silicificados, quartzosos. Localmente, podem ocorrer porções conglomeráticas na base. Possui grande potencial aquífero.

Foi ainda observada na área a presença da Formação Adamantina, representada pelos arenitos Bauru, que ocorrem nas bordas do reservatório, recobrimo os basaltos da Formação Serra Geral. Segundo o relatório, não deverá, entretanto, interferir com a implantação das obras.

Ainda segundo o relatório, o local apresenta ampla cobertura de solo sobre os maciços rochosos, constituída por solo coluvionar, solo residual e solo de alteração evoluindo para saprolito e rocha alterada.

As características geotécnicas, resultantes de ensaios laboratoriais, mencionadas no relatório, indicam a adequação desses materiais como fundação para as diversas estruturas. Não foi possível, porém, acessar perfis ou logs de sondagens, perfis geológicos etc., que permitissem julgar e confirmar a adequação dessa geologia e suas eventuais condicionantes na implantação das obras.

Suficiência das Investigações

O relatório menciona a seguinte quantidade de sondagens e investigações:

Sísmica de refração – 1.800 m lineares de perfil, cobrindo as áreas destinadas potencialmente à localização de todas as estruturas (VT, TA, CF e BT);

12SP com SPT e infiltração no solo (120 m);

8SM com SPT e infiltração no solo e perda d'água na rocha (218 m);

3SR em pedreira (45 m);

PI e ST nas fundações e áreas de empréstimo (212 m).

Além disso, foram extraídas amostras deformadas e indeformadas dos solos de fundação e dos materiais de construção (solos, areias e rocha) para ensaios de caracterização geotécnica, resistência, compressibilidade, percolação e características tecnológicas de areia e rocha para uso no concreto.

À primeira vista, a quantidade de investigação parece adequada a um estudo de viabilidade. Não se sabe, porém, qual foi a distribuição espacial destas investigações, quantas efetivamente foram executadas no eixo escolhido, como as sondagens se localizaram em relação ao arranjo selecionado e finalmente qual foi



a profundidade investigada. Desse modo, fica comprometida a avaliação deste aspecto dos estudos.

Materiais de Empréstimo

O relatório menciona que existe solo em abundância na região. Foram pesquisadas áreas de empréstimo, jazidas de areia e material pétreo. A localização dessas áreas estaria apresentada na Ilustração 37 e as principais características geotécnicas nas Ilustrações 49 a 51. Não foram disponibilizadas essas ilustrações, razão pela qual não é possível se tecer quaisquer comentários.

Detalhamento do Projeto (Alternativa 1)

O relatório menciona o estudo de alternativa de eixos (Ilustrações 7, 10 a 13), que teria considerado dois eixos, sendo um de montante e outro de jusante. Uma vez definida a maior atratividade do eixo montante, foram estudados 8 arranjos (Ilustrações 14 a 21), estudo ao qual também não se teve acesso. Deste modo, não será aqui apresentada análise crítica referente a esses estudos.

Com relação ao arranjo selecionado, não estão disponíveis todos os desenhos. A partir do material analisado, não parece haver qualquer impedimento técnico, do ponto de vista geotécnico, com relação à implantação das obras.

Estudos Hidrológicos

A análise dos estudos hidrometeorológicos apresentados no Capítulo 7 do documento de referência resulta nos seguintes comentários:

- De forma geral, os estudos hidrológicos apresentados são iguais àqueles realizados em dezembro de 1996 para a UHE Itumirim. Até mesmo as tabelas e gráficos são iguais, preservando cores e formatos;
- A área de drenagem da bacia do rio Corrente não é cerca de 800 km²;
- Não são apresentadas informações básicas da bacia do rio Corrente, como a área de drenagem total e no aproveitamento, declividade média, perfil longitudinal do talvegue, rede hidrográfica, planta da bacia hidrográfica, entre outros;
- Para determinação das chuvas médias anuais na bacia do rio Corrente, deveriam ter sido elaboradas as isoietas médias anuais utilizando os dados dos postos pluviométricos localizados na região;

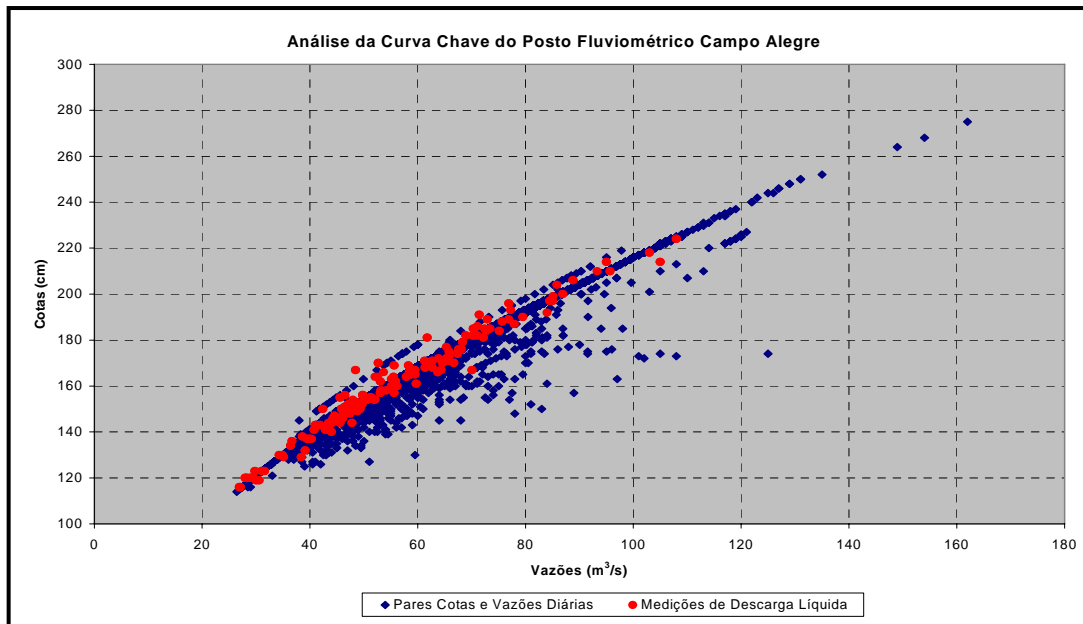


- Não foram feitos os estudos pluviométricos da bacia do rio Corrente. O documento de referência menciona uma chuva média anual de 1.400 mm, enquanto os Estudos de Viabilidade da UHE Itumirim mencionam, para a mesma bacia, um total anual de 1.500 mm;
- Para caracterização dos deflúvios da bacia do rio Corrente deveriam ter sido utilizados outros postos fluviométricos, como o 60950000 (Canastra) e o 60955000 (Fazenda Mumbela-FAM). O posto fluviométrico Campo Alegre controla apenas 36,5% da área de drenagem da bacia do rio Corrente, enquanto o aproveitamento Olho d'Água localiza-se a jusante, controlando cerca de 60 % da bacia;
- Não foram apresentados os estudos de consistência dos dados fluviométricos dos postos da bacia do rio Corrente, o que deveria incluir:
 - Análise das curvas-chave dos postos fluviométricos;
 - Análise dos cotogramas ou limnigramas dos postos fluviométricos;
 - Determinação das séries de vazões médias diárias, utilizando a curva-chave existente (se consistente) ou a nova curva-chave estabelecida;
 - Determinação da série de vazões médias mensais;
 - Correlação das séries de vazões médias mensais dos postos fluviométricos.

Para uma análise mais detalhada, obteve-se junto à ANEEL os dados do posto Campo Alegre, estação utilizada nos estudos para determinação da série de vazões médias mensais do rio Corrente na UHE Olho d'Água. A figura a seguir apresenta a análise da curva-chave deste posto, onde são confrontadas as séries de cotas e vazões médias diárias e as medições de descarga líquida.

A análise desta figura permite verificar a presença de diversas inconsistências entre as cotas observadas e as vazões consideradas. Além disso, verifica-se um grande conjunto de pontos cota-vazão que não guardam relação com as medições de descarga. No relatório não há nenhuma referência quanto à correção de inconsistências.

Desta forma, os estudos hidrometeorológicos e, como consequência, os estudos energéticos ficam comprometidos.



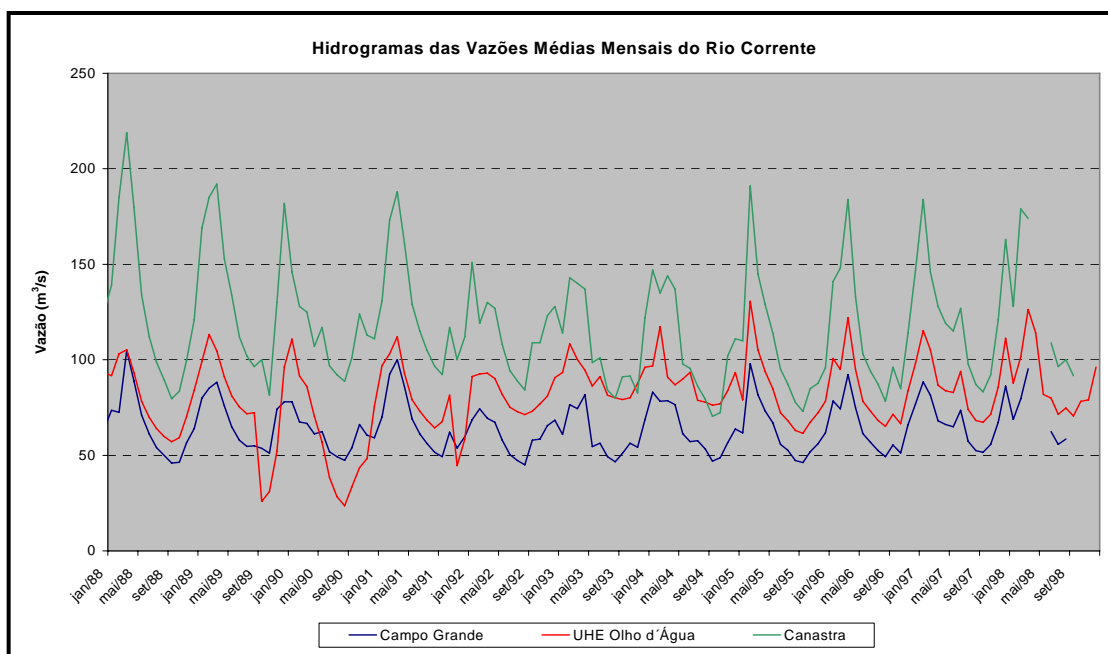
- As curvas-chave na seção de restituição do desvio do rio deveriam ter sido obtidas através de medições de descarga ou com base em seção topobatimétrica. O procedimento adotado, com simplificações como a adoção de seção retangular não apresentada e de linha d'água obtidas da restituição aerofotogramétrica, não são condizentes com a fase de viabilidade;
- Quanto à curva-chave do canal de fuga, deveriam ter sido apresentadas as medições de descarga líquida, permitindo verificar a curva ajustada;
- A série de vazões máximas apresentadas na Tabela 7-2 não corresponde àquele que seria obtida a partir dos dados do posto fluviométrico Campo Alegre. As principais diferenças ocorrem para o período 1972 a 1976. A utilização dos dados do posto fluviométrico Campo Alegre resultaria em uma média de 108,4 m³/s, valor superior àquele apresentado na Tabela 7-2. O relatório não apresenta nenhuma justificativa ou menciona correções na curva-chave;
- A série de vazões máximas apresenta, apenas, 21 anos de observações. Uma vez que o objetivo é determinar hidrogramas de projeto com períodos de retorno de até 10.000 anos, deveriam ter sido utilizados dados de precipitações (chuvas intensas) ou elaborado um estudo de regionalização com dados de bacias vizinhas que permitiriam, pelo menos, verificar os resultados obtidos na análise de freqüência. É importante lembrar que a segurança da barragem está

relacionada com a vazão ou hidrograma de projeto obtido a partir deste procedimento;

- Não são apresentados os critérios para definir a distribuição probabilística de melhor ajuste. Além disso, o Gráfico 7-9 não apresenta a distribuição de melhor ajuste ou os valores de vazões máximas;
- O procedimento de transferência de vazões máximas médias diárias do posto Campo Alegre (2.921 km²) para a UHE Olho d'Água (4.779 km²) por proporcionalidade de área de drenagem é incorreto;
- Não foi considerado qualquer coeficiente (por exemplo, fórmula de Fuller) para obter a vazão máxima instantânea a partir da vazão máxima média diária;
- Não foram apresentadas as metodologias, procedimentos e dados utilizados para a obtenção da série de vazões médias mensais do rio Corrente na UHE Olho d'Água. Apenas, menciona-se que a série foi elaborada pela CELG.

Visando verificar de forma expedita a série obtida, procedeu-se a elaboração dos hidrogramas das vazões médias mensais do rio Corrente nos postos fluviométricos Campo Alegre e Canastra, localizados a montante e a jusante da UHE Olho d'Água, apresentado na figura a seguir:

Apenas nos últimos 10 anos, verificam-se inconsistências em diversos períodos, como entre setembro e novembro de 1989 e entre maio e novembro de 1990, dentre outros.





Reservatório

Não foram apresentados os elementos que permitiram a obtenção das curvas cota x área x volume;

O estudo de enchimento apresentado é simplista. O estudo de enchimento deve ser desenvolvido através de análise estatística de séries temporais, utilizando cenários médios, desfavoráveis (abaixo da média) e favoráveis (acima da média). Usualmente, os tempos de enchimento são obtidos de forma probabilística ou estocástica. Além disso, adotou-se de forma arbitrária uma vazão defluente sanitária de $5,0 \text{ m}^3/\text{s}$, que representa apenas 21% da vazão mínima média mensal da série histórica;

Não são apresentadas as seções topobatimétricas. Além disso, verifica-se que não foram feitas campanhas de medições de descarga e levantamento de linhas d'água, conforme preconiza o manual dos estudos de viabilidade. Não são apresentados os valores obtidos para o coeficiente de Manning. Embora o texto mencione “perfis observados”, não são apresentados os perfis e/ou os procedimentos de calibração do modelo. Os Gráficos 7-10 a 7-13 não apresentam o fundo do rio, como é prática usual;

Não são apresentados o valor do fator de correção da velocidade do vento e o procedimento utilizado para sua obtenção;

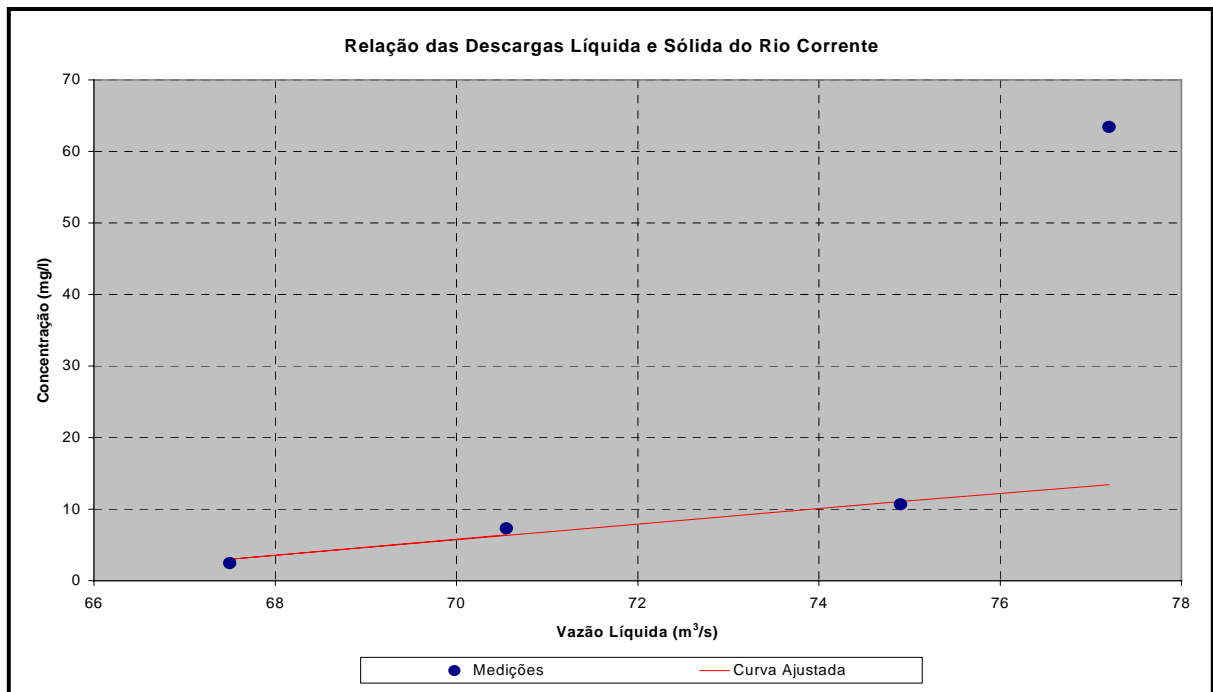
Menciona-se que foi considerado um vento com recorrência de 10.000 anos. No entanto, não são mencionadas as estações climatológicas onde teriam sido obtidos os dados de vento. Também não são apresentadas as análises de frequência dos ventos, que permitiriam obter uma relação intensidade x duração x direção e frequência;

- Não foram apresentados os cálculos do “fetch efetivo”, importante elemento no cálculo da borda-livre;
- Não são apresentados os dados e os cálculos da altura significativa, comprimento e período de onda;
- Não são apresentadas justificativas para adotar o critério que as ondas fossem superadas em apenas 13% do tempo.

Hidrossedimentologia

Não foram feitas as medições de amostragem do material do leito;

- As campanhas realizadas não são suficientes para caracterizar o transporte sólido ou definir a relação entre a vazão sólida e a vazão líquida. A figura a seguir apresenta as 4 medições de descarga sólida e a curva ajustada. Verifica-se que a medição do dia 09/05/99 em Espora (Tabela 7-9) foi desprezada e a curva foi ajustada a apenas 3 pontos;



- Embora tenham sido feitas algumas medições de descarga líquida, não foram feitas as distribuições granulométricas. Desta forma, não há elementos para determinação do peso específico aparente para um período de 100 anos;

Enfim, os estudos são inadequados e não permitem qualquer conclusão.

Estudos Energéticos

Os estudos energéticos estão comprometidos pelas inconsistências identificadas nas séries de vazões médias mensais, conforme comentado no item anterior. De qualquer forma, a análise dos estudos energéticos apresentados no Capítulo 11 e 12 do documento de referência resultaram nos seguintes comentários:

- Não são apresentados os elementos básicos das análises econômicas, como a vida útil econômica e a taxa de desconto;



- O texto afirma que “Para os estudos de eixo, de arranjo e de níveis foi considerado um fator de capacidade de 0,55”. A metodologia recomendada pelo documento “Instruções para Estudos de Viabilidade” da Eletrobrás, DNAEE,1997, não utiliza este tipo de hipótese. Não foi localizado o procedimento que utilizou esta hipótese;
- Não foram apresentados parâmetros básicos, como:
 - Rendimento médio do conjunto turbina-gerador;
 - perda de carga no circuito de adução e geração;
 - vazão sanitária entre a barragem e o canal de fuga;
 - carga ou mercado utilizado para o sistema nas simulações.
- Não são apresentados os resultados das simulações do sistema, em particular as energias firme do sistema de referência obtidas em cada cenário ou alternativa;
- A premissa utilizada para a determinação do nível máximo operacional do reservatório e otimização do deplecionamento – “as potências de referência consideradas nas simulações foram definidas de forma que não houvesse qualquer restrição à geração” – são inadequadas e distorcem as análises. Além disso, não estão condizentes com a recomendação do documento “Instruções para Estudos de Viabilidade” da Eletrobrás, DNAEE,1997.

Aspectos Hidrometeorológicos

Foram instalados 2 postos flúvio-sedimentométricos, sendo um no canal de fuga da usina e o outro na cota do reservatório, prática não aplicada ou mencionada para a UHE Itumirim.

Adotou-se a cheia decamilenar de $470 \text{ m}^3/\text{s}$ para o vertedouro, e a enchente de período de retorno de 50 anos igual a $290 \text{ m}^3/\text{s}$ para o desvio do rio.

Considerou-se uma vazão sanitária de $5 \text{ m}^3/\text{s}$ para o enchimento do reservatório, inferior àquela de Itumirim, sem se saber os motivos.

Estimou-se de 3,75 e 2,60 meses para o enchimento do reservatório, respectivamente em julho e novembro.

O relatório também apresenta o estudo de remanso conseqüente da formação do reservatório. Entretanto, as curvas apresentadas nas pp.34 a 36 indicam valores



que merecem uma revisão, já que a curva cota-descarga na estaca zero é uma reta até a vazão de 290 m³/s e quase uma reta até a vazão decamilenar.

Outrossim, o remanso na cola deveria ser relativamente maior para as pequenas descargas.

Nota-se que o cálculo do remanso e da borda livre foi realizado para o nível 490,50 e não 490,00 m, que é a cota de projeto. No cálculo da borda livre, foi adotada a velocidade máxima de vento de 100 km/h, por falta de dados (ver p.36). No parágrafo seguinte, diz ter adotado um vento com recorrência de 10.000 anos. Que vento será esse se não há dados?

O estudo de sedimentos foi realizado com poucos dados e deverá ser revisado, seguindo, pelo menos, os critérios vigentes e executando campanhas de recolhimento de material do leito, a ser submetido a ensaios de laboratório.

Custos

Adotou-se um CUR de U\$ 36,00/MWh (junho/01) para a valoração econômica. Não se considerou os benefícios de ponta, o que é correto.

Foram simulados vários níveis operacionais, com diferentes depleções e motorizações, segundo metodologias satisfatórias.

Aspectos Hidráulicos e de Arranjo de Projeto

Foram estudados 2 eixos alternativos, sendo o de jusante aquele do inventário e o de montante a 4,5 km de distância.

A alternativa de jusante inundará uma área de 39,7 km² e a de montante 34,3 km² (na cota 490,50 m).

Nota-se que foram adotados 3 cotas de coroamento, sendo 494,50 m para a barragem, 493,50 m para o vertedouro e 491,00 m para a tomada d'água abaixo do nível d'água na cota 491,50 m. Não se entende como será o caminho de rolamento dos equipamentos para esses desníveis e a eventual estrada de acesso.

O resultado final das comparações selecionou o eixo montante que, à simples vista, teria sido o preferido.

Posteriormente, foram analisados 8 arranjos distintos, adotando uma borda livre para os arranjos 1 e 2 dois metros abaixo das restantes alternativas.



O resultado foi a escolha do arranjo 1.

Nota-se que na p.81 indica-se uma área de reservatório de 184 km², bem superior aos 34,3 km² da p.78 e da ficha técnica.

Os resultados dos estudos energéticos e custo das obras levaram à seleção do N.A.Max.Normal na cota 490,00 m, sem depleção. Entretanto, a análise das tabelas das p. 86 e 87 mostra incoerências entre os valores da energia firme e benefício energético, já que este último deverá ser sempre maior que o primeiro.

Para a otimização da potência instalada, foram analisados valores entre 30 e 60 MW, tendo sido eleita a potência instalada de 33 MW. A análise das tabelas da p.89 mostra a persistência das incoerências e que qualquer ajuste, por menor que seja, poderá indicar outra potência bem superior.

O estudo merece ser revisado.

Alternativa Selecionada

Reservatório

Repete-se, na p.91, que a área do reservatório é de 184 km², diferente do valor da p. 78, ficha técnica e Ilustração 54.

Vertedouro

As suas dimensões poderão ser reduzidas em 10%.

Borda Livre

Adotou-se um valor igual a 2 m, sem apresentar os correspondentes cálculos. É insuficiente para uma barragem de terra.

Prazos e Custos

O prazo indicado de 33 meses para a construção do projeto está compatível com as condições atuais do mercado.

O orçamento foi calculado de acordo com os procedimentos e preços fornecidos pela ELETROBRÁS (o custo dos equipamentos foi obtido de fabricantes) , totalizando R\$ 109 x 10⁶ (junho/01), equivalentes a U\$ 46 x 10⁶.



Adotou-se a divisão de queda revisada pela THEMAG em 1999, onde se elevou o nível d'água de 468,50 m para 490,50 m, se incrementou a potência instalada de 37,6 MW para 58,0 MW, e se obteve um ICB de U\$ 57,5/MWh (dez/95) .

O resultado do estudo indicou , como ótimos, o nível d'água na cota 490,00 m , uma potência instalada de 33,0 MW e um ICB de U\$ 26,07/MW (junho/01) , valores bem diferentes do estudo de inventário. É provável que as diferenças sejam o resultado do nível precário do estudo de inventário, como já analisado.

Aspectos Ambientais

Como no caso de Itumirim, as análises, nesse momento, são feitas apenas com base nos elementos contidos nos estudos de viabilidade. Mais adiante, no entanto, faz-se uma abordagem mais circunstanciada com base nos estudos de impacto ambiental que foram elaborados simultaneamente aos de viabilidade, no caso um RAS – Relatório Ambiental Simplificado, segundo consta. Ainda que os conteúdos possam ser semelhantes (o que nem sempre ocorre), em tese os aspectos ambientais abordados nos estudos de viabilidade deveriam concorrer no momento oportuno da escolha das alternativas de projeto, restando aos estudos de impacto ambiental privilegiar a alternativa final escolhida e aprofundar o conhecimento de suas implicações.

Um primeiro aspecto importante, do ponto de vista biofísico e mesmo físico-territorial, é que o empreendimento estará situado num compartimento geomorfológico bastante distinto do reservatório de Itumirim, onde essa barragem marca o limite aproximado do compartimento superior do chamado “Chapadão de Goiás” (cotas em torno de 800 m), onde ocorre o divisor das bacias do Paraná, Paraguai e Araguaia-Tocantins. No caso do eixo Olho D'Água, o compartimento que lhe corresponde já se encontra no limite entre a cimeira intermediária e a superior, marcada por Itumirim, e o planalto rebaixado associado à depressão do Vale do Paranaíba (cotas entre 500 e 300 m).

A fitocenose mais conspícua ocorrente neste compartimento já se assemelha à mesma tipologia que ocorria ao longo do Paranaíba, originalmente um domínio da Mata Estacional Semi-Decidual, associada a campos úmidos e formações higrófilas e ripárias.

Nas áreas a serem diretamente afetadas pelo reservatório, o predomínio é dessas duas últimas formações, inteiramente por áreas severamente antropizadas.

Os estudos citam a importâncias desses remanescentes para suporte da fauna, indicando que na área de influência do empreendimento a região da foz do córrego Queixada é a que apresenta os remanescentes mais íntegros comparados



aos demais. Infelizmente, a ausência de mapas nos estudos de viabilidade examinados não permite uma visualização mais clara destes nichos em relação ao empreendimento.

As informações de natureza sócio-econômica simplesmente inexistem no relatório examinado, face à frugalidade das abordagens realizadas, o que impede qualquer análise.

Pelas referências, deverão ser desapropriados cerca de 44 km² de terras, o que inclui os 34 km² para a formação do reservatório (segundo a ficha técnica), as áreas de canteiro e apoio, assim como a faixa de APP de 100 m no perímetro do lago.

Seguem-se os programas pertinentes usuais (alguns de relevância duvidosa, como, por exemplo, o de monitoramento climático) a empreendimentos do mesmo porte. As desapropriações deverão, segundo os estudos, atingir 17 benfeitorias rurais e 29 famílias, sem referência ao número de imóveis ou estabelecimentos.

Como no caso de Itumirim, depreende-se que os impactos mais significativos deverão ser os de caráter biofísico.

Conclusões e Recomendações

Considerando as informações contidas no relatório, do ponto de vista geológico – geotécnico, não parece haver restrições quanto à implantação do empreendimento.

Pelo que se pôde apurar do texto, os estudos, análises e dados levantados foram bastante completos e ricos, considerando o alcance de um projeto de viabilidade. Não obstante, essa análise crítica ficou prejudicada pela não disponibilização de todo o material resultante desses estudos, em particular das ilustrações que permitissem uma avaliação mais aprofundada e independente. O mesmo comentário vale para os estudos ambientais apresentados, notadamente no que tange a uso e ocupação atual do solo e cobertura vegetal, variáveis que se considera as mais relevantes aos estudos.

Outro aspecto de grande importância é quanto aos efeitos da vazão remanescente permanente, estipulada em 5 m³/s, bem abaixo, portanto, do que seria razoável numa primeira análise (algo próximo a 18 m³/s). Qual o efeito dessa vazão na condição final das cachoeiras e da geração a jusante? Falta informação a respeito nos estudos de viabilidade.



Apesar do relatório dos estudos de viabilidade de Olho D'Água ter sido apresentado de forma mais consistente e abrangente que o de Itumirim, alguns aspectos adicionais podem ser comuns aos dois estudos:

- Seria importante saber como foi a acolhida da ANEEL, e respectivos comentários, de ambos projetos, e qual é a sua presente postura ;
- Os estudos energéticos deverão ser revisados, considerando também, as repercussões sobre a divisão de queda;
- As dimensões dos vertedouros de ambos projetos poderão ser reduzidos entre 8 a 10%;
- Os respectivos estudos de sedimentação exigem uma revisão de maior detalhe e precisão;
- É importante programar o enchimento dos reservatórios para o período de enchentes;
- Falta ainda definir um critério uniforme e homogêneo para a determinação da vazão sanitária a jusante;
- Especificamente para o caso de Olho D'Água:
 - É recomendável ainda recalcular o remanso e a borda livre para a cota 490,00 m.
 - É preciso verificar o que acontecerá com o aproveitamento de montante com a redução do nível em Olho D'Água em 0,50 m.

Por fim, cabe ressaltar que, ainda que mencionado “*en passant*” em alguns trechos do relatório, as variáveis ambientais não cumpriram qualquer função na escolha do eixo ou das alternativas de arranjo, nem subalterna, até pela semelhança das alternativas envolvidas.

Relatório Ambiental Simplificado

Ainda que o objetivo da análise não seja o de criticar o estudo em si, mas a consistência dos resultados “*vis-à-vis*” o empreendimento concebido, não há como escapar de algumas considerações. Uma delas é quanto à utilidade de alguns dados e parâmetros utilizados nos estudos sobre o clima.

Não consta que o empreendimento tenha sido concebido “*a priori*” para aproveitamento múltiplo, o que não impede, por certo, que possa vir a sê-lo, pelo



menos para usos não-consuntivos. Para usos consuntivos, no entanto, sua previsão deveria entrar nas simulações energéticas e no cálculo custo-benefício. Não é o caso da UHE Olho D'Água.

Não obstante, há todo um trabalho, cuidadoso, aliás, de estabelecimento do balanço hídrico na área de influência e estabelecimento dos índices agroclimáticos baseados nos modelos de Thornthwaite.

Esse raciocínio não tem qualquer relevância para um RAS de hidrelétrica; só caberia se estivessem previstos usos múltiplos e, dentre eles, principalmente irrigação e abastecimento público urbano e rural difuso.

Para os estudos ambientais, bastaria entender a dinâmica climática através dos parâmetros mais conspícuos considerados por Köppen, para a compreensão dos ecossistemas regionais.

O mesmo comentário vale para os aspectos hidrométricos, cuja única importância seria se contivessem dados de vazão mínima, mas ainda assim para um período mínimo de 10 anos de medições, para embasar o cálculo da vazão remanescente garantida, que não constam.

Com relação aos estudos pedológicos, ainda que se prestem às finalidades do estudo, estariam mais consistentes se obedecessem à classificação de solos de 1999, pois a utilizada está superada, e o problema não é apenas de taxonomia e, sim, também, conceitual e de interpretação das associações e unidades de mapeamento, o estudo apresentado é datado de 2001, o que não o absolve da falha.

No caso da hidrossedimentologia, os estudos, em razão da carência de dados, optaram por utilizar as mesmas premissas do estudo de Itumirim, ou seja, 300 m³/km²/ano, o que foi considerado inadequado para o estágio de projeto (viabilidade), mesmo juízo, por óbvio, para o presente estudo, conforme já mencionado anteriormente, quando dos aspectos hidrológicos e energéticos.

Na parte que trata do meio antrópico, o texto se inicia com breves relatos da constituição histórica dos municípios da área de influência. Quando se refere a Itarumã, há o registro de fato histórico que foi considerado “interessante”, que concerne a colunas comandadas por Siqueira Campos, em 1925 e 1926, com intenção, segundo apuraram, de saque às fazendas da região.

Se o episódio foi considerado interessante, e de fato é, mereceria um relato mais completo ou sua omissão no texto.



O episódio está relacionado à historicamente importante “Coluna Prestes”, como ficou conhecido o grupo de militares paulistas e gaúchos, mais alguns líderes civis, que se insurgiram contra o governo de Arthur Bernardes e vararam o país entre os anos de 1924 e 1927. Entre os anos de 1925 e 1936, há registros de sua passagem por Goiás, no sentido oeste para leste, vindos de Mato Grosso, tendo sido ocupadas várias cidades, tais como Mineiros e outras na área do vale do rio Corrente. Realmente, o então tenente-coronel Siqueira Campos, já célebre por sua participação destacada no movimento tenentista (1922) no Rio de Janeiro, era um dos comandantes da Coluna, e também era usual que cobrassem “contribuições revolucionárias” dos comerciantes das cidades por onde passavam.

De modo geral, o diagnóstico apresentado se coloca de maneira adequada às finalidades do estudo, face às conhecidas limitações de tempo que caracterizam trabalhos do gênero.

No caso dos impactos, alguns comentários se fazem necessários.

Na matriz apresentada (p.5-5), foram identificados alguns impactos na fase que denominaram de preliminar das obras. No entanto, na discussão que se segue são comentados apenas os impactos das etapas construtivas e de operação.

Quando da fauna, o texto insinua a questão da conexão dos ambientes que serão afetados com o PARNA Emas, com o qual haveria intercâmbio por meio dos deslocamentos de indivíduos ou grupos da fauna, impacto que, associado aos já provocados por Itumirim, seria agravado por Olho D'Água.

Considera-se legítima a preocupação, mas não há nos estudos que foram levados a efeito elementos que permitam levantar tal hipótese, ademais do fato de que entre Itumirim e Olho D'Água ainda haverá os reservatórios de Espora e Queixada, num estirão de 90 km de rio e mais 70 km até Mineiros.

Os estudos para o meio antrópico indicaram que todas as propriedades lindeiras ao reservatório permanecerão com áreas remanescentes que permitem a continuidade de suas atividades praticadas. Apesar disso, é indicado como mais um impacto a remoção compulsória de 97 pessoas residentes em 14 propriedades, a maioria constituída de empregados das fazendas, sendo apenas 2 as famílias proprietárias dos imóveis. Isso leva a supor que os remanejamentos devam ocorrer apenas pela relocação das moradias para áreas em cotas mais elevadas no mesmo imóvel.

No tocante à vazão remanescente no período de enchimento do reservatório, foi fixado o valor de 5 m³/s, o que é um número muito distante do que seria um valor adequado (18 m³/s, aproximadamente), merecendo um estudo mais aprofundado



a respeito. Observe-se que este é um valor que estará sendo vertido permanentemente no trecho entre a barragem e a casa de força, não só nos 3,5 meses estimados para o enchimento do lago.

De todo o modo, o projeto não define como irá verter a vazão sanitária preconizada, nem no estudo ambiental, nem no de viabilidade.

No diagnóstico, os levantamentos indicaram que serão afetadas parcialmente 14 propriedades e 17 edificações/benfeitorias, o que abrangeria 30 famílias e 97 pessoas.

Na avaliação de impactos, as referências são as mesmas 17 edificações, mas as propriedades passam a ser “algumas”.

Já nas medidas de controle, as propriedades passam a ser 13 e as benfeitorias apenas 7, sendo que as famílias e pessoas não são mais mencionadas. Conviria um certo cuidado na consistência das informações.

Pelo que se depreende do relatório, os 3.225 ha a serem desapropriados não incluem a faixa de APP, sendo, portanto, extremamente provisórios os números de propriedades e famílias atingidas, o que é inaceitável neste estágio dos estudos.

Outro aspecto interessante que se observa é a excessiva preocupação sobre a possível indução à sismicidade, que consta de todos os capítulos do relatório com destaque mais elevado que a maioria das demais abordagens, para um risco que se considerou quase nulo.

Quanto à APP, ainda, o estudo menciona que as prefeituras municipais seriam as responsáveis pela sua implementação e controle de uso, o que contraria a legislação vigente, que atribui toda a responsabilidade exclusivamente ao empreendedor, principalmente quanto à aquisição das áreas.

SUB-BACIA DOS RIOS CLARO E VERDE – Estudos de Inventário

Da mesma forma que no caso do rio Corrente, os estudos de inventário dos rios Claro e Verde também foram realizados pela THEMAG ENGENHARIA, o primeiro entregue, como visto, em 1995, e os ora em análise em novembro de 1998.

Apesar dos serviços terem sido realizados pela mesma empresa, há diferentes enfoques e níveis de detalhe e precisão dados aos estudos, cuja origem ou motivo são difíceis de interpretar com base nos documentos consultados.



Destaca-se que o presente relatório analisa e comenta estudos de inventário aparentemente já aprovados pela ANEEL, tendo em vista que essa Agência já autorizou a execução de estudos em nível de viabilidade de dois projetos em cada um dos referidos rios, ou seja, a divisão da queda dos estudos de inventário já foi aprovada pela ANEEL.

Cartografia e Topografia

Nos rios Claro e Verde, os Estudos Preliminares foram realizados sobre mapas da FIBGE em escala 1:100.000, com curvas de nível a cada 50 m, e com o levantamento do perfil do rio feito pela CELG.

Para os Estudos Finais, foi realizada uma restituição aerofotogramétrica a partir de fotos aéreas em escala 1:60.000, da USAF, para gerar mapas de reservatórios em escala 1:10.000, com curvas de nível a cada 10 m.

Nos eixos selecionados, foram levantadas 3 seções topobatimétricas, sendo uma no eixo e duas 500 m a montante e a jusante, para gerar mapas em escala 1:10.000, com curvas de nível a cada 10 m. Esses procedimentos não seguem as diretrizes do Manual e são, portanto, inaceitáveis, devido à reduzida escala dos reservatórios e barramentos.

Outrossim, a utilização de mapas em escala 1:100.000 não é aceitável para os estudos de inventário preliminar.

Nota-se que não foram tomadas fotografias aéreas naquelas oportunidades, para o estudo dos impactos ambientais atualizados, resultantes da formação de novos reservatórios.

Geologia e Geotecnia

Nos rios Claro e Verde, foram realizados, nos barramentos selecionados, reconhecimentos aéreos e terrestres, mapeamentos de superfície, sísmica de refração nos eixos, sondagens a trado e ensaios de laboratório, estudo de jazidas e respectivos ensaios, que obedecem aos delineamentos do Manual da ELETROBRÁS e à boa prática da engenharia, nada do qual foi feito no rio Corrente. Entretanto, nos estudos preliminares, realizou-se somente reconhecimento de superfície, sem nenhuma investigação de sub-superfície, fato que contraria as diretrizes do Manual.

Verificou a existência de 84 processos de pesquisa, estando somente dois na condição de lavra para exploração de dolomita e calcário dolomítico.



Hidrometeorologia

Como visto para o rio Corrente, as séries mensais utilizadas foram obtidas por correlação de outra bacia, não havendo justificativa para não ter sido utilizada a série do SIPOT da ELETROBRÁS, considerada como oficial.

Ademais, naquele caso, também não há explicação de como se definiram as curvas cota x descarga a jusante dos aproveitamentos por correlação com as curvas nos postos fluviométricos, já que não há dados disponíveis para realizar essa operação.

No caso dos rios Claro e Verde, a situação é bastante similar, ou seja, há registros apenas a partir da década de 70, com falhas, às vezes, prolongadas.

O estudo de sedimento é precário e insuficiente. Não se entende a não utilização de índices específicos aplicáveis às bacias do país e sua respectiva zonificação, da ELETROBRÁS/ANEEL.

Não há nenhuma recomendação para a instalação de novos postos, em especial no sítio dos barramentos.

Meio Ambiente

Nos rios Claro e Verde, nos Estudos Preliminares, foram utilizados mapas em escala 1:100.000 desatualizados, e mapas em escala 1:10.000, nos Estudos Finais, também desatualizados, já que foram gerados a partir das fotos antigas da USAF em escala 1:60.000.

Em ambos rios, não foram tomadas fotos aéreas na data dos respectivos estudos, pelo menos da área dos reservatórios selecionados, fato que prejudica a qualidade e confiabilidade dos estudos.

Não obstante essas limitações, que os próprios autores ressalvam e recomendam maiores detalhamentos posteriores, nota-se que as variáveis ambientais tiveram um peso maior que o até então usual em estudos de inventário. Houve efetiva contribuição ao processo decisório acerca da escolha das alternativas mais promissoras e menos impactantes ao meio ambiente, com destaque para a questão dado à conservação da maior extensão possível das formações ripárias e de várzeas, dada a sua importância para a sustentação das faunas terrestre e aquáticas.

Dentre outros critérios, houve uma preocupação quanto aos aspectos de qualidade das águas nos futuros reservatório e condições limnológicas, além de



atenuação da possível pressão sobre núcleos urbanos e rurais, com a redução das áreas inundadas e manutenção de testemunhos do patrimônio cênico regional.

A adoção de uma vazão remanescente a jusante menos conservadora e com critérios uniformes é um claro indicador do nível de atenção adotado nos estudos.

Custos

Para os rios Claro e Verde foram aplicados os custos do Manual, de novembro/97, cuja data base é dezembro/95 (1U\$ = R\$ 0,97).

Destaca-se que os custos vigentes no mercado nesta data (2003) são, pelo menos, de 30 a 50% inferiores aos valores do Manual de 1997, devido tanto à deflação cambial bem como à competitividade do mercado. Recorda-se que os custos do Manual de 1997 refletem preços de obras administradas somente pelo poder público, o que não é o caso dos empreendimentos ora estudados.

CrITÉrios Básicos Utilizados

Os critérios utilizados para o dimensionamento, quantificação e orçamentação, bem como os critérios energéticos e valoração do índice custo-benefício (ICB), foram aqueles especificados no Manual.

Utilizou-se um fator de capacidade (FC) igual a 0,55 para a determinação da potência de referência, igual à divisão da energia firme do período crítico pelo FC.

O período crítico adotado no rio Corrente, correspondente ao período crítico do sistema interligado naquela oportunidade, foi de março/51 a novembro/56.

O período crítico adotado nos rios Claro e Verde foi de junho/49 a novembro/56, correspondente ao período crítico do sistema na presente data (2003).

O Custo Unitário de Referência (CUR), valor acima do qual se descartam alternativas e aproveitamentos, foi de U\$48/MWh (dez/95). Na presente data, esse valor é de U\$46/MWh.

A taxa de desconto utilizada foi de 10% a.a., adotando-se 50 anos como a vida útil dos aproveitamentos. Deveria ter sido também utilizada a taxa de 12% a.a., conforme indicado no Manual.



Formulação e Seleção das Alternativas de Divisão da Queda

Foram analisadas 12 alternativas de divisão da queda no rio Claro e 16 alternativas no Rio Verde.

A alternativa escolhida no rio Claro consistiu de 7 aproveitamentos e de 4 aproveitamentos no rio Verde.

O estudo foi realizado de acordo com as diretrizes do Manual de 1997 e as simulações de operação dos reservatórios foram executadas com as séries hidrológicas obtidas no estudo e não com as séries hidrológicas do SIPOT. Se se mantiver a correlação verificada no rio Corrente, será necessário revisar os estudos no tocante à determinação das novas energias firmes, potências instaladas e custos.

Destaca-se que foi adotada uma vazão sanitária igual a 80% da vazão mínima média mensal da série histórica, considerada adequada para o nível de estudo.

Ressalta-se, também, que foi estimada uma demanda global futura para irrigação de 16 m³/s, que não foi deduzida da geração (em princípio, a redução não seria total devido ao retorno de parte da vazão por infiltração), por considerar incerto o cenário futuro. Teria sido conveniente executar novas simulações com a redução das vazões para geração, a fim de sentir o efeito da irrigação sobre as produções energéticas.

As potências instaladas e correspondentes ICB's dos aproveitamentos das alternativas selecionadas são os seguintes:

Rio Claro

UHE	P.I. (MW)	ICB (U\$/MWh dez/95)
Rochedo	70,0	38,5
Ari Franco	62,0	37,3
Pontal	99,0	25,6
Caçu	67,0	35,5
Barra dos Coqueiros	91,50	32,8
Itaguaçu	151,0	28,8
Foz do Rio Claro	<u>72,0</u> 612,5	32,2



Os ICB's apresentados indicam a preferência pelas UHE's Pontal e Itaguaçu, e não Caçu e Barra dos Coqueiros, para serem estudados em nível de viabilidade.

Rio Verde

UHE	P.I. (MW)	ICB (U\$/MWh dez/95)
Tucano	157,00	37,8
Salto	117,00	29,0
Guariroba	74,00	43,0
Salto do Verdinho	<u>122,00</u> 470,00	27,6

Os ICB's apresentados confirmam a preferência dada para estudar as UHE's Salto e Salto do Verdinho em nível de viabilidade.

Arranjo Geral das Obras

No caso dos rios Claro e Verde, os dimensionamentos das obras foram realizados através de planilhas padronizadas, onde há seções típicas impostas para barragens, vertedouros, casas de força etc., ou seja, a segurança e estabilidade das obras já está considerada nessas planilhas. Nota-se que este procedimento é para garantir a comparação de alternativas em bases homogêneas e uniformes.

A quantificação de volumes depende da implantação das estruturas. No presente caso, tendo em vista o nível de inventário, o arranjo geral da UHE's é adequado, fato que não elimina a possibilidade de ajustes ou modificações importantes, resultantes de investigações e estudos em etapas mais avançadas de trabalhos.

Orçamentação

Para os Estudos Preliminares, os orçamentos foram elaborados a partir de curvas paramétricas de custo tais como: custo da casa de força em função da potência instalada, custo, das obras de desvio e vertedouro em função da vazão etc., ou seja, não importa o tipo de geologia, a topografia, se o desvio é por túnel ou canal, se o vertedouro é de encosta ou não etc.

Como toda metodologia padronizada, isto pode induzir, às vezes, a erros grandes. Entretanto, é inegável a sua vantagem em tratar todos os projetos de maneira uniforme e homogênea, quase que eliminando uma maior interferência do



projetista, e permitindo a comparação de um grande número de alternativas, de forma expedita e igualitária.

Para os Estudos Finais, com um número reduzido de alternativas, realizou-se o dimensionamento das obras através de planilhas já determinadas pelo Manual. Posteriormente, após o arranjo geral das obras, que depende da topografia, geologia e diversos parâmetros hidrológicos, foram utilizadas outras planilhas para a quantificação de volumes e serviços. Aplicaram-se, a esses valores, os preços unitários já determinados pelo Manual, atualizados a uma data-base definida para o respectivo estudo.

Os orçamentos foram apresentados no formato OPE – Orçamento Padrão ELETROBRÁS.

Destaca-se que, no caso dos Estudos Finais do rio Corrente, o OPE foi apresentado em nível de Estudos Preliminares, onde os custos referentes à área de inundação (conta 10) foram calculados como valores globais, sem nenhuma indicação que justificasse esses valores.

No caso dos rios Claro e Verde, realizou-se a quantificação das diferentes rubricas.

Ressalta-se, também, que não foram calculados os custos dos diferentes programas ambientais dos reservatórios do rio Corrente.

Cabe mencionar que, no Manual, os custos e prazos de construção, cuja duração se reflete diretamente no cálculo dos juros durante a construção (JDC), foram baseados nos contratos passados, administrados pelo poder público, e não refletem a realidade atual do mercado, após as privatizações concretizadas pelo Governo Federal.

As condições atuais do mercado indicam custos totais de 30 a 50% inferiores aos valores resultantes da aplicação do Manual, razão pela qual se faz mister atualizar e ajustar o referido Manual.

Conclusões e recomendações

Os resultados da presente análise permitem indicar as seguintes providências a serem tomadas para adequar os referidos estudos de inventário aos padrões de qualidade e normas usualmente aceitos para trabalhos similares, com o objetivo de enquadrá-los às diretrizes do Manual da ELETROBRÁS ora vigentes, apesar do inventário ter sido aprovado pela ANEEL:



- Considerando que os respectivos estudos obedeceram, em linhas gerais, os delineamentos do Manual, seria recomendável reavaliar as produções energéticas e potências instaladas com base em séries hidrológicas do SIPOT, ou de novas séries obtidas através de correlações chuva-deflúvio.
- É recomendável atualizar o Manual de Inventário da ELETROBRÁS, em especial no tocante aos preços e custos ali praticados, para adequá-lo às condições atuais do mercado.
- A análise e avaliação dos impactos, na região, resultantes da implantação das hidrelétricas, deverá ser realizada sem e com projeto, tomando em conta a implementação seqüencial e gradativa dos aproveitamentos.
- Apresenta-se, no Apêndice, a divisão das quedas escolhida.

SUB-BACIA DO RIO VERDE

4.2.3 AHE SALTO

Localização e Acessos

A UHE Salto estará localizada no rio Verde, afluente pela margem direita do rio Paranaíba, em seu terço inferior, a 18°48'03" de latitude sul e 51°10'56" de longitude oeste, na divisa entre os municípios de Caçu (margem esquerda) e Itarumã (margem direita), Estado de Goiás, conforme pode ser visto na ilustração colocada a seguir.

O acesso ao sítio do aproveitamento, a partir de Goiânia, pode ser realizado via rio Verde, Caçu e Cachoeira Alta, pelas rodovias pavimentadas BR-060, GO-174 e BR-364, num percurso de cerca de 370 km até a ponte de travessia do rio Verde (3 km antes, mais precisamente). A partir daí, até o eixo do barramento (margem esquerda), percorre-se mais 17 km, aproximadamente, por estrada vicinal de terra, mas com boas condições de tráfego todo o ano.

Caracterização do Empreendimento

O empreendimento terá uma potência instalada de 107 MW, num eixo que corresponde ao definido nos estudos de inventário.

O barramento será feito por meio de duas barragens de terra, coroadas na cota 448,50 m, com altura máxima de 42 m e comprimento aproximado de 2.560 m, de ombreira a ombreira.

O reservatório, com nível máximo normal posicionado na cota 446,50 m, terá uma área de 79,43 km² e volume total de 1.817x10⁹ m³.

As estruturas de concreto (tomada d'água e do vertedouro) estão localizadas na ombreira esquerda, com a mesma cota de coroamento que as barragens de terra.

O circuito de adução, ligando a tomada d'água à casa de força, será constituído por dois condutos em aço, desenvolvendo-se sobre a encosta da ombreira esquerda.

A casa de força será em concreto armado e abrigará dois grupos turbina-gerador e seus equipamentos auxiliares.

Essas e outras informações constam na ficha técnica que se apresenta no Apêndice



rio Verde a jusante da UHE Salto



mata ciliar do rio verde nas proximidades da UHE Salto



BR-364

Estudos de Viabilidade

Cartografia e Topografia

Os estudos utilizaram uma restituição aerofotogramétrica na escala 1:20.000, com curvas de nível com intervalo de 5 m, com base numa cobertura aérea em escala 1:60.000 (WN/AST-10) e apoio terrestre com GPS.

Para a UHE Salto, a área restituída abrangeu 123 km², correspondente à bacia de contribuição.

Tendo em vista que a operação da futura usina será a fio d'água, devido ao reduzido volume de regularização, a escala utilizada pode ser considerada satisfatória para a finalidade dos estudos.

Também podem ser considerados satisfatórios os levantamentos topobatimétricos que foram realizados no sítio de implantação das estruturas de controle, que tiveram a escala 1:2.000, com curvas de nível a cada metro, tendo sido locadas 28 seções.

Geologia e Geotecnia

“A região abrangida pela bacia do rio Verde encontra-se na unidade geológica denominada Bacia Sedimentar do Paraná, localmente representada por diversas unidades litoestratigráficas, com destaque para os arenitos das Formações Botucatu e Adamantina e para os basaltos da Formação Serra Geral.” A geologia é representada pelas Formações Serra Geral, Adamantina e depósitos Terciários/Quaternários.



As obras de barramento e da usina estarão fundadas apenas sobre os derrames basálticos. Os estudos geológicos levados a efeito, até a fase de viabilidade, não permitiram identificar, em nível regional ou local, falhamentos importantes que possam vir a condicionar a implantação do aproveitamento. Não obstante, recomenda-se um aprofundamento desses estudos nas etapas subseqüentes dos trabalhos.



As principais características das unidades estratigráficas encontradas na área de interesse são:

Formação Botucatu – arenitos finos a médios, avermelhados. São bimodais, quartzosos, friáveis, silicificados. Não terão interesse para as obras em questão.

Formação Serra Geral - “unidade de maior interesse da área dos estudos, desenvolvendo-se ao longo da calha do rio. O pacote de lavas alcança dezenas de metros, embora em alguns locais as espessuras de basalto possam estar bastante reduzidas, principalmente junto à borda da bacia. Na região, a Formação Serra Geral está representada por lavas basálticas com aspecto maciço, uniforme, amigdaloidal e vesicular, contendo fraturas irregulares formando espessuras variáveis de derrames com intercalações lenticulares e diques de arenito.” Os ensaios de perda d’água sob pressão, executados tanto no derrame superior como inferior, indicaram maciço rochoso praticamente estanque, com raros trechos medianamente permeáveis.

Na região, praticamente em todas as exposições do maciço, o litotipo que se destaca é o basalto denso ou maciço, localmente com vesículas e amígdalas, embora em algumas sondagens outros litotipos tenham sido também visualizados (basalto denso, basalto vesicular, basalto amigdaloidal e brecha basáltica).

A Tomada d’Água e Vertedouro estarão apoiados sobre este basalto denso, enquanto as escavações da Casa de Força e o fundo da bacia de dissipação do Vertedouro deverão expor a camada de basalto amigdaloidal inferior.

Formação Adamantina – na área de implantação do barramento, os litotipos da Formação Adamantina só foram identificados na margem direita, através das sondagens mecânicas, estando ao longo de trechos capeados por solos coluvionares.

Depósitos Aluvionares – são relativamente restritas as ocorrências de depósitos aluvionares. Os sedimentos aluvionares variam desde cascalhos até argilas, predominando frações arenosas, com espessuras máximas de 5 m. Na área de implantação das estruturas do barramento ocorre depósito na margem esquerda, constituído por areia fina silto-argilosa, marrom acinzentada, contendo cascalhos graúdos de sílex e basalto. Apresentam permeabilidade, obtida através de poucos ensaios de infiltração, da ordem de 10^{-3} cm/s e índices de penetração superior a 10 golpes. Permanecerão nas fundações da barragem de terra.

Solos Coluvionares – recobrem quase toda a extensão da área mapeada, chegando a atingir 10 m de espessura nas ombreiras. São constituídos por areia fina siltosa pouco argilosa. O material apresenta-se poroso, com valores de SPT



entre 1 e 5 golpes, nos 5 primeiros metros de profundidade, e permeabilidade da ordem de 10^{-5} cm/s. Em ensaios oedométricos realizados em amostras indeformadas, revelaram-se colapsíveis. O projeto prevê apenas a remoção parcial deste material, sob a barragem.

Os parâmetros geotécnicos e geomecânicos constatados através de ensaios de laboratório mostraram a adequação desses materiais no aspecto de resistência.

Suficiência das Investigações

As informações geológicas e geotécnicas fornecidas nos documentos a que se teve acesso são bastante ricas, considerando o alcance dos estudos.

As sondagens mistas executadas totalizaram 19 furos, além de 24 sondagens a percussão. Foram executados ensaios de laboratório para caracterização geotécnica e geomecânica tanto dos materiais que permanecerão nas fundações das diversas estruturas, em particular os solos sob as barragens de terra, como sobre os solos de empréstimo e demais materiais naturais para uso no concreto (areia e rocha para agregados). Com base nesse conhecimento, em princípio não se vislumbram problemas de fundação das estruturas, ou mesmo durante a fase de implantação das obras.

Não obstante a grande quantidade de sondagens executadas, há que se salientar que muitas destas sondagens foram locadas, provavelmente, para outras alternativas. É claro que o número de furos executados permitiu inferir com adequado grau de certeza, as condições de fundações das estruturas, para o arranjo selecionado. As características inferidas deverão ser confirmadas nas etapas subseqüentes dos estudos.

Materiais de Empréstimo

Os materiais de empréstimo foram adequadamente investigados. Há abundância de solos com características apropriadas para emprego no corpo das barragens de terra.

As diferentes litologias de basalto foram caracterizadas para fins de utilização com agregado de concreto, enfatizando-se a necessidade de exploração complementar em pedreira (parte será proveniente das escavações obrigatórias); quanto à areia e cascalho, foram identificadas jazidas na região de São Simão, a cerca de 90 km do local da obra.

Detalhamento do Projeto



O estudo de alternativas efetuado limitou-se a alternativas de arranjo, uma vez que, segundo o relatório, a existência de uma queda natural de cerca de 10 m fez com que todos os estudos sempre considerassem a restituição da Casa de Força à jusante da queda, condicionado assim um única alternativa de eixo.

As alternativas de arranjo contemplaram:

Arranjo 1 – vertedouro controlado, com desvio através de três galerias sob a barragem;

Arranjo 2 – idem 1, porém com o desvio feito através de adufas localizadas no corpo do VT;

Arranjo 3 – estruturas de concreto semelhantes ao arranjo 2, porém com traçado do barramento a jusante do salto;

Arranjo 4 – traçado do barramento diferente dos demais e estruturas na margem direita. Desvio por galerias;

Arranjo 5 – adução e geração – idem arranjos 1 e 2. Vertedouro de soleira livre.

A alternativa selecionada, por razões de custo, foi a alternativa 2.

Com relação à alternativa escolhida, não há comentários relevantes. Tecnicamente, as soluções adotadas são bastante convencionais e simples. As soluções estão adequadamente embasadas nos levantamentos de informações de campo, laboratório e estudos realizados até o momento e, embora alguns detalhes mereçam cuidados especiais na fase de detalhamento de projeto, não se antevê problemas excepcionais, do ponto de vista geológico-geotécnico, que possam vir a inviabilizar o empreendimento.

Hidrometeorologia e Sedimentometria

Foram instalados 3 postos fluviométricos, sendo 1 a montante do eixo, outro na saída do canal de fuga e o terceiro na entrada do reservatório. Teria sido mais proveitoso eliminar o ponto a montante do eixo e instalar mais postos, a montante ao longo do rio, em locais de características singulares, para o cálculo do remanso.

Foram realizadas medições de descarga líquida e sólida, além de leituras dos níveis d'água, durante 11 meses. Destaca-se que as medições de descarga apresentam inconsistências importantes e não abrangem uma variação significativa de vazões.



Os estudos concluíram que o rio Verde tem considerável capacidade natural de regularização de vazões, dispensando, portanto, a alocação de volumes úteis. Para o enchimento do reservatório, foi adotada uma vazão sanitária de 5 m³/s, para uma área de drenagem de 10.961 km² no eixo da UHE Salto.

Nessas condições, o tempo do enchimento do reservatório seria de 107 dias, com o início do enchimento em junho, valor que decresce para 74 na hipótese de tal processo começar em novembro. Nota-se que esse resultado não é muito condizente com a área de drenagem desse aproveitamento.

O estudo sedimentométrico indicou a presença de mais de 98% de areia na composição dos sedimentos em suspensão, fato que não corresponde às observações feitas em campo, onde as águas se apresentavam barrentas. Por outro lado, mesmo se admitindo que a areia venha a constituir uma parte significativa dos depósitos no reservatório, haverá sempre uma determinada compactação, o que não foi considerado nos estudos.

Destaca-se que a soleira da tomada d'água está na cota 414 m e a cota superior de sua entrada está na cota 426 m. Essas cotas estão ligeiramente acima da cota do leito do rio. Entretanto, a cota correspondente ao volume zero é de 395,00 m (p. 83), fato que demonstra haver uma anomalia nos estudos.

Outrossim, o estudo sedimentométrico indica que os sedimentos atingiriam a cota 399,76 m (tabela p. 89) ao cabo de 20 de operação, ou seja, a tomada d'água estaria totalmente obstruída, ainda que a deposição dos sedimentos não fosse horizontal.

Essas incongruências necessitam ser esclarecidas.

Hidrologia

A análise dos estudos apresentados no Capítulo 7 do documento de referência resultaram nos seguintes comentários:

- Não foram apresentados os estudos de consistência dos dados fluviométricos. No entanto, verifica-se, pelas análises dos dados das estações fluviométricas e pelos valores apresentados no relatório, que foram desenvolvidos os estudos de consistência. Quanto à série de vazões médias mensais, observa-se que:
- Não foram fornecidos os elementos básicos para a verificação da calibração do modelo chuva-vazão, como os hidrogramas e a correlação entre as vazões médias mensais observadas e calculadas;



- Não foram feitas as análises de validação do modelo chuva-vazão, procedimento usual dentro desta metodologia;
- Diferente da afirmativa, a Tabela 7.20 e a Ilustração (5) não são suficientes para concluir que não é interessante a alocação de volume útil. Esta conclusão requer análises técnico-econômicas mais abrangentes.

Vazões extremas

- Em que pese à preocupação em estender as séries de vazões máximas, verifica-se que a metodologia adotada altera significativamente os coeficientes de assimetria e curtose, bem como diminui as médias e o desvio-padrão das séries observadas nos postos fluviométricos. Desta forma, deveriam ter sido desenvolvidas, também, as análises de frequência com as séries observadas (sem utilizar a metodologia de extensão das séries) e confrontar os resultados obtidos;
- A afirmativa “a experiência têm demonstrado (...) que existe muita dispersão nas equações de regionalização dos parâmetros” é vaga, uma vez que não indica as referências que permitiram esta conclusão geral. Se os estudos de regionalização foram feitos, deveriam ter sido apresentados para confirmar as conclusões que a metodologia utilizada era a melhor alternativa;
- Embora o relatório apresente uma posição contrária à metodologia de regionalização, procedeu-se uma regionalização quando foram utilizadas as vazões máximas específicas em função da área de drenagem;
- A distribuição exponencial é recomendada pelo “Guia para o Cálculo de Cheias de Projetos de Vertedores”, publicado pela ELETROBRÁS, quando a assimetria da população estiver entre 1,0 e 2,5. Dos 5 postos fluviométricos selecionados, apenas Ponte do Cedro e Ponte do Rio Claro, ambos localizados na porção alta da bacia, apresentam assimetria pouco superior a 1,0;
- Não foi apresentado o critério utilizado para caracterizar a melhor aderência da distribuição de Gumbel, nem mesmo as curvas das distribuições probabilísticas ajustadas e os respectivos valores de vazões máximas plotados, indicando a posição de plotagem adotada (não mencionada no relatório);
- Diferente da afirmativa do último parágrafo da página 64, os ajustes das equações às vazões máximas dos 6 postos para cada período de retorno não podem ser julgados excelentes. Qualquer curva apresentaria um bom ajuste a um conjunto de 6 dados com alguma tendência, pelo simples fato de haver um enorme grau de liberdade. Caso fosse ajustada uma reta ao Gráfico 7.1, o



coeficiente de determinação seria 0,84, ligeiramente inferior ao 0,91 obtido. Percebe-se, na verdade, uma significativa dispersão das vazões máximas justamente na faixa de área de drenagem da bacia do rio Verde na UHE Salto;

- A adoção de um coeficiente de majoração das vazões médias diárias igual à metade do coeficiente sugerido pela fórmula de Füller é uma arbitrariedade sem justificativa técnica.

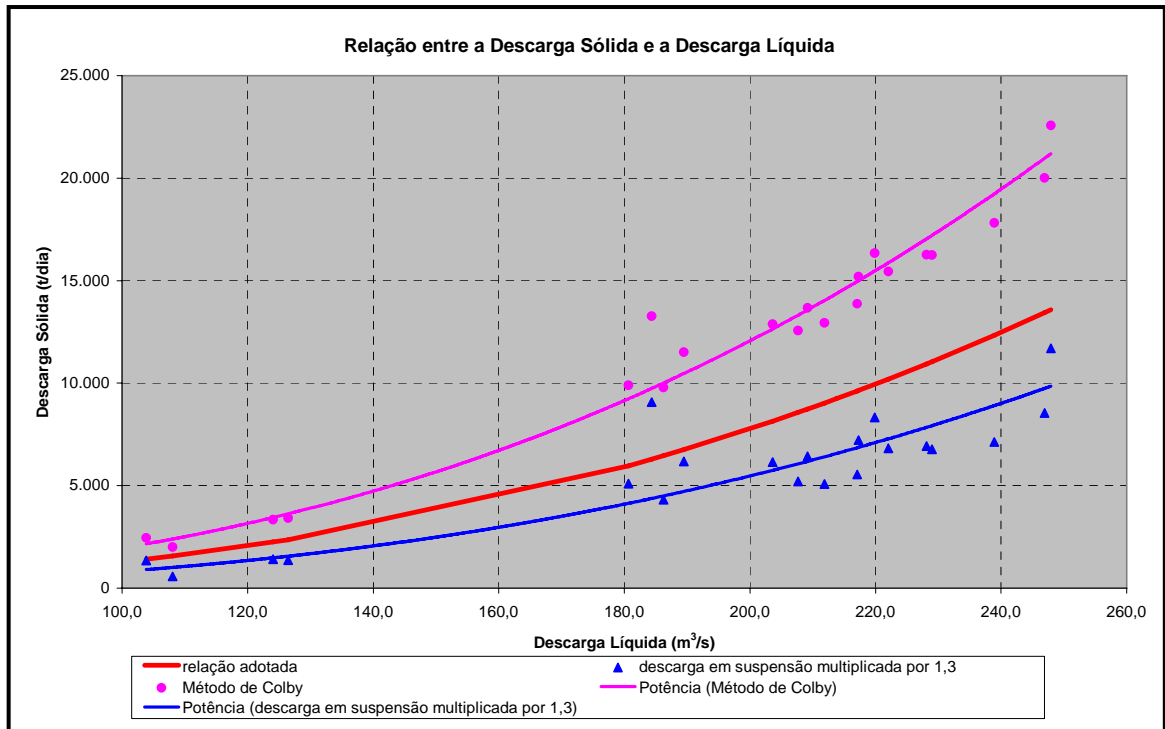
Reservatório

- O estudo de enchimento apresentado é simplista. O estudo de enchimento deve ser desenvolvido através de análise estatística de séries temporais, utilizando cenários médios, desfavoráveis (abaixo da média) e favoráveis (acima da média). Os tempos de enchimento são obtidos de forma probabilística ou estocástica;
- Nos estudos de vento e borda livre, é afirmado que o “procedimento é conservador” e que o “tempo de geração é relativamente alto, tornando improvável sua ocorrência”. Estas afirmativas carecem de embasamento técnico, uma vez que não foram apresentados estudos de análise de frequência de ventos ou ondas neste local ou em qualquer local na região. Portanto, os estudos adotaram parâmetros sem quaisquer referências. Poderiam ter sido instalados anemômetros durante o desenvolvimento dos estudos ou terem sido feitas coletas de dados em aeroportos da região para obter algum balizamento;
- Contrariando a recomendação do documento “Instruções para Estudos de Viabilidade” da Eletrobrás, DNAEE,1997, não foram feitos os levantamentos topobatimétricos necessários para o desenvolvimento dos estudos de remanso. Desta forma, arbitrou-se uma profundidade única de 1,50 m, sem qualquer justificativa técnica. Não foram mencionados os valores do coeficiente de Manning obtidos e sua coerência com as características fluviais.

Hidrossedimentologia

- Não foram feitas as medições de amostragem do material do leito;
- Não foram apresentadas as curvas-chave de sedimento ou a relação da vazão sólida e da vazão líquida juntamente com os dados de medições, o que permitiria verificar o ajuste. A figura a seguir apresenta a curva da relação adotada e as descargas sólidas totais em função das descargas líquidas obtidas com base nos dados que constam da Tabela 6.3. As descargas sólidas totais foram calculadas, conforme sugere o relatório, multiplicando a descarga

sólida em suspensão por 1,3 e utilizando o Método de Colby. Verifica-se que a relação adotada, apresentada na página 85 do relatório, indica valores de descarga sólida total situados entre aqueles que seriam obtidos utilizando os mencionados procedimentos. Esta constatação contraria a afirmativa do relatório “*Optou-se, conservadoramente, por adotar os resultados fornecidos pelo método de Colby*”.



Caso a relação ajustada tivesse, como afirmado no relatório, utilizado o Método de Colby, a vida útil do reservatório seria menor que a indicada – 119 anos, o que iria requerer, no mínimo, análises adicionais e um monitoramento contínuo.

Estudos Energéticos

A análise dos estudos energéticos apresentados nos Capítulos 11 e 12 do documento de referência resulta nos seguintes comentários:

- Não são apresentados os elementos básicos das análises econômicas, como a vida útil econômica e a taxa de desconto. Apenas na página 121 são feitas menções, para um cálculo particular, da utilização de uma taxa de atualização de 12% ao ano e vida útil de 50 anos;



- O texto afirma que “*Para os estudos de níveis foi considerado um fator de capacidade de 0,55*”. A metodologia recomendada pelo documento “Instruções para Estudos de Viabilidade” da Eletrobrás, DNAEE, 1997, não utiliza este tipo de hipótese;
- O relatório não apresenta o sistema de referência adotado nas simulações. Foram consideradas apenas as usinas hidrelétricas da bacia do rio Verde, com os aproveitamentos Tucano, Guariroba e Salto do Rio Verdinho. Este procedimento contraria a recomendação do documento “Instruções para Estudos de Viabilidade” da Eletrobrás, DNAEE, 1997, para usinas hidrelétricas interligadas ao sistema;
- Não foram apresentados parâmetros básicos, como:
 - rendimento médio do conjunto turbina-gerador;
 - perda de carga no circuito de adução e geração;
 - vazão sanitária entre a barragem e o canal de fuga;
 - carga ou mercado utilizado para o sistema nas simulações;
 - custos de operação e manutenção.
- Não foram apresentadas as análises técnico-econômicas para o caso da implantação da UHE Salto em primeira adição, ou seja, sem a presença do reservatório regularizador da UHE Tucano. No caso da UHE Tucano não ser implantada, os benefícios energéticos serão reduzidos. Sem a mencionada análise, não há como avaliar sua viabilidade nesta hipótese.

Estudos Ambientais

Não foi possível identificar a origem do valor da vazão sanitária a ser adotada no período de enchimento (5 m³/s). Note-se que a vazão mínima de longo termo na UHE Salto é de 81,3 m³/s, o que, adotando-se o critério utilizado nos estudos de inventário, mais adequado, levaria a uma vazão mínima garantida de 65 m³/s.

Além disso, observe que as válvulas dispersoras que propiciarão essa vazão estarão colocados no vertedouro, que se localiza no maciço da margem esquerda próximo à Casa de Força, ou seja, bem a jusante da barragem principal, deixando, com isso, um trecho do rio permanentemente seco, justamente o trecho onde se localiza o Salto.



De todo o modo, os estudos ambientais contidos no relatório dos estudos de viabilidade são explicitamente assumidos como sendo um resumo dos estudos de impacto ambiental (EIA/RIMA). Portanto, sua análise estará sendo realizada em tópico específico adiante colocado, evitando-se uma redundância.

Ainda que a análise, nesse momento, não seja dirigida a aspectos formais do texto, ressalta-se a escassa utilidade da repetição de dados já constantes de capítulos específicos do relatório, tais como localização, características fisiográficas da bacia (clima, geologia etc.).

Estudos de Alternativas

Arranjo Geral

Como já mencionado, o eixo escolhido para a UHE Salto é o mesmo que foi definido nos estudos de inventário.

Foram analisadas 5 alternativas de arranjo, tendo sido escolhida aquela de menor custo de implantação.

O reservatório da UHE Salto terá 79,43 km² e um volume total de 1,82 x 10⁹ m³, na cota 446,50 m.

Desvio do Rio

A primeira etapa do desvio será realizada pelo leito natural do rio, utilizando-se adufas no corpo do vertedouro para a segunda etapa de desvio.

A vazão de desvio será de 1.079 m³/s, para um período de retorno de 50 anos.

Vertedouro

O vertedouro, por sua vez, foi dimensionado para a cheia decamilenar, com vazão igual a 1.925 m³/s, em sobrelevação do nível do reservatório.

O vertedouro terá 3 vãos, a serem equipados com comportas segmento, com altura de 10,50 m e largura de 9,50 m.

Nota-se que no caso da UHE Salto, indica-se no item 13.6.2., página 150, que a altura da comporta é de 11,50 m, mas deve ser um erro de digitação, já que a diferença entre o N. A. Max. Nor. (446,50 m) e a cota da soleira (436,00 m) é de 10,50 m.



Nessas condições, o coeficiente de descarga dos vertedouros está ligeiramente inferior a 2,0, aceitável para esta etapa dos estudos.

Tomada D'Água

Esse dispositivo irá requerer uma revisão do seu projeto de emboque, devido ao problema de sedimentação já comentado.

Prazo e Custos

O prazo previsto para a entrada em operação das 2 unidades é de 51 meses, o que parece exagerado nas condições atuais de mercado. O prazo estimado seria em torno de 42 meses, resultando em custos menores de construção, em especial devido à redução dos juros.

O custo das obras foi estimado em R\$ 266,63 x 10⁶, equivalente a US\$ 122,27 x 10⁶ (junho/2001).

Esses custos seriam majorados, já que, sem nenhuma explicação, foram utilizados os preços unitários dos insumos básicos da ELETROBRÁS, referenciados a dezembro, 2000.

O Índice Custo-Benefício (ICB) é de U\$ 25,30/MWh, para a UHE Salto.

Esse valor, em nível de inventário, data-base de dezembro, 1995, era de U\$ 29,00/MWh. Esta redução se deve à desvalorização do real em fevereiro/1999 e às condições do mercado (privatizações).

Conclusões e Recomendações

Com exceção dos estudos hidrológicos e energéticos, os demais foram executados de forma adequada e suficiente para este estágio de projeto.

Além da revisão desses estudos, considera-se imprescindível verificar e revisar as curvas cota-área-volume utilizadas nos estudos de sedimentos e, eventualmente, o projeto dos emboques das tomadas de água.

Novamente questiona-se sobre a necessidade de previsão de dispositivo de vazão sanitária permanente, seja para manutenção da alça do rio entre o pé do barramento e a restituição do Canal de Fuga, seja em razão da existência do salto natural. A usina funcionará a fio d'água e, portanto, somente no caso de vertimento haverá água na cachoeira. Isso poderá trazer inconvenientes à aprovação do empreendimento pelos órgãos ambientais.



Estudos de Impacto Ambiental

Como será visto adiante, a análise do EIA da UHE Salto revelou um documento muito desequilibrado em termos de qualidade e levado apenas parcialmente em consideração nos estudos de viabilidade realizados em novembro/2001, conforme analisado anteriormente. Nesse último consta um resumo do EIA, mas, como se verá, escoimado de qualquer discussão sobre aspectos mais críticos do empreendimento.

No EIA, inclusive, há algumas contradições, o que, juntamente com o desequilíbrio entre as abordagens, passa a impressão de que não houve um diálogo interdisciplinar nem no âmbito da própria equipe que o realizou. Ou seja, foi feito um estudo apenas para cumprir formalidade legal-normativa.

Os comentários a seguir são realizados de acordo com a estrutura do documento, de modo a facilitar aos eventuais usuários uma análise comparativa entre os comentários ora feitos e o seu conteúdo. Com o objetivo do presente trabalho não é exatamente uma análise crítica do documento em si, mas sim verificar os aspectos que dizem respeito à viabilidade ambiental do empreendimento, são pinçados apenas os que ilustrem essa finalidade. Aliás, reafirma-se, o documento não é conclusivo sobre muita coisa, apenas cumpre formalidade.

Logo de saída, quando trata dos aspectos legais e institucionais, seu autor ressalta, dentre outros aspectos, o artigo 15 – letra **d**, da Lei nº 9.433/97, da Política Nacional dos Recursos Hídricos, a obrigação de se prevenir grave degradação ambiental, de modo geral, nas intervenções que envolvam o uso desses recursos. Como poderá ser visto adiante, abstraído-se aquilo que é inevitável em empreendimentos do gênero, há detalhes ambientais importantes do projeto que desconsideram esse ditame e o EIA teria que deles dar conta, interferindo na concepção do projeto, o que não é muito levado em consideração.

O desequilíbrio do documento já se revela no início da abordagem do diagnóstico do meio físico, no tema sobre o clima, onde há toda uma prolixa discussão sobre balanço hídrico, totalmente ociosa para a compreensão do tema e para as finalidades gerais do estudo, uma vez que o projeto não prevê usos consuntivos no reservatório, menos ainda a irrigação, para o que serviria a discussão.

Na temática da geologia, seu autor, à certa altura (p 4-50), comenta que a área ao rio a jusante do eixo é “local de grande beleza natural. A mata encontra-se preservada e a águas limpas”.



Não obstante, é um trecho que, pela concepção de projeto, ficará seco permanentemente, e o EIA, como dito, não oferece qualquer resistência ao fato ou mesmo alguma contribuição para atenuar o impacto.

Os estudos de pedologia são emblemáticos da pouca seriedade do trabalho. De início, a classificação utilizada já está superada desde novembro de 1999, o que não se explica num trabalho realizado em 2001 (aliás, o documento não tem data, apenas em alguns desenhos, inferindo-se que tenham sido nessa época por algumas descrições dos trabalhos de campo e por coerência com os estudos de viabilidade). O problema, ressalta-se, não é só taxonômico e, sim, conceitual e de interpretação das classes e unidades de mapeamento.

O autor menciona ter feito amostragem em 2 (dois) pontos para o recorte da bacia e 1 (um) ponto no que é chamado de área do entorno do empreendimento (o conjunto dos municípios de Caçu e Itarumã). No entanto, isto é absolutamente inútil face à extensão territorial estudada e não possui qualquer representatividade estatística.

Os mapas apresentados estão em escalas cartográficas absolutamente inadequadas para um estudo ambiental (1:500.000 e 1:200.000), se prestando apenas para ilustração. Há que se lembrar que estudos pedológicos e de aptidão agrícola das terras se prestam, em estudos de impacto ambiental de empreendimentos hidrelétricos, principalmente para cálculo da produção renunciada e para avaliação das terras; subsidiariamente, auxilia as análises sobre susceptibilidade a processos erosivos e análise do uso e ocupação do solo. Para as finalidades principais, notadamente para o reservatório e seu entorno, a escala 1:200.000 é absolutamente inútil, uma vez que cada centímetro quadrado corresponde a 20 km², impossibilitando qualquer interpretação com alguma utilidade prática.

Apesar deste fato, o texto fala que foram identificadas 12 classes de solos, agrupadas em 12 unidades de mapeamento. Como isto é possível com apenas 3 amostragens e com mapas nas escalas apresentadas? Aparentemente, o texto todo foi feito com dados secundários, provavelmente extraídos do Projeto RADAMBRASIL, ainda que não haja citação nos desenhos, e a maior parte do texto é uma espécie de aula de pedologia, totalmente dispensável para as finalidades do trabalho. Apenas à guisa de curiosidade, há um pequeno texto sobre solos no item 5.4.1.1., aliás, inexplicavelmente fora de lugar, que substituiria com mais propriedade o texto apresentado, inclusive porque o estudo não tocou no assunto da produção renunciada e apenas menciona a necessidade de avaliação das terras a serem desapropriadas.



Essa mesma crítica vale para os demais temas, em maior ou menor grau, dado que todos os temas utilizam essas mesmas escalas (no índice, os desenhos 1:200.000 são arrolados como sendo em 1:100.000).

O empreendimento é um reservatório e barramento do rio Verde. Não obstante, no capítulo sobre recursos hídricos são abordados apenas os recursos hídricos subterrâneos, com base nas informações do RADAM. No caso dos superficiais, o único ponto abordado é sobre sedimentologia, para o qual valem os comentários já feitos anteriormente para os estudos de viabilidade.

Ainda de escassa utilidade, há um longo texto e planilhas numéricas sobre sismologia, e outros menores sobre recursos minerais e estanqueidade do reservatório, todos concluindo que não haverá impactos, ou porque não ocorrerem na área do entorno feições suscetíveis ou porque as informações são apenas inúteis.

Os estudos para o meio biótico são mais consistentes e aparentam terem sido feitos com maior cuidado, apesar do tempo reduzido das campanhas.

Uma curiosidade que se ressalta é que alguns exemplares da vegetação e indivíduos da fauna local, não reconhecidos em campo, foram fixados e depositados, respectivamente, no herbário da NATURATINS e no laboratório de ictiologia da UNITINS. Por quê? Não há em Goiás ou Brasília nenhuma instituição científica dos gêneros. Faltou uma explicação.

O texto sobre limnologia (5.4.) é bastante confuso, pois praticamente não trata do assunto, estando subdividido em uma caracterização geral da bacia (5.2.1.), solos (5.4.1.1.), vegetação novamente (5.4.1.2.), já tratado nos tópicos precedentes, uso e ocupação das terras (5.4.1.3.). Em seguida, o mesmo texto do meio biótico já parte a falar do tema núcleos urbanos (5.2.2.) etc., sem que tenha sido antecedido de um item 5.2. O precedente, aliás, corresponde a outros temas já abordados. Em seguida vêm textos sobre demografia (5.2.3.), contendo apenas os números totais e por situação de domicílio para os municípios da área de influência (bacia de contribuição), um pequeno texto de dois parágrafos sobre atividades industriais, outro pequeno texto sobre saneamento, de novo outros indicadores demográficos de crescimento comparativo. Nesse ponto reaparece um texto (5.1.3.) sobre qualidade das águas na bacia, mas que não vai muito fundo no assunto, concluindo apenas que as águas são compatíveis com a classe 2.

Em seguida, começam as abordagens propriamente ditas para o meio antrópico, iniciadas pela bacia de contribuição, passando pela denominada área de entorno (Caçu e Itarumã) e chegando até às áreas diretamente afetadas.



Nos aspectos demográficos, são feitas análises comparativas entre os dados da contagem de 1996 e do censo de 2000. Não é uma abordagem correta, pois os levantamentos tiveram finalidades e metodologias distintas, não podendo ser cotejados.

Surge um capítulo novamente mencionado pelo tema uso e ocupação do solo (6.2.8.2.), com uma tabela semelhante à apresentada no tópico de mesmo nome anterior, no meio biótico (5.4.1.3.). Na realidade, o tema tratado é a caracterização das atividades econômicas do setor primário, tanto que é sucedido por abordagens semelhantes para os setores secundário e terciário, bem como sobre as finanças públicas municipais.

Para as características sócio-econômicas da área do entorno, repetem praticamente os mesmos dados da caracterização da área de influência, só que agora restritos a Caçu e Itarumã, sem qualquer aprofundamento de escala de observação, que deveria ser maior que a da A.I.

O texto todo do sócio-economia é muito sofrível, com exceção da arqueologia.

A caracterização da ADA se resume a mais ou menos 2 páginas, definindo que serão afetadas 93 propriedades, 112 edificações, 49 famílias e 149 pessoas, aparentemente não levando em consideração o território das áreas de preservação permanente, que não é mencionado.

O volume III, que trata da avaliação de impacto ambiental, inicia pelo capítulo 7, onde há um esforço de análise integrada por unidades de paisagem e suas vulnerabilidade, muito centrada nos aspectos fisiográficos, ainda que considere também outros elementos da biota. É um esforço interessante, ainda que parcialmente baldado pelo viés físico. Não obstante, aparenta não ter se prestado a qualquer finalidade prática mais ampla, uma vez que não foi usado no prognóstico das condições emergentes, onde suas conclusões sequer são mencionadas, nem nos aspectos do meio físico.

No que intitulam de condicionantes prévios, há uma discussão prolixa sobre deplecionamento de reservatórios, para concluir que nenhum dos inconvenientes associados irá ocorrer no empreendimento, pois, como já descrito na sua caracterização, ele irá operar a fio d'água.

Na avaliação não foi contemplada como fase geradora de impactos a etapa de planejamento, que precede a de instalação. É notório que já surjam impactos nesta ocasião e há exemplos no Brasil de sério comprometimento da viabilidade de alguns projetos e até sua completa inviabilização, por mobilização de opinião pública colocando óbices ao empreendimento. Tanto isto é verdade, que o



empreendedor da UHE Salto já instalou um escritório em Caçu justamente para iniciar um processo de viabilização sócio-política do empreendimento.

Seguem-se alguns impactos óbvios e inerentes a empreendimentos do gênero, tais como o que denominam perda de solos (na realidade, imobilização de terras) pela formação do lago, ou ainda mudança de regime do rio de lótico para lântico etc.. A análise adiante se deterá apenas naqueles impactos abordados de forma discutível ou até simplesmente não abordados.

No caso das terras a serem imobilizadas, um quadro com os usos que serão afetados por município seria de grande utilidade nesse momento. Com base nele e num estudo pedológico mais sério, poderia, inclusive, ser estimada a produção renunciada potencial, o que deveria ser avaliado na análise custo-benefício, afinal, são perto de 3.500 ha.

A outro tanto de áreas corresponde a supressão de ambientes naturais com graus variados de integridade e importância ecológica, com o conseqüente agravamento do processo de fragmentação e insularização da fauna e da vegetação, reduzindo-se as zonas de sua dispersão e sustentação.

Há um comentário sobre salinização do reservatório, probabilidade inexistente dadas as características de base (“background”) na região e do regime de operação do reservatório.

O impacto da população afluyente aos municípios – induzida ou espontânea, é muito subestimado, uma vez que o contingente a ser empregado, de 1.200 pessoas, pode levar a um contingente total de mais de 8.000 pessoas, considerando-se os empregos indiretos e as famílias atraídas, o que representaria 70%, mais ou menos, da população urbana de Caçu e Itarumã em 2000.

Os números de famílias e pessoas estimados como diretamente afetadas pelo empreendimento (49 e 149, respectivamente), não consideram as que residem na área de APP, o que poderia ser estimado em fotos aéreas ou imagens de satélite mais recentes, ou mesmo num trabalho de campo mais cuidadoso. Bastaria, talvez, uma consulta aos mapas e cadastros da FUNASA, por exemplo, além de outros meios diretos e indiretos de aferição.

Ademais, os estudos não apontam quantos poderão permanecer na propriedade, remanejando-se apenas as benfeitorias, nem as propriedades que ficarão com remanescentes inviáveis.

Na simulação matemática das condições futuras da qualidade da água, foi assumida como um dos dados de entrada uma vazão mínima a jusante de 10% da



MLT até o enchimento do reservatório, ou seja, $18,67 \text{ m}^3/\text{s}$ e não os $5,0 \text{ m}^3/\text{s}$ que estão sendo propostos no projeto, ainda assim abaixo do que se considera razoável ($65 \text{ m}^3/\text{s}$). Aparentemente, as equipes de limnologia não atentaram para o fato ou simplesmente o ignoraram.

Quanto à proposição de medidas de controle ambiental, novamente não há ações recomendadas para a etapa de planejamento e o presente estudo é uma prova cabal de sua necessidade.

Há uma medida de nº 9.2.1.3, que sugere mudança na localização da barragem e da casa de força para montante. Menciona a cachoeira como sendo de Itaguaçu, que é outro eixo do inventário. Parece que estão falando de outro aproveitamento, pois nesse, aparentemente, a hipótese não foi levada em consideração, pelo visto.

De difícil administração, mas interessante, é a idéia apresentada de criação de um parque estadual somando-se os recursos compensatórios dos vários aproveitamentos a serem implantados nos rios Verde e Claro. É bobagem, no entanto, deixar a iniciativa de criação nas mãos da ANEEL, como é recomendado (9.2.1.6.), pois isso não lhe compete.

No item 9.2.2.2., é dito que a vazão que será mantida a jusante ($5 \text{ m}^3/\text{s}$) é para evitar o secamento do rio imediatamente a jusante da barragem. Aparentemente, o autor da medida não olhou direito os desenhos de projeto, pois as válvulas dispersoras estarão no corpo do vertedouro, situado próximo à casa de força, depois da alça do rio, ficando, portanto, o trecho, seco de forma permanente, mesmo após o enchimento.

Seguem-se os programas correspondentes às medidas propostas, sem maiores diferenças nas abordagens.

Por fim, os custos constantes da OPE não batem com os constantes da ficha técnica já apresentada ao início.

Em conclusão, a equipe considera ineptos os estudos ambientais examinados e recomenda que devam ser refeitos.

Seu conteúdo não permite uma visualização clara dos impactos do empreendimento e suas externalidades ambientais mais conspícuas não são sequer cogitadas, sendo inadmissível que o processo de licenciamento ambiental se dê com base nesse documento, ademais dos aspectos do projeto que devem ser melhor elucidados.



A equipe não teve acesso ao RIMA, mas supõe-se que espelhe fielmente a qualidade do EIA.

4.2.4 UHE SALTO DO RIO VERDINHO

Localização e Acessos

A UHE Salto do Rio Verdinho estará localizada no rio Verde, afluente pela margem direita do rio Paranaíba, em seu terço inferior, a 19°08'44" de latitude sul e 50°46'02" de longitude oeste, na divisa entre os municípios de Caçu (margem esquerda) e Itarumã (margem direita), Estado de Goiás, conforme pode ser visto na ilustração colocada a seguir.

O acesso ao sítio do aproveitamento, a partir de Goiânia, pode ser realizado, via Rio Verde, Caçu e Cachoeira Alta, pelas rodovias pavimentadas BR-060, GO-174 e BR-364, num percurso de cerca de 400 km até a ponte de travessia do rio Verde, onde o eixo do barramento se encontra a montante

Características Gerais do Empreendimento

O empreendimento foi dimensionado para uma potência instalada de 93 MW, num eixo que corresponde ao que foi identificado e selecionado nos estudos de inventário.

O barramento será coroado na cota 372,50 m, com altura máxima de 41 m e comprimento aproximado de 4.800 m, de ombreira a ombreira.

O reservatório, com nível máximo normal posicionado na cota 370,50 m, terá uma área de 36,55 km² e volume total de 261,78x10⁶ m³.

As estruturas de concreto da tomada d'água e do vertedouro estão localizadas na margem esquerda, com a mesma cota de coroamento que as barragens de terra.

O circuito de adução, ligando a tomada d'água à casa de força, será constituído por dois condutos em aço, na margem esquerda.

A casa de força será em concreto armado e abrigará dois grupos turbina-gerador e seus equipamentos auxiliares.

Esses e outros dados constam da ficha técnica do empreendimento apresentada em seqüência, ressaltando-se, como será discutido mais adiante, que os valores

da conta 10 estão subestimados para menos da metade dos valores corretos, o que reflete nos demais cálculos.



Estudos de Viabilidade

Cartografia e Topografia

Foi executado na área do reservatório restituição aerofotogramétrica na escala 1:20.000, com curvas de nível a cada 5 m, com base em uma cobertura aérea em escala 1:60.000 (WM/AST-10) e apoio terrestre executado por GPS.

A área restituída compreende 132 km².

Tendo em vista que a operação da usina será a fio de água, devido ao reduzido volume de regularização, a escala da restituição é satisfatória para a finalidade dos estudos.

No sítio de implantação do aproveitamento, foram realizados levantamentos topobatimétricos em escala 1:2.000, com curvas de nível a cada metro, considerados satisfatórios para os objetivos dos estudos.

Geologia e Geotecnia

Foram realizados os seguintes trabalhos:

- Reconhecimento geológico da área do futuro reservatório.
- Mapeamento geológico expedito na escala 1:20.000, até cerca de 5 km a montante e a jusante do eixo (entende-se que é da área do reservatório).
- Mapeamento geológico do local de implantação das obras, em escala 1:5.000. Não se entende a razão de não ter sido feito na escala do levantamento topográfico, em 1:2.000, que resultaria em maior precisão do trabalho.
- Sondagens mistas e a percussão, com ensaios de perda de água na rocha, ensaios de infiltração de água, índice de resistência a penetração (SPT), sondagens a trado, em áreas de empréstimo e ensaios de laboratório, poços de inspeção e pesquisa de materiais de construção para concreto e respectivos ensaios de tecnologia de concreto.

A geologia regional do sítio onde serão implantadas as obras que comporão o Aproveitamento de Salto do Rio Verdinho insere-se na Bacia Sedimentar do Paraná, destacando-se as rochas dos Grupos São Bento e Bauru. O primeiro é representado basicamente pelos maciços rochosos da Formação Serra Geral, compreendendo os derrames basálticos e pela Formação Botucatu, onde ocorre o arenito Botucatu, que representa o maior aquífero da América do Sul. O Grupo Bauru, representado principalmente pelos arenitos da Formação Adamantina, tem efetivamente pouca expressão para as obras do aproveitamento. As obras de barramento e da usina estarão fundadas apenas sobre os derrames basálticos. As investigações efetuadas não evidenciaram a ocorrência de arenitos, seja em afloramentos, seja até as profundidades prospectadas. Os estudos geológicos levados a efeito, até a fase de viabilidade, não permitiram identificar, na região ou no local, falhamentos importantes que possam vir a condicionar a implantação do aproveitamento. Não obstante, recomenda-se um aprofundamento desses estudos nas etapas subseqüentes dos trabalhos.

As principais características das unidades estratigráficas encontradas na área de interesse são:



*afloramento de basalto da formação Serra Geral no
baixo terraço à margem esquerda do rio Verde (AE).*



- . **Formação Botucatu** – arenitos finos a médios, avermelhados. São bimodais, quartzosos, friáveis, silicificados.
- . **Formação Serra Geral** - “unidade de maior interesse da área dos estudos, desenvolvendo-se ao longo da calha do rio. O pacote de lavas alcança dezenas de metros, embora em alguns locais as espessuras de basalto possam estar bastante reduzidas, principalmente junto à borda da bacia. Na região, a Formação Serra Geral está representada por lavas basálticas com aspecto maciço, uniforme, amigdaloidal e vesicular, contendo fraturas irregulares formando espessuras variáveis de derrames com intercalações lenticulares e diques de arenito. Nas sondagens mistas que atingiram até 55 m de profundidade, foram identificados 2 derrames basálticos. O superior, com espessura remanescente de 15 m no leito do rio e mais de 30 m nas ombreiras, é constituído por basalto denso cinza escuro.” A Tomada d’Água e Vertedouro estarão apoiados sobre este derrame. “O inferior, investigado até 35 m, é constituído por brecha basáltica no topo, passando para basalto denso em profundidade.” Somente as escavações da Casa de Força e o fundo da bacia de dissipação do Vertedouro deverão expô-lo.
- . **Formação Adamantina** – sem interesse para as obras em estudo.
- . **Solo de Alteração de Basalto** – possui espessura superior a 5 m junto às ombreiras. Apresentou permeabilidade da ordem de 5×10^{-5} a 5×10^{-6} cm/s e valores de SPT de 5 golpes a impenetrável. Deverá permanecer na fundação da barragem de terra.
- . **Depósitos Aluvionares** – são pouco representativos, com ocorrência restrita nas proximidades da margem esquerda e sob os colúvios. Apresentam espessuras máximas da ordem de 4 m, permeabilidade, obtida através de poucos ensaios de infiltração, da ordem de 10^{-3} a 10^{-4} cm/s, e índices de penetração superior a 10 golpes. Permanecerão nas fundações da barragem de terra.
- . **Solos Coluvionares** – recobrem quase toda a extensão da área mapeada, chegando a atingir 10 m de espessura nas ombreiras. Localmente, foi encontrada uma “linha de pedra” formada por cascalhos dispostos na base do colúvio. Este depósito é formado por cascalhos de diferentes granulometrias, imerso em uma matriz areno-siltosa mais fina. Associados ao cascalho, aparecem blocos de matações de material silicificado. São constituídos por areia fina siltosa pouco argilosa. O material apresenta-se poroso, com valores de SPT entre 1 e 5 golpes, nos 5 primeiros metros de profundidade e permeabilidade da ordem de 10^{-5} cm/s. Em ensaios oedométricos realizados



em amostras indeformadas, revelaram-se colapsíveis. O projeto prevê apenas a remoção parcial deste material, sob a barragem.

Os parâmetros geotécnicos e geomecânicos constatados através de ensaios de laboratório mostraram a adequação desses materiais no aspecto de resistência.

Suficiência das Investigações

As informações geológicas e geotécnicas fornecidas nos documentos a que se teve acesso são, aparentemente*, bastante ricas (*diz-se aparentemente, devido ao fato de não se ter tido acesso aos logs de sondagens, e haver poucas seções geológicas nos desenhos disponíveis. A ILUSTRAÇÃO 26, por exemplo, que mostra a seção longitudinal ao longo do eixo do 4.800 m de barramento, não consta da coleção de desenhos ora analisados).

As sondagens mistas executadas totalizaram 12 furos, além de 12 sondagens a percussão. Foram executados ensaios de laboratório para caracterização geotécnica e geomecânica tanto dos materiais que permanecerão nas fundações das diversas estruturas, em particular os solos sob as barragens de terra, como sobre os solos de empréstimo e demais materiais naturais para uso no concreto (areia e rocha para agregados). Com base nesse conhecimento, em princípio não se vislumbram problemas de fundação das estruturas, ou mesmo durante a fase de implantação das obras.

Não obstante a grande quantidade de sondagens executadas, há que se salientar que muitas destas sondagens foram locadas, provavelmente, para outras alternativas de arranjo, havendo uma certa deficiência de informações em pontos de maior interesse. É claro que o número de furos executados permitiu inferir, com algum grau de certeza, sobre as condições de fundações das estruturas, para o arranjo selecionado. As características inferidas deverão ser confirmadas através de outras sondagens adequadamente localizadas, nas etapas subseqüentes dos estudos.

Materiais de Empréstimo

Os materiais de empréstimo foram adequadamente investigados. Há abundância de solos com características apropriadas para emprego no corpo das barragens de terra.

As diferentes litologias de basalto foram caracterizadas para fins de utilização com agregado de concreto, enfatizando-se a necessidade de exploração complementar em pedreira (parte será proveniente das escavações obrigatórias); quanto à areia,



também foi caracterizada uma jazida próxima – região de São Simão – reconhecendo-se a necessidade de beneficiar volumes complementares.

Detalhamento do Projeto

O estudo de alternativas efetuado limitou-se a alternativas de arranjo, uma vez que, segundo o relatório, a existência de uma queda natural de cerca de 5 m fez com que todos os estudos sempre considerassem a restituição da Casa de Força a jusante da queda, condicionando assim uma única alternativa de eixo.

As alternativas de arranjo contemplaram:

- Arranjo 1 – vertedouro de soleira livre
- Arranjo 2 – vertedouro controlado
- Arranjo 3 – idem 1, com eixo da BTME mais a jusante
- Arranjo 4 – idem 2 com eixo da BTME mais a jusante
- Arranjo 5 – todo o barramento a jusante da estrada, necessitando a relocação desta.

A alternativa selecionada, por razões de custo e aspectos construtivos foi a alternativa 2.

Com relação à alternativa escolhida, não há comentários relevantes. Tecnicamente, as soluções adotadas são bastante convencionais e simples. As soluções estão adequadamente embasadas nos levantamentos de informações de campo, laboratório e estudos realizados até o momento e, embora alguns detalhes que merecerão cuidados especiais na fase de detalhamento de projeto, não se antevê problemas excepcionais, do ponto de vista geológico-geotécnico, que possam vir a inviabilizar o empreendimento.

Hidrometeorologia e Sedimentometria

Foram instalados 3 postos fluviométricos, sendo 1 a montante do eixo, outro na saída do canal de fuga e o terceiro na entrada do reservatório. Teria sido melhor eliminar o posto a montante do eixo e instalar mais postos, a montante, ao longo do rio, em locais de características singulares, para o cálculo do remanso.

Foram realizadas medições de descarga líquida e sólida, além de leituras dos níveis d'água, durante 11 meses. Destaca-se que as medições de descarga



apresentam inconsistências importantes – não abrangem uma variação significativa de vazões.

Os estudos concluíram que o rio Verde tem considerável capacidade natural de regularização das vazões, dispensando, portanto, a alocação de volumes úteis.

Para o enchimento do reservatório, considerou-se uma vazão sanitária de 5 m³/s, sendo a área de drenagem de 11.947 km² no eixo de salto do rio Verdinho.

O tempo de enchimento do reservatório foi estimado entre 14 e 20 dias. Deve ser observado, comparando-se aos tempos estimados para a UHE Salto, que esses resultados não são condizentes com as diferenças entre as áreas de drenagem dos aproveitamentos analisados.

O estudo sedimentométrico indica a presença de mais de 98% de areia na composição dos sedimentos em suspensão, fato que não corresponderia às observações de campo, onde se visualizou águas barrentas. Por outro lado, e apesar da areia constituir uma parte significativa dos depósitos no reservatório, haverá sempre uma determinada compactação que não foi considerada nos estudos.

Conforme visto anteriormente, a soleira da tomada de água da UHE Salto estará na cota 414,00 m, e a cota superior de sua entrada na cota 426,00 m. As cotas correspondentes para a UHE Salto do Rio Verdinho são 347,50 m e 360,50 m. Ambas cotas das referidas soleiras estão ligeiramente acima da cota do leito do rio.

Entretanto, as cotas correspondentes ao volume zero são 395,00 m, para Salto (p. 83) e 343,00 m para Salto do Rio Verdinho (p. 79), fato que indica uma anomalia significativa no estudo.

Outrossim, o estudo sedimentométrico indica que os sedimentos atingiram as cotas 399,76 m (ver na Tabela na p. 89) e 349,75 m (ver Tabela 7.1 na p. 94), respectivamente para Salto e Salto do Rio Verdinho, ao cabo de 20 anos de operação, ou seja, ambas tomadas estariam totalmente obstruídas ainda que a deposição dos sedimentos não fosse horizontal.

É imprescindível o esclarecimento das referidas incongruências significativas.

Hidrologia

A análise dos estudos hidrometeorológicos apresentados no Capítulo 7 do documento de referência resultaram nos seguintes comentários:



- Não foram apresentados os estudos de consistência dos dados fluviométricos. No entanto, verifica-se pelas análises dos dados das estações fluviométricas e pelos valores apresentados no relatório que foram desenvolvidos os estudos de consistência. Quanto à série de vazões médias mensais, observa-se que:
- Não foram fornecidos os elementos básicos para a verificação da calibração do modelo chuva-vazão, como os hidrogramas e a correlação entre as vazões médias mensais observadas e calculadas;
- Não foram feitas as análises de validação do modelo chuva-vazão, procedimento usual dentro desta metodologia;
- Diferente da afirmativa, a Tabela 7.20 e a Ilustração (5) não são suficientes para concluir que não é interessante a alocação de volume útil. Esta conclusão requer análises técnico-econômicas mais abrangentes.

Estudos de Vazões Extremas

- Em que pese a preocupação em estender as séries de vazões máximas, verifica-se que a metodologia adotada altera significativamente os coeficientes de assimetria e curtose, bem como diminui as médias e o desvio-padrão das séries observadas nos postos fluviométricos. Desta forma, deveriam ter sido desenvolvidas, também, as análises de frequência com as séries observadas (sem utilizar a metodologia de extensão das séries) e confrontar os resultados obtidos;
- A afirmativa “*experiências têm demonstrado (...) que existe muita dispersão nas equações de regionalização dos parâmetros*” é vaga, uma vez que não indica as referências que permitam esta conclusão geral. Se os estudos de regionalização foram feitos, deveriam ter sido apresentados para confirmar as conclusões que a metodologia utilizada era a melhor alternativa;
- Embora o relatório apresente uma posição contrária à metodologia de regionalização, procedeu-se uma regionalização quando foram utilizadas as vazões máximas específicas em função da área de drenagem;
- A distribuição exponencial é recomendada pelo “Guia para o Cálculo de Cheias de Projetos de Vertedores”, publicado pela ELETROBRÁS, quando a assimetria da população estiver entre 1,0 e 2,5. Dos 5 postos fluviométricos selecionados, apenas Ponte do Cedro e Ponte do Rio Claro, ambos localizados na porção alta da bacia, apresentam assimetria pouco superior a 1,0;



- Não foi apresentado o critério utilizado para caracterizar a melhor aderência da distribuição de Gumbel, nem mesmo as curvas das distribuições probabilísticas ajustadas e os respectivos valores de vazões máximas plotados, indicando a posição de plotagem adotada (não mencionada no relatório);
- Diferente da afirmativa do último parágrafo da página 67, o ajuste das equações às vazões máximas dos 6 postos para cada período de retorno não podem ser julgados excelentes. Qualquer curva apresentaria um bom ajuste a um conjunto de 6 dados com alguma tendência, pelo simples fato de haver um enorme grau de liberdade. Caso fosse ajustada uma reta ao Gráfico 7.1, o coeficiente de determinação seria 0,84, ligeiramente inferior ao 0,91 obtido. Percebe-se, na verdade, uma significativa dispersão das vazões máximas justamente na faixa de área de drenagem da bacia do rio Verde na UHE Salto;
- A adoção de um coeficiente de majoração das vazões médias diárias igual à metade do coeficiente sugerido pela fórmula de Füller é uma arbitrariedade, sem justificativa técnica;
- A área de drenagem apresentada no item 7.3.7.3, de 1.947 km² para a UHE Salto do rio Verdinho, tem um erro de digitação, uma vez que o valor anteriormente indicado é de 11.947 km²;
- A fórmula de Eüller foi aplicada para a área de drenagem de 10.961 km², que corresponde à UHE Salto, quando deveria ter sido utilizado o valor de 11.947 km², resultando em um coeficiente de 1,0796;
- Os valores de vazões máximas, diária e instantânea, apresentados na Tabela 7.25, estão incorretos. Estes valores correspondem à UHE Salto, como pode-se verificar no relatório “Aproveitamento Hidrelétrico Salto – Estudos de Viabilidade – Volume 1 – Memorial Descritivo”, de Novembro de 2001. Por exemplo, para o período de retorno de 10.000 anos, aplicando-se a metodologia sugerida no relatório, resultaria nas vazões máximas diária e instantânea de 1.860 e 2.008 m³/s, respectivamente;

Reservatório

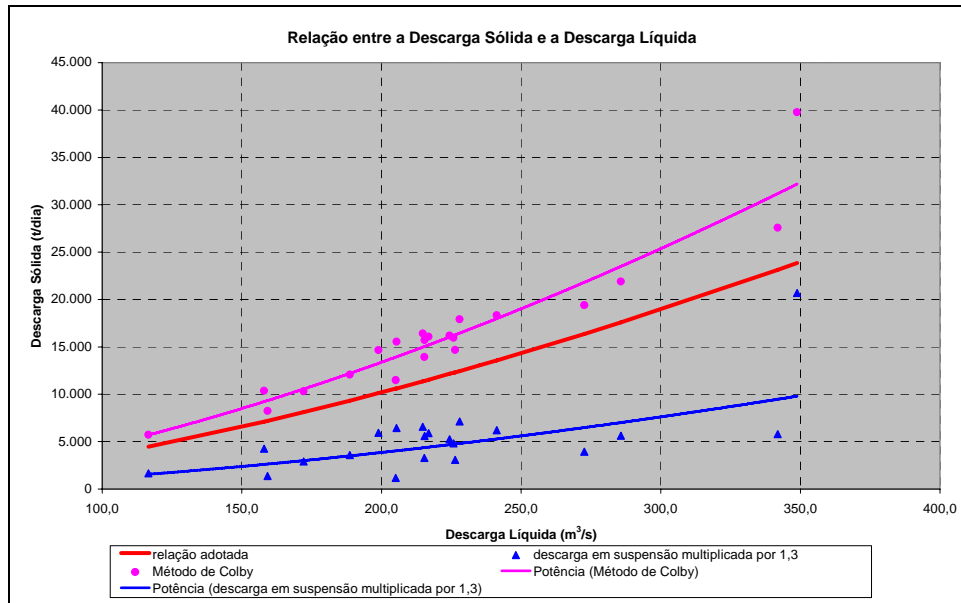
- O estudo de enchimento apresentado é simplista. O estudo de enchimento deve ser desenvolvido através de análise estatística de séries temporais, utilizando cenários médios, desfavoráveis (abaixo da média) e favoráveis (acima da média). Os tempos de enchimento são obtidos de forma probabilística ou estocástica;



- Nos estudos de vento e borda livre, é afirmado que o “procedimento é conservador” e que o “tempo de geração não é um valor alto, mas é pouco provável de ocorrer”. Estas afirmativas carecem de comprovação técnica, uma vez que não foram apresentados estudos de análise de frequência de ventos ou ondas neste local ou em qualquer local na região. Portanto, os estudos adotaram parâmetros sem quaisquer referências. Poderiam ter sido instalados anemômetros durante o desenvolvimento dos estudos ou terem sido feitas coletas de dados em aeroportos da região para obter algum balizamento;
- É curioso perceber, por exemplo, que o relatório afirma que “tempo de geração entre 19 e 26 min não é um valor alto, mas é pouco provável de ocorrer”. Já no relatório “Aproveitamento Hidrelétrico Salto – Estudos de Viabilidade – Volume 1 – Memorial Descritivo”, de Novembro de 2001, o mesmo consórcio consultor afirma “o tempo de geração entre 22 e 31 min é relativamente alto, tornando improvável sua ocorrência”. Faixas similares de valores apresentam qualificações diferentes, confirmando a subjetividade da análise;
- Contrariando a recomendação do documento “Instruções para Estudos de Viabilidade” da Eletrobrás, DNAEE, 1997, não foram feitos os levantamentos topobatimétricos necessários para o desenvolvimento dos estudos de remanso. Desta forma, arbitrou-se uma profundidade única de 2,00 m, sem qualquer justificativa técnica. Não foram mencionados os valores do coeficiente de Manning obtidos e sua coerência com as características fluviais.

No tocante à **hidrossedimentologia**, além dos comentários feitos acima, aduz-se que:

- Não foram feitas as medições de amostragem do material do leito;
- Não foram apresentadas as curvas-chave de sedimento ou a relação da vazão sólida e da vazão líquida juntamente com os dados de medições, o que permitiria verificar o ajuste. A figura a seguir apresenta a curva da relação adotada e as descargas sólidas totais em função das descargas líquidas obtidas com base nos dados que constam da Tabela 6.3. As descargas sólidas totais foram calculadas, conforme sugere o relatório, multiplicando a descarga sólida em suspensão por 1,3 e utilizando o Método de Colby. Verifica-se que a relação adotada, apresentada na página 89 do relatório, indica valores de descarga sólida total situados entre àqueles que seriam obtidos utilizando os mencionados procedimentos. Esta constatação contraria a afirmativa do relatório: “Optou-se, conservadoramente, por adotar os resultados fornecidos pelo método de Colby”.



Caso a relação ajustada tivesse, como afirmado no relatório, utilizado o Método de Colby, a vida útil do reservatório seria menor que a indicada – 40 anos, o que poderia comprometer a viabilidade técnica do aproveitamento;

De qualquer forma, o relatório deixa evidente o alto potencial de assoreamento do reservatório da UHE Salto do rio Verdinho, o que exigiria uma campanha mais detalhada e prolongada da descarga sólida afluyente. A inclusão das mencionadas medições de amostragem do material do leito, conforme previsto recomendação no documento “Instruções para Estudos de Viabilidade” da Eletrobrás, DNAEE, 1997, teria permitido uma avaliação mais apurada da descarga sólida total.

Estudos Energéticos

A análise dos estudos energéticos apresentados nos Capítulos 11 e 12 do documento de referência resultaram nos seguintes comentários:

- Não são apresentados os elementos básicos das análises econômicas, como a vida útil econômica e a taxa de desconto. Apenas na página 128, são feitas menções, para um cálculo particular, da utilização de uma taxa de atualização de 12% ao ano e vida útil de 50 anos;
- O texto afirma que: “Para os estudos de níveis, foi considerado um fator de capacidade de 0,55”. A metodologia recomendada pelo documento “Instruções para Estudos de Viabilidade” da Eletrobrás, DNAEE, 1997, não utiliza este tipo de hipótese;



- O relatório não apresenta o sistema de referência adotado nas simulações. Foram consideradas apenas as usinas hidrelétricas da bacia do rio Verde, com os aproveitamentos Tucano, Guariroba e Salto. Este procedimento contraria a recomendação do documento “Instruções para Estudos de Viabilidade” da Eletrobrás, DNAEE, 1997, para usinas hidrelétricas interligadas ao sistema;
- Não foram apresentados parâmetros básicos, como:
 - rendimento médio do conjunto turbina-gerador;
 - perda de carga no circuito de adução e geração;
 - vazão sanitária entre a barragem e o canal de fuga;
 - carga ou mercado utilizado para o sistema nas simulações;
 - custos de operação e manutenção.
- Não foram apresentadas as análises técnico-econômicas para o caso da implantação da UHE Salto do rio Verdinho em primeira adição, ou seja, sem a presença do reservatório regularizador da UHE Tucano. No caso da UHE Tucano não ser implantada, os benefícios energéticos serão reduzidos. Sem a mencionada análise, não há como avaliar sua viabilidade nesta hipótese.

Estudos Ambientais

Não foi possível identificar a origem do valor de 5 m³/s para a vazão sanitária a ser adotada no período de enchimento. Note-se que a vazão mínima média de longo período nesta seção do rio Verde, é de **84,5** m³/s, em relação aos quais, se adotado o mesmo critério utilizado no inventário, mais adequado, levaria a uma vazão mínima garantida de **67,6** m³/s. As simulações energético-econômicas deveriam tê-la adotado nos estudos de viabilidade.

De todo o modo, como no caso de Salto, os estudos de viabilidade assumiram explicitamente que o capítulo em referência constitui tão-somente um resumo dos estudos de impacto ambiental (EIA/RIMA) que foram desenvolvidos. Portanto, sua análise será feita adiante, em tópico específico.

Novamente, lembra-se a escassa utilidade da repetição de dados e informações já contidos em capítulos específicos dos estudos de viabilidade.



Observe-se, ainda, por oportuno, que há um erro aritmético na tabela dos custos sócio-ambientais, estando os resultados dos custos totais subestimados para menos da metade dos valores dados.

Ressaltam aos olhos, ademais, os valores consignados para as despesas legais e de aquisição, que montam a quase a metade do total de aquisição de terras e benfeitorias, quando não deveriam se afastar de valores entre 15 e 20%, como pode ser visto no orçamento de Salto.

Por fim, indica-se que alguns dos valores não batem com a OPE e com os dados da ficha técnica colocada anteriormente. Não se sabe, afinal, quais valores prevalecem.

Estudo de Alternativas

Arranjo Geral

O eixo escolhido, como já referido, corresponde exatamente àquele definido nos estudos de inventário.

Para esse sítio também foram analisadas 5 alternativas de arranjo, tendo sido escolhida aquela de menor custo de implantação.

O reservatório da UHE Salto do Rio Verdinho terá 36,55 km² e um volume total de 261,8x10⁶ m³, na cota 370,50 m.

Desvio do Rio

Tal como no caso da UHE Salto, a primeira etapa de desvio será realizada pelo leito natural do rio, utilizando-se adufas no corpo do vertedouro para a segunda etapa de desvio.

A vazão de desvio será de 1.131 m³/s, para um período de decorrência de 50 anos.

Vertedouro

O vertedouro foi dimensionado para a cheia decamilenar de 2.008 m³/s, sem sobrelevação do nível do reservatório.

O vertedouro terá 3 vãos equipados com comportas segmento de 11,00 m (A) x 9,50 m (L).

Tomada D'Água



Novamente alerta-se para a necessidade de revisão do projeto de emboque, em razão do problema de sedimentos, como já lembrado na análise da UHE Salto.

Prazo e Custos

O prazo para entrada em operação das unidades é o mesmo de Salto, ou seja, 51 meses. Do mesmo modo que naquele caso, considera-se excessivamente elevado, face às condições atuais de mercado. O prazo razoável seria em torno de 42 meses, resultando em menores custos de construção, em especial devido a redução dos juros.

O custo das obras foi orçado em R\$ 223,60x10⁶, equivalente a US\$ 94,14x10⁶ (junho, 2001).

Esses custos seriam majorados, já que, sem nenhuma explicação, foram utilizados os preços unitários dos insumos básicos da ELETROBRÁS, referenciados a dezembro/2000.

O Índice Custo-Benefício (ICB) é de 22,22 MWh para a UHE Salto do Rio Verdinho.

Esse valor, para o nível de inventário, data-base de dezembro/1995, era de US\$ 27,60 MWh. Esta redução se deve à desvalorização do real em fevereiro/1999 e às condições do mercado (privatizações).

Conclusões e Recomendações

Valem as mesmas já formuladas para o caso da UHE Salto. Ou seja, com exceção dos estudos hidrológicos e energéticos, os demais foram executados de forma adequada e suficiente para este estágio de projeto. Além da revisão desses estudos, considera-se imprescindível verificar e revisar as curvas cota-área-volume utilizadas nos estudos de sedimentos e, eventualmente, o projeto dos emboques das tomadas de água.

Novamente questiona-se sobre a necessidade de previsão de dispositivo de vazão sanitária permanente, seja para manutenção da alça do rio entre o pé do barramento e a restituição do Canal de Fuga, seja em razão da existência do salto natural. No caso do aproveitamento, como também a restituição do Vertedouro ocorre a jusante da cachoeira, esta, bem como o trecho jusante do rio Verde, ficarão permanentemente secos. Isso poderá trazer inconvenientes à aprovação do empreendimento pelos órgãos ambientais.



Devem ser revistos, ademais, os valores adotados para a vazão sanitária a ser descarregada a jusante, dado os valores históricos de vazão neste trecho do rio Verde.

Estudos de Impacto Ambiental

Comparando-se os estudos de impacto ambiental realizados para o empreendimento ora analisado e o foi feito para a UHE Salto, verifica-se que as diferenças existentes são perfunctórias, apenas para as questões mais evidentes, tais como área a ser afetada, número de famílias atingidas etc.

Todo o resto, de modo geral, é semelhante, tanto nas virtudes (escassas) quanto nos defeitos (mais abundantes) dos relatórios.

Como tal, isto se reflete com muita clareza no cotejo entre os textos contidos nos respectivos estudos de viabilidade. Dado que constituem resumos do EIA, portanto abordagens com maior nível de generalização, as diferenças são tão escassas que praticamente inexistem.

Em conseqüência, “mutatis mutandis”, valem para este EIA os mesmos comentários feitos para o EIA da UHE Salto, vistos anteriormente.

Por oportuno, ressalte-se que não há previsto nenhum dispositivo para a manutenção das vazões a jusante durante o período de enchimento, supondo-se que isso seja feito pelo canal de fuga da casa de força, permanecendo seco o trecho a montante até o canal de restituição do vertedouro e o pé da barragem. Se assim for, é uma medida de utilidade duvidosa, uma vez que a cota inferior do canal de fuga coincide com o remanso do reservatório de Ilha Solteira, sendo 5 m³/s uma contribuição de nenhuma importância.

O RIMA, ao qual se teve acesso nesse caso, é menos elucidativo ainda que o resumo contido nos estudos de viabilidade, resultando numa escassa utilidade para qualquer análise.

4.2.5 AHE CAÇU

Localização e Acessos

A UHE Caçu estará localizada no rio Claro, afluente da margem direita do baixo curso do rio Paranaíba, no sudoeste do Estado de Goiás, a aproximadamente 350 km de Goiânia. O eixo do barramento estará localizado nas coordenadas 18° 31' 46" de latitude sul e 51° 09' 00" de longitude oeste.



Esta região é servida por diversas rodovias federais e estaduais, onde se destaca a BR-364, pavimentada, com desenvolvimento aproximadamente paralelo ao rio Claro. No trecho entre São Simão e Jataí, a BR-364 encontra-se implantada na margem esquerda do rio Claro, ao longo de cerca de 10 km, o que facilitará o acesso ao aproveitamento de Caçu.

A localização e os acessos ao empreendimento podem ser vistos na ilustração colocada adiante.

Características Gerais do Empreendimento

Este empreendimento, juntamente com a UHE Barra dos Coqueiros, compõem o que o projetista denominou de Complexo Caçu, em razão da proximidade dos aproveitamentos e, principalmente, da interdependência operativa entre ambos.

O eixo escolhido para o arranjo, grosso modo, corresponde ao mesmo sítio definido pelos estudos de inventário.

O barramento será constituído por meio de duas barragens, sendo a da margem esquerda de terra e a da margem direita de concreto compactado a rolo (CCR), coroadas, respectivamente, nas cotas 480,50 e 479,50 m.

O comprimento total das estruturas, de ombreira a ombreira, será de 920 m, com alturas respectivas de 38 e 37 m.

O reservatório, com nível máximo normal posicionado na cota 477,0 m, terá uma área de 16,93 km² e volume de reservação de 231,77x10⁶ m³.

O vertedouro será de superfície e posicionado entre as estruturas de controle, dotado de comportas-segmento, com cota na soleira em 466 m.

A casa de força será posicionada junto à barragem de concreto, sendo dotada de 3 unidades geradoras.

A potência nominal instalada será de 66 MW, aproximadamente.

Essas e outras informações constam da ficha técnica no Apêndice deste trabalho.



rio Claro a jusante da UHE Caçu



mata ciliar do rio Claro a
montante da UHE Caçu

Estudos de Viabilidade

Cartografia e Topografia

Foram executados os seguintes trabalhos que incluíram a área de Barra dos Coqueiros:

- Cobertura aerofotogramétrica em escala 1:30.000 e respectiva restituição, em escala 1:10.000, com curvas de nível a cada 5 m, da área do reservatório, de aproximadamente 150 km².
- Cobertura aerofotogramétrica em escala 1:8.000 e respectiva restituição, em escala 1:2.000, com curvas de nível a cada metro, de uma área de 8.000 km², para os levantamentos cadastrais.
- Levantamento topobatimétrico em escala 1:2.000, com curvas de nível a cada metro, das áreas de implantação das obras.
- Nota-se que o alcance dos serviços executados é satisfatório e superior àquele realizado para as UHE's Itumirim e Olho D'Água, no rio Corrente, já analisadas.



Geologia e Geotecnia

A área do empreendimento situa-se na bacia hidrográfica do rio Claro, onde ocorrem rochas basálticas e areníticas pertencentes à bacia do Paraná. No sítio, ocorrem a Formação Serra Geral, representada pelos derrames basálticos, e a Formação Adamantina, onde ocorre o arenito Bauru. As obras de barramento e da usina estarão fundadas apenas sobre os derrames basálticos. As investigações efetuadas não evidenciaram a ocorrência de arenitos, seja em afloramentos, seja até às profundidades prospectadas. Os estudos geológicos levados a efeito, até a fase de viabilidade, não permitiram identificar, na região ou no local, falhamentos importantes que possam vir a condicionar a implantação do aproveitamento. Não obstante, recomenda-se um aprofundamento desses estudos nas etapas subsequentes dos trabalhos.

Ensaio de perda d'água realizados no local indicaram valores de condutividade hidráulica do maciço rochoso da ordem de 10^{-3} cm/s, correspondendo aos horizontes superficiais, mais alterados e bastante fraturados. Esses pacotes chegam a atingir mais de 10 m de profundidade.

Na área do barramento, sobreposto aos solos areno-argilosos de basalto, encontra-se colúvio argilo-arenoso avermelhado com espessura da ordem de 2 m, incluindo blocos de basalto e fragmentos laterizados. A ocorrência de aluvião é bastante restrita e, quando ocorre, está junto às margens em forma de bancos de areia fina cinza-amarelada, com níveis síltico-argilosos cinza claro. O topo rochoso apresenta-se, na ombreira direita, em profundidades entre 2 e 8 m, enquanto que na ombreira esquerda a espessura de solo pode chegar a até 16 m. Em função destas características, as estruturas de concreto foram posicionadas à margem direita e a barragem de terra estará na margem esquerda.

Não há informações sobre colapsividade desses solos de fundação. Embora o relatório de viabilidade mencione a execução de ensaios em amostras de solo de fundação, não foi possível ter acesso a estas informações, razão pela qual se recomenda aqui a adequada caracterização dos materiais que permanecerão sob a barragem, principalmente no aspecto de condutividade hidráulica e adensamento.

Suficiência das Investigações

As informações geológicas e geotécnicas fornecidas nos documentos a que se teve acesso são bastante pobres. A campanha de investigações de sub-superfície é insuficiente para fornecer um mínimo de conhecimento acerca das condições de ocorrência do maciço rochoso. Em princípio, não se vislumbram grandes



problemas de fundação das estruturas, embora haja indício de alguma anomalia na margem esquerda, em função das evidências representadas pela ocorrência de espessas camadas de solo e de rocha muito alterada nos testemunhos das sondagens mistas SM-02 e 03, executadas na margem esquerda.

Apesar do caráter preliminar de um estudo de viabilidade, da simplicidade das estruturas de concreto a serem instaladas e do fato das estruturas propostas serem bastante convencionais, recomenda-se a adequada complementação das investigações no sítio do aproveitamento.

Materiais de Empréstimo

Com relação a materiais de empréstimo, o relatório menciona que há solo em abundância na região, de qualidade adequada ao uso no corpo da barragem. Menciona a existência de jazida de areia a cerca de 8 km a jusante do eixo. Finalmente, com relação a rocha, prevê a utilização do material proveniente das escavações obrigatórias, bem com de exploração de pedreira. Não foi apresentado, entretanto, nenhum desenho com áreas exploradas, cubagem de material, localização em relação ao futuro reservatório etc.

Ressalta-se que não foi possível acessar qualquer tipo de ensaio de caracterização de nenhum desses materiais (caracterização geotécnica, permeabilidade, adensamento, resistência triaxial – solos; granulometria, permeabilidade – areias; caracterização, reatividade, ciclagem – rocha). Caso esses ensaios não tenham sido efetuados, recomenda-se uma quantidade mínima a ser executada, para dar suporte aos estudos ora apresentados.

Detalhamento do Projeto

O estudo de alternativas se limitou a analisar diferentes tipos de estruturas de barramento na margem direita, além da opção de um vertedouro de soleira livre no leito. Basicamente, foram estudadas três alternativas, a saber:

- obras de geração e vertedouro na margem direita, e barragens de terra nas margens direita e esquerda. Desvio incorporado ao vertedouro;
- obras de geração e vertedouro na margem esquerda, barragem da margem esquerda em CCR e barragem da margem direita em terra. Desvio incorporado ao vertedouro;
- obras de geração na margem esquerda, vertedouro de soleira livre no leito do rio, barragem da margem esquerda em CCR e barragem da margem direita em terra. Desvio desincorporado.

Os estudos apresentados resumem-se a uma tabela com custos parciais globais comparativos entre as alternativas e os desenhos de arranjo, o que torna a presente análise crítica bastante difícil, face à falta de um maior detalhamento. Apesar disso, arrisca-se aqui levantar uma questão que se refere à escolha da alternativa 2, em detrimento da alternativa 1: essa escolha foi feita com base em uma diferença de custo bastante baixa – cerca de 3% –, considerando-se a precisão da análise.

Numa avaliação preliminar: a barragem de CCR da alternativa 2 é bem mais longa que o fechamento em terra (mais de 50%) e, em que pese as diferenças de volume devido às seções transversais das duas estruturas, é sabido que o custo do concreto é bem mais elevado que o do aterro compactado, principalmente quando o solo de empréstimo é abundante. A barragem em CCR deverá exigir maiores cuidados com os critérios de aceitação da fundação e, portanto, volumes de escavação maiores, tratamentos, detalhes executivos mais refinados, como paramentos de montante e jusante em concreto convencional, juntas, drenagem do corpo da barragem, contato entre as camadas de compactação – juntas. Apesar de se concentrar na margem esquerda apenas obras de concreto, elas são diferentes do ponto de vista executivo. Não parece que a escolha da alternativa esteja tão fundamentada; recomendando-se a apresentação de um maior detalhamento, que realmente dê suporte a tal escolha.

Não há comentário conceitual em relação ao arranjo em si. Faz-se, no entanto, algumas observações pontuais:

- Margem direita – estruturas de concreto
 - A geometria da barragem de CCR não está corretamente descrita. Na pág. 127, menciona-se:

“A barragem da margem direita é de CCR, com uma extensão aproximada de 500 m e altura média de 20 m, tendo sua crista na El. 479,50 m. A geometria da barragem corresponde a uma estrutura tipo gravidade, executada com a técnica de CCR até a El. 479,00 m. O paramento de montante é vertical. A face de jusante tem inclinação de 1V:0,75H abaixo da El. 438,07 m, sendo vertical acima desta cota..”

Portanto, o trecho vertical tem altura $h = 479,5 - 438,07 \rightarrow h = 41,43\text{m}$ (?). Essa cota também aparece nas seções transversais;

- Os resultados das análises de estabilidade tabelados referem-se ao contato concreto-rocha que, para esse tipo de maciço, com esse nível de informação, não apresentam problemas com estruturas tão convencionais



com as propostas. Eventuais problemas poderiam surgir em horizontes mais fracos na subsuperfície, que, porém, não puderam ser evidenciados, pela insuficiência das investigações;

- Quanto ao desvio, há informações conflitantes:
 - Na pág. 125, o relatório menciona que o desvio será feito por **4** adufas;
 - Na pág. 129, o desvio será feito por **8** adufas de 6 x 3,5m (seriam 8 aberturas, duas por adufa?)
- Margem direita – Barragem de Terra.
 - Considerando ser um estudo de viabilidade e considerando que não se teve acesso a resultados de ensaios triaxiais, de adensamento ou de caracterização do solo de empréstimo, julga-se a inclinação adotada para os taludes da barragem algo um tanto arrojado. (mont → 1V:2,2H e jus → V:1,9H).
 - Os critérios de remoção de solo sob o tapete drenante não ficaram claros na descrição apresentada no item 12.4.1., pág. 127. O texto é reproduzido a seguir:

“Na calha do rio e na região de assentamento do tapete drenante, será removido integralmente o horizonte de solo da fundação, ficando o maciço compactado da barragem diretamente assente sobre o topo rochoso.”

Essa afirmativa implica na remoção de 16 m de solo alteração/solo residual. E ainda:

“Com base em análises de percolação pelo maciço e fundação da barragem adotou-se, para ambas as margens, onde a barragem está assente no solo de fundação, tapete drenante com 0,90 m de espessura... De forma a evitar o aumento da espessura da camada drenante do tapete nas regiões mais baixas das margens ..., está prevista a construção de septos de argila no tapete, de forma a conduzir as águas para o dreno de pé... Desta forma, foi adotado na região abaixo da El. 445,00, onde a fundação está no topo rochoso sob o espaldar de jusante, tapete drenante composto por ...”

Essa descrição corresponde a Barra dos Coqueiros – não há barragem em ambas as margens; o tapete drenante está sobre o solo ou sobre o topo rochoso?; abaixo da El 445 ainda ocorre SA/SR; e, finalmente, o terreno



natural está por volta da 455, portanto serão escavados mais de 10 m para assentamento do tapete drenante(?)

Ainda com relação ao detalhamento do tapete, o relatório menciona uma análise de percolação. Questiona-se qual o modelo utilizado, quais os parâmetros de entrada desse modelo etc?

Hidrometeorologia e Sedimentometria

Para os dois empreendimentos, foram instalados 2 postos fluviométricos, com leituras diárias às 07:00 e 17:00 horas, durante 2 meses, executadas medições de descarga líquida e sólida e levantadas seções topográficas ao longo do reservatório, visando os estudos sedimentométricos, de remanso e a definição da curva-chave nos locais dos barramentos.

Para o cálculo das bordas livres, adotou-se uma velocidade do vento igual a 80 km/h, sem a devida justificção. Outrossim, esse valor é inferior ao adotado no rio Corrente, na mesma região, igual a 100 km/h, ambos sem justificativa plausível.

Por outro lado, foi calculada uma altura de onda de 1,15 m e uma maré de vento de 0,024 m, em Caçu, que em Barra dos Coqueiros foram de 1,54 m e 0,065 m, porém adota uma borda livre no segundo, de 3,0 m, inferior ao primeiro, de 3,5 m.

Para o cálculo do tempo de enchimento, foi considerada uma vazão sanitária igual a 80% da vazão mínima média mensal que, em Caçu, é 55 m³/s e 63 m³/s em Barra dos Coqueiros. Entretanto, foi utilizada a vazão de 50 m³/s em ambos casos.

Nota-se que o volume do reservatório, em Caçu, é de 232x10⁶/m³ e área de 25,55 km².

O estudo de sedimentos é deficiente. Deverá ser revisado utilizando dados da ELETROBRÁS/ANEEL, o resultado das medições obtidas após o término dos estudos {espera-se que tenham continuado} e amostras do leito do rio. Por outro lado, projeta a soleira da tomada d'água na cota 445,40 m, mas considera a cota 455,00 m no cálculo da vida útil, com o objetivo de prolongar (falsificar) o seu período de operação...!!

Hidrologia

A análise dos estudos hidrometeorológicos apresentados no Capítulo 7 do documento de referência resultou nos seguintes comentários:

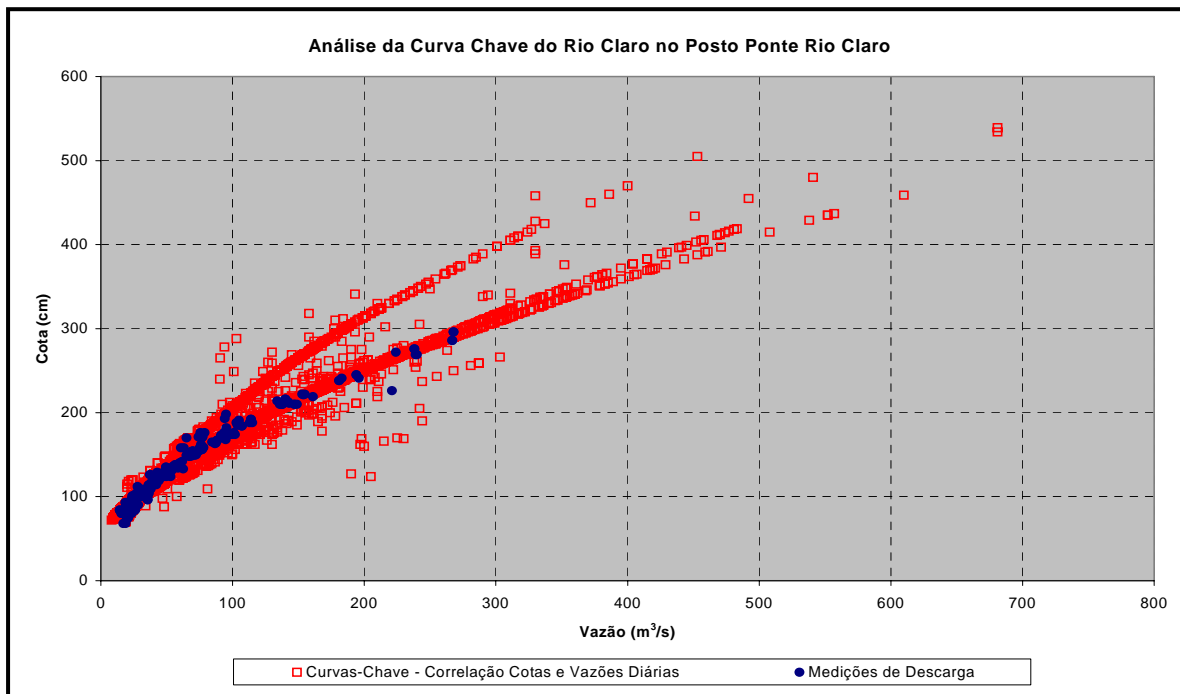


- A bacia do rio Claro situa-se entre os paralelos **17°00´** e **19°30´** de latitude sul, diferente do que foi apresentado no relatório;
- A precipitação média anual da bacia do rio Claro deveria ter um único valor, obtido a partir da distribuição isoietica das chuvas anuais na bacia;
- Não foram apresentados os estudos de consistência dos dados fluviométricos. O estudo de consistência deve ser composto, pelo menos, dos seguintes elementos:
 - Análise das curvas-chave dos postos fluviométricos;
 - Análise dos cotagramas ou limnigramas dos postos fluviométricos;
 - Determinação das séries de vazões médias diárias, utilizando a curva-chave existente (se consistente) ou a nova curva-chave estabelecida;
 - Determinação da série de vazões médias mensais;
 - Correlação das séries de vazões médias mensais dos postos fluviométricos.

Para uma análise mais detalhada, obteve-se junto à ANEEL os dados do posto Ponte Rio Claro, estação utilizada nos estudos para calibração do modelo chuva-vazão, com base no qual foi obtida a série de vazões médias mensais do rio Claro na UHE Caçu. A figura a seguir apresenta a análise da curva-chave deste posto, onde são confrontadas as séries de cotas e vazões médias diárias e as medições de descarga líquida.

A análise desta figura permite verificar a presença de diversas inconsistências entre as cotas observadas e as vazões consideradas. Além disso, verifica-se um grande conjunto de pontos cota-vazão que não guardam relação com as medições de descarga. Ainda, verifica-se que o maior valor de medição de descarga foi de $268 \text{ m}^3/\text{s}$, exigindo extrapolações para até $681 \text{ m}^3/\text{s}$, o que exigiria, no mínimo, uma análise cuidadosa da seção transversal. Ressalta-se que as vazões máximas são utilizadas nos estudos de cheias, que permitem determinar as vazões ou hidrogramas de projeto do vertedouro, diretamente relacionadas à segurança da barragem.

Estas inconsistências não foram corrigidas, já que o relatório afirma “*Não foram observadas inconsistências nos dados do histórico dos postos em questão*”. Desta forma, os estudos hidrometeorológicos e, como consequência, os estudos energéticos, ficam comprometidos.



Quanto à série de vazões médias mensais, embora comprometidas em função das inconsistências dos dados do posto Ponte Rio Claro, observa-se que:

- Não foram apresentadas as análises de consistência e preenchimento de falhas, incluindo curvas duplo-acumuladas, correlações, entre outros procedimentos usuais;
- Não foram apresentadas as análises de consistência dos dados dos postos fluviométricos das bacias vizinhas;

Aplicação do Modelo e Resultados Obtidos

- O modelo SMAP, como outros modelos chuva-vazão, não utiliza dados de evaporação. Os dados necessários são os de evapotranspiração real ou potencial.



- É tecnicamente inadequado representar a precipitação média na sub-bacia do rio Claro no posto fluviométrico Ponte do rio Claro, com 5.256 km², através das observações de um posto pluviométrico localizado na seção da estação fluviométrica;
- Deveria ter sido apresentada a correlação entre as vazões observadas e calculadas. A análise visual da Figura 7.4 mostra um ajuste ruim do modelo, provavelmente por ter utilizado a chuva no ponto (no local do barramento) e não na bacia, dados de evaporação em vez de dados de evapotranspiração potencial e a série de vazões sem a devida consistência;
- Não foram feitas as análises de validação do modelo chuva-vazão, procedimento usual dentro desta metodologia.

Extensão da Série e Transferência para o Local do Eixo

- Parece haver dúvida da área de drenagem da sub-bacia do rio Claro no posto Ponte do rio Claro, apresentando-se valores de 5.265 ou 5.256 km²;
- O relatório não explica porque o modelo chuva-vazão não foi calibrado para os postos Cachoeira Alta ou diretamente no posto Fazenda Rondinha. O ideal teria sido calibrar para os três postos e analisar os resultados para, a partir daí, definir os parâmetros do modelo para gerar a série de vazões do rio Claro na UHE Caçu;
- Diferente do usual e do esperado em função das características fisiográficas e hidrometeorológicas da bacia, a vazão específica da sub-bacia do rio Claro em ponte do rio Claro é de 14,2 l/s/km², enquanto na UHE Caçu e em Fazenda Rondinha o valor é maior, de 17,0 l/s/km²;
- Não foram apresentadas as análises de consistência de dados, etapa fundamental nos estudos hidrológicos e, particularmente, nos estudos de cheias;

Período Completo

- Não foram apresentadas justificativas técnicas para escolha das distribuições Gumbel e Exponencial de 2 parâmetros. Estas escolhas são, usualmente, feitas a partir da análise das estatísticas das séries de vazões máximas, em especial os coeficientes de assimetria e de curtose;
- O ajuste das distribuições probabilísticas às vazões máximas é muito ruim, mostrando a inadequação do procedimento;



- Não há uma correlação entre a vazão média das cheias (TR = 2,33 anos) com a área de drenagem. Isto era esperado, uma vez que o rio Claro apresenta trechos com declividade acentuada. Desta forma, dever-se-ia buscar uma relação entre a vazão média das cheias e a área de drenagem, declividade ou comprimento do talvegue;
- A relação entre a vazão máxima e a vazão média de cheia não é denominada de vazão específica, sendo utilizado o termo vazão normalizada ou adimensional;
- Menciona-se que “*foram selecionados os maiores hidrogramas de cheias ocorridos durante o período histórico de observações e, a partir deles, foi calculado um hidrograma adimensional característico de cheias para o rio Claro no trecho estudado*”. No entanto, este importante estudo não é apresentado.

Período de Estiagem

- Não foram apresentadas justificativas técnicas para escolha da distribuição Exponencial de 2 parâmetros;
- Não foram apresentados os estudos.

Curvas de Descarga

- O relatório menciona 4 medições e o Quadro 7.20 apresenta 5 medições;
- O relatório não apresenta os elementos básicos, como o valor do coeficiente de Manning utilizado, a geometria da seção, a declividade utilizada, as respectivas justificativas. Além disso, é evidente a inadequação da curva de descarga traçada para vazões de até 3.200 m³/s, a partir de medições de descarga entre 170 e 235 m³/s;
- Não são apresentados os estudos mencionados em “*A fim de avaliar a influência do remanso do reservatório de Barra dos Coqueiros no Canal de Fuga da UHE Caçu, foram obtidos os perfis de remanso utilizando-se o programa computacional HEC-RAS versão 2.2*”. Não são apresentadas as seções topobatimétricas, calibração do modelo, medições de descarga, o estudo de remanso, o NA adotado em Barra dos Coqueiros (446 a 448m);



Reservatório

- Não foram apresentados os elementos que permitiram a obtenção das curvas cota x área x volume;
- Como já mencionado, não foram apresentadas justificativas técnicas para adotar um vento de 80 km/h com 2 horas de duração. Aparentemente, não foram feitas consultas em estações hidrometeorológicas. Não foram apresentados os cálculos do “fetch efetivo”, importante elemento no cálculo da borda-livre;
- Foi adotado um coeficiente de segurança de 10%, sem nenhuma justificativa técnica;
- Aparentemente, a direção do vento foi adotada coincidente com a direção do fetch, sem nenhuma análise, como a rosa dos ventos;
- Não são apresentadas justificativas técnicas ou mencionados relatórios que explicam o valor de 50 m³/s adotado para a vazão remanescente, conforme já reiterado;
- O estudo de enchimento apresentado é simplista. O estudo de enchimento deve ser desenvolvido através de análise estatística de séries temporais, utilizando cenários médios, desfavoráveis (abaixo da média) e favoráveis (acima da média). Os tempos de enchimento são obtidos de forma probabilística ou estocástica;
- Não são apresentadas as seções topobatimétricas. Além disso, verifica-se que não foram feitas campanhas de medições de descarga e levantamento de linhas d'água, conforme preconiza o manual dos estudos de viabilidade. Não são apresentados os estudos que permitem concluir que o coeficiente de Manning é 0,030.

Hidrossedimentologia

- Não foram feitas as medições de amostragem do material do leito;
- Não foram feitas campanhas no período chuvoso. O regime fluvial no mês de maio não é representativo para fins dos estudos;
- Diferente do afirmado, a confiabilidade não foi garantida, uma vez que, como o próprio texto menciona, o “número de medições realizadas era muito pequeno e com uma amplitude bastante limitada”;



- Arbitrariamente, sem nenhuma justificativa, foi aplicado um coeficiente de segurança igual a 2, dobrando o volume obtido, para tornar os cálculos mais a favor da segurança;
- Verifica-se que a “curva” obtida na Figura 7.20 não tem significado algum, mostrando a total falta de relação entre a vazão sólida e a vazão líquida. Ressalta-se que a escala vertical é logarítmica. Desta forma, a metodologia utilizada é inadequada, desqualificando o estudo sedimentológico. A justificativa que em próximos estudos serão feitas revisões é descabida, uma vez que está diretamente relacionada com a vida útil do aproveitamento e com sua viabilidade;
- O mencionado “método da deposição laminar” não é encontrado na literatura técnica. Trata-se de um procedimento simplista;
- Embora tenham sido feitas algumas medições de descarga líquida, adotou-se a distribuição granulométrica uniforme hipotética (33,3% silte, 33,3% argila e 33,3% areia). As análises de laboratório deveriam revelar a distribuição. A afirmativa “já que este parâmetro tem pouca influência no resultado final do cálculo” não corresponde a realidade. Isto ocorre, porque foi adotado o “método da deposição laminar”;

Os estudos são inadequados e não permitem qualquer conclusão.

Estudos Energéticos

Os estudos energéticos estão comprometidos pelas inconsistências identificadas nas séries de vazões médias mensais, conforme comentado no item anterior. A análise dos estudos energéticos apresentados no Capítulo 10 do documento de referência resulta nos seguintes comentários:

- **Vida Útil dos Aproveitamentos** – O documento “Instruções para Estudos de Viabilidade” da Eletrobrás, DNAEE, 1997, indica a necessidade de utilizar o conceito de vida útil econômica (50 anos para usinas hidrelétricas), que é superior ao período mínimo de concessão proposto pela Lei 9.074/95 para as concessões outorgadas por licitação pública;
- **Custos de Operação e Manutenção** – Parece inadequada a utilização de custos genéricos definidos para a fase de Inventário em estudos de viabilidade. Os custos deveriam ser avaliados para as características específicas do aproveitamento;



- **Rendimento do Conjunto Turbina-Gerador** – Os rendimentos adotados correspondem aos rendimentos máximos obtidos nos pontos ótimos das máquinas, ou seja, o melhor ponto de funcionamento da turbina e gerador. No entanto, o valor requerido para os estudos energéticos é o rendimento médio ou a utilização de uma curva de produtividade. A adoção dos mencionados valores resulta na sobreavaliação da produção energética;
- **Perda Hidráulica** – Deveria ter sido feito um estudo hidráulico que indicasse a percentagem compatível com as características hidráulicas do circuito de adução e geração;
- **Sistema de Referência** – Contraria o item 10.2.1.1 Sistema de Referência, que afirma “O Sistema de Referência adotado foi o Sistema Brasileiro. Considerou-se que para o ano de 2015, a configuração para o sistema elétrico sinalizada no Plano Quinquenal da ELETROBRÁS é suficientemente representativa como sistema de referência de longo prazo.”;

Não são apresentados os estudos energéticos que demonstrariam que o benefício de energia firme da usina é decrescente com a depleção do NA do reservatório;

A simplificação adotada de operação isolada do aproveitamento não é o procedimento indicado no documento “Instruções para Estudos de Viabilidade” da Eletrobrás, DNAEE,1997, para usinas hidrelétricas conectadas ao sistema interligado nacional.

Estudos Ambientais

O capítulo relativo ao tema, contido nos estudos de viabilidade da UHE Barra dos Coqueiros, é rigorosamente o mesmo que foi apresentado para Caçu, inclusive nos impactos apresentados. Os autores não se deram ao trabalho sequer de individualizar as dimensões das áreas e populações a serem diretamente afetadas. Isso não ocorre nem na arqueologia nem dos benefícios energéticos.

Ou seja, não se pode ter a exata dimensão das características ambientais afetadas por cada empreendimento. Por certo que as áreas de influência e as chamadas áreas do entorno (na verdade, área de influência direta) são as mesmas, mas essa simplificação não se adere às áreas a serem diretamente afetadas e seu entorno.

Contribui para atenuar a situação apenas o fato de que o conteúdo dos tais estudos ambientais não dialoga com as demais abordagens da viabilidade, sendo solene e merecidamente ignorado.



De resto, os impactos apontados o são num nível de elevada generalização, que tal texto, removidas alguns poucos toponímicos e quantitativos, serviria (mal, evidentemente) para integrar qualquer estudo ambiental de empreendimentos hidrelétricos.

Este capítulo não cumpre qualquer finalidade prática nos estudos analisados.

Estudo de Alternativas

Arranjo Geral - Como já referido, o eixo escolhido foi aquele definido nos estudos de inventário. No sítio Caçu, foram comparadas 3 alternativas de arranjo geral, tendo sido escolhida aquela com barragem em CCR, na margem direita, e barragem de terra na margem esquerda. Caso haja material adequado e suficiente, é recomendável adotar na margem esquerda, também, uma barragem em CCR, com economia de custos, uniformização dos equipamentos do empreiteiro e menos estragos ambientais nessa ombreira.

Desvio do Rio - O desvio será realizado em duas etapas. Na primeira, o rio escoará no seu leito natural. Terminada a construção das adufas, por onde será realizado o desvio da segunda etapa, o leito será isolado por ensecadeiras para a construção do ultimo trecho da barragem.

A vazão de desvio em Caçu é de $1.369 \text{ m}^3/\text{s}$, com frequência de 25 anos.

Vertedouro - O vertedouro terá 33,60 m de soleira, posicionado na cota 466,00 m. O N.A.Max.Normal será na cota 477,00 m, e dimensionado para enchente decamilenar de $2.068 \text{ m}^3/\text{s}$.

Nessas condições, o coeficiente de descarga será de 2,40, valor inaceitável e impraticável, face à certeza da cavitação do perfil vertente. É imprescindível redimensionar a estrutura, incrementando a carga hidráulica e/ou a largura.

Tomada D'Água - A soleira da tomada d'água da UHE Caçu está na cota 445,40 m, considerado muito baixo e desnecessário, já que incrementa as escavações, o custo dos equipamentos e permitirá o entupimento mais cedo de sua entrada. Deverá ser alteada até a cota 460,00 m, sem prejudicar as condições mínimas requeridas de submersão (ver desenho nº 3638/01-30-A10003, Revisão AO).

Prazos e Custos

Na p.164 do relatório da UHE Caçu, indica-se um prazo de 39 meses, porém é de 48 meses no cronograma do desenho nº 3638/01-1Z-A1-0001, Revisão 0, ou seja,



os juros apresentados no Quadro 12-4, p.164, estão subestimados, bem como o custo total de US\$ $62,5 \times 10^6$.

Na atualidade, empreendimentos similares poderão ser construídos em 2,5 a 3 anos.

Conclusões e Recomendações

Os seguintes aspectos merecem ser revisados e reanalisados com maior cuidado:

- De que forma será colocado em licitação um projeto se não estão definidas e caracterizadas as suas áreas de empréstimo? Será que os estudos foram aprovados pela ANEEL? É preciso sanar essa deficiência.
- A velocidade do vento e o cálculo da borda livre.
- As simulações para o enchimento do reservatório, com a vazão sanitária correta.
- O estudo de sedimentos e os estudos energéticos, atualizando-se o valor do CUR a julho/01.
- Uma barragem em CCR na margem esquerda da UHE Caçu.
- Redimensionamento do vertedouro e tomadas d'água.
- Os cronogramas de construção e respectivos custos.

Estudos de Impacto Ambiental

Chama a atenção, logo ao início do texto, a estrutura da apresentação, semelhante aos do rio Verde, em frases inteiras iguais, inclusive os mesmos erros de português.

Com efeito, verificada, ao final do volume, a equipe técnica envolvida, percebe-se que foi a mesma que desenvolveu os estudos para as UHEs Salto e Salto do Rio Verdinho. A única exceção é um biólogo (Gustavo Ribeiro Aloísio, que não constou como integrante daquelas equipes).

O estudo apresentado é para o Complexo Caçu, ou seja, os empreendimentos das UHEs epônima e Barra dos Coqueiros, datado de outubro/2001.

O capítulo que segue a caracterização geral das intervenções é o dos aspectos jurídicos envolvidos (2.1.), no qual repete-se o mesmo texto prolixo e com



excessivo número de excertos da legislação e normas incidentes, sem fecho ou conclusão objetiva sobre a correlação entre o dispositivo e o aspecto ambiental específico.

Rigorosamente, é outro texto que pode ser usado para qualquer EIA/RIMA de barragens em Goiás, com alterações apenas cosméticas. É justo reconhecer, no entanto, que ele é mais resumido que os textos apresentados naqueles relatórios.

O mesmo vale para o texto sobre a viabilidade econômica dos empreendimentos, no tocante à semelhança dos outros estudos e quanto à trivialidade do conteúdo.

A simplicidade do raciocínio sobre a configuração das áreas de estudo também oferece a mesma constatação. Observe-se que, ao iniciar um estudo do gênero, são configuradas hipóteses sobre a extensão espacial dos efeitos de dado empreendimento, mesmo para a ADA. Ao longo dos levantamentos e do aprofundamento das observações, estes contornos poderão (e costumeiramente o são) e deverão ir sendo alterados e melhor precisados. No caso de todos os estudos mencionados, inclusive os ora examinados, gravou-se um critério só para todos e foram em frente, não tendo sido encontrada nenhuma necessidade de alterações. Tal partido metodológico é, no mínimo, passível de discussão.

No caso dos aspectos climáticos, o conjunto das estações de origem dos dados é, por óbvio, diferente, mas o raciocínio é o mesmo dos estudos anteriores, inclusive para aspectos dispensáveis, tais como o balanço hídrico de Thorntwaite.

Para os estudos pedológicos, o autor comenta que os pontos de amostragem para a bacia de contribuição, desta feita, foram 7, que, juntamente com as 3 amostragens já feitas para a sub-bacia do rio Verde, resultaram em 11 classes de solos e 19 unidades de mapeamento, agrupados em cinco classes de aptidão agrícola. Desta vez, o autor se absteve de discorrer longamente sobre o tema, remetendo o usuário a anexos, inclusive quanto aos resultados das análises de laboratório.

Os resultados, de modo geral, ainda que sumarizados, são os mesmos já vistos no rio Verde, o que não é de se estranhar, dada a contiguidade das sub-bacias. No que tange à aptidão agrícola das terras, a mesma sobriedade não é mantida, voltando o autor a pontificar sobre o assunto.

Para a área de entorno e a diretamente afetada, o autor afirma que os levantamentos resultaram em mapas na escala 1:100.000, contendo 9 classes, 5 unidades de mapeamento e 5 classes de aptidão, abrangendo 900 km².



Para ambas as configurações espaciais, não obstante, os mapas continuam a ser apresentados com escalas inadequadas (1:500.000 e 1:100.000), que só prestam a uma descrição genérica sobre a ocorrência das classes de solo mais conspícuas na sub-bacia e nos municípios considerados, o que é de escassa valia, como já ressaltado, para as finalidades de um estudo de impacto ambiental de um reservatório.

No caso da hidrografia, são colocadas as informações pertinentes sobre o padrão de drenagem nas bacias de contribuição, mas, novamente, há uma discussão mais ampla sobre as águas subterrâneas, de utilidade bastante discutível.

No tocante à qualidade das águas superficiais, desta vez a abordagem é mais sóbria e não se intitula como uma abordagem limnológica.

A discussão sobre sismologia é a mesma que foi utilizada para a sub-bacia do rio Verde, portanto, já comentada anteriormente quanto à sua utilidade.

Os levantamentos para o meio biótico foram realizados na última semana do mês de maio/2001. Para esse tema, também, valem os comentários anteriormente feitos na sub-bacia do rio Verde. Apesar da semelhança cênica das áreas de influência das sub-bacias, causa certo desconforto a análise dos textos e a verificação do mesmo tom monocórdio nas abordagens, ainda que não se possa colocar em discussão seus resultados, ao menos na escala de observação ora realizada.

Para o meio antrópico, o relatório apresenta novamente a mesma frugalidade já observada quanto à sub-bacia do Verde e a mesma superficialidade na abordagem das áreas diretamente afetadas, ressaltando-se a diferença qualitativa já observada quanto aos estudos arqueológicos, menos mandrianosos que os demais.

Para a avaliação dos impactos, de novo, ressaltam-se as mesmas deficiências já mencionadas para os estudos do rio Verde. Mas há algumas preciosidades, como a seguinte frase: *"Pelos características locais dos sítios (...), com certeza haverá a necessidade de ensecadeiras a montante e a jusante (...), além de uma estrutura de desvio em uma das margens"*. E a caracterização do projeto, para que serviu? Essa frase, de todo o modo, vale para qualquer empreendimento do gênero.

Mais, *"o enchimento do reservatório (...), exige que as estruturas que os compõem, tais como barragem e vertedouro, estejam concluídas (...), para que então ocorra o fechamento dos elementos de desvio"*. (Realmente, é demais).



Os impactos apresentados, mudando-se alguns toponímicos, são praticamente iguais aos do rio Verde, tal o nível de generalidade que é utilizado.

Novamente não são abordados de forma consistente os mesmos impactos significativos mencionados para aqueles empreendimentos já analisados, que por óbvio, se repetem no presente caso.

A análise de risco, sem embargo do fato ser uma abordagem interessante, também é muito semelhante aos outros casos, inclusive quanto às premissas.

Como não podia deixar de ser, os chamados planos e programas de manejo ambiental são rigorosamente os mesmos que dos estudos anteriores.

Em conclusão, valem as mesmas ressalvas anteriores quanto à validade geral do estudo para fins de licenciamento ambiental dos empreendimentos ora analisados.

Nos arquivos acessados, não consta o texto correspondente ao RIMA, mas, pelo relatado, tal fato não tem qualquer relevância.

4.2.6 AHE BARRA DOS COQUEIROS

Localização e Acessos

A UHE Barra dos Coqueiros, componente de jusante do Complexo Caçu, localiza-se também no rio Claro, cerca de 30 km rio abaixo do componente epônimo. O eixo estará posicionado a 75 km da foz do rio Claro na margem direita do rio Paranaíba, nas coordenadas 18°43'24" S e 51°00'11" WG.

Esta região é servida por diversas rodovias federais e estaduais, onde se destaca a BR-364 (MG-RO), pavimentada, com desenvolvimento aproximadamente paralelo ao rio Claro. No trecho entre São Simão e Jataí, a BR-364 encontra-se implantada na margem esquerda do rio Claro, ao longo de cerca de 10 km, o que facilitará o acesso ao aproveitamento de Barra dos Coqueiros.

Desta forma, o acesso local (pela margem esquerda) pode ser efetuado a partir da BR-364, num percurso da ordem de 5 km por estrada vicinal.

Esses dados podem ser visualizados na ilustração temática apresentada adiante.

Características Gerais do Aproveitamento



Como já mencionado no caso da UHE Caçu, o eixo de Barra dos Coqueiros corresponde ao que foi estabelecido nos estudos de inventário final do rio Claro.

A barragem será constituída de dois maciços de terra e enrocamento, coroados na cota 452,0 m, numa extensão total de 452,0.

O vertedouro e a tomada d'água da casa de força estarão incorporados à barragem na margem esquerda, com coroamento na cota 451,0 m, com a soleira do vertedouro posicionada na cota 437,50 m.

A barragem terá uma altura total de 60 m.

A casa de força, do tipo abrigada, estará posicionada logo a jusante da barragem, também pela margem esquerda, e estará equipada com 3 unidades Kaplan, perfazendo uma potência nominal aproximadamente de 90 MW, acionadas por um túnel de adução e 3 condutos forçados de 25 m.

Essas e outras informações constam da ficha técnica no Apêndice final.

Estudos de Viabilidade

Cartografia e Topografia

Juntamente para Caçu e Barra dos Coqueiros, como já informado, foram executados os seguintes trabalhos:

- Cobertura aerofotogramétrica, em escala 1:30.000 e respectiva restituição, em escala 1:10.000, com curvas de nível a cada 5 m, da área dos reservatórios de aproximadamente 150 km².
- Cobertura aerofotogramétrica, em escala 1:8.000 e respectiva restituição, em escala 1:2.000, com curvas de nível a cada metro, de uma área de 8.000 km², para os levantamentos cadastrais.
- Levantamento topobatimétrico, em escala 1:2.000, com curvas de nível a cada metro, das áreas de implantação das obras.

Geologia e Geotecnia

A geologia regional do sítio onde serão implantadas as obras que comporão o aproveitamento de Barra dos Coqueiros é representada basicamente pelos maciços rochosos da Formação Serra Geral, compreendendo os derrames basálticos e pela Formação Adamantina, onde ocorre o arenito Bauru. As obras de barramento e da usina estarão fundadas apenas sobre os derrames basálticos. As investigações



efetuadas não evidenciaram a ocorrência de arenitos, seja em afloramentos, seja até as profundidades prospectadas. Os estudos geológicos levados a efeito, até a fase de viabilidade, não permitiram identificar, em nível regional ou local, falhamentos importantes que possam vir a condicionar a implantação do aproveitamento. Não obstante, recomenda-se um aprofundamento desses estudos nas etapas subseqüentes dos trabalhos.

Ensaio de perda d'água realizados no local indicaram boa estanqueidade do maciço rochoso, com valores de permeabilidade da ordem de 10^{-4} cm/s, exceto num horizonte a cerca de 10 m de profundidade, onde pode ser identificada uma zona mais alterada, com permeabilidade um pouco superior a 10^{-3} cm/s.

Sobre os derrames basálticos, na ombreira direita, ocorrem solo de alteração de basalto, com espessuras de 4 a 6 m, e valores de SPT bastante elevados. Em algumas áreas ocorre o colúvio, com espessuras de até 6 m, como na sondagem SM-03, sendo que os 5 primeiros metros com valores de SPT bastante baixos, aumentando a partir dessa profundidade para valores da ordem de 11 golpes. Ensaio de infiltração indicaram permeabilidade de cerca de 10^{-5} cm/s. Somente a barragem de terra será apoiada sobre esses horizontes. Na margem esquerda, as coberturas são muito pouco espessas e serão totalmente removidas para implantação das estruturas de concreto.

Não há informações sobre colapsividade desses solos de fundação. Embora o relatório de viabilidade mencione a execução de ensaios em amostras de solo de fundação, não foi possível ter acesso a esse material, razão pela qual se recomenda aqui a adequada caracterização dos materiais que permanecerão sob a barragem, principalmente no aspecto de condutividade hidráulica e adensamento.

Suficiência das Investigações

Da mesma que para Caçu, as informações geológicas e geotécnicas fornecidas nos documentos a que se teve acesso são bastante pobres. As investigações realizadas foram muito reduzidas e pouco acrescentaram ao conhecimento que se tem da região, decorrente da larga experiência que o meio técnico acumulou em trabalhos executados em bacias situadas em geologia semelhante. Com base nesse conhecimento, em princípio, não se vislumbram grandes problemas de fundação das estruturas, ou mesmo durante a fase de implantação das obras. Por outro lado, a campanha de investigações de sub-superfície foi insuficiente para fornecer informações, na escala das obras, acerca das condições de ocorrência do maciço rochoso. A sondagem SM-01, por exemplo, executada no local de implantação da Casa de Força, fornece evidência da ocorrência de um horizonte mais alterado, entre cotas 416 e 418 m. Há insuficiência de dados, no entanto, que possam ser



correlacionados de modo a evidenciar algum aspecto mais ou menos significativo para o projeto.

Em que pese o caráter preliminar de um estudo de viabilidade, da simplicidade do arranjo e do fato das estruturas propostas serem bastante convencionais, recomenda-se a adequada complementação das investigações no sítio do aproveitamento.

Materiais de Empréstimo

Com relação a materiais de empréstimo, o relatório menciona que há solo em abundância na região, de qualidade adequada ao uso no corpo da barragem. Realmente, é fato comprovado que as regiões de basalto costumam ser ricas em solos de empréstimo, seja em relação à quantidade, seja quanto à sua adequação geotécnica. Não se teve acesso, entretanto, a nenhum desenho com áreas exploradas, cubagem de material, localização em relação ao futuro reservatório etc.

Também é mencionada a existência de alguns bancos de areia no leito do rio, embora se admita a necessidade de produção eventual desse material, para atender às quantidades demandadas nas obras. Finalmente, com relação a rocha, é prevista a utilização do material proveniente das escavações obrigatórias, bem com de exploração de pedreira. Cabe ressaltar que, com base nos volumes apresentados na planilha de orçamento, há uma compensação entre os volumes previstos de escavação obrigatória e enrocamento de proteção. Assim, ter-se-á a necessidade de exploração, em pedreira, de um volume correspondente às necessidades de agregado para concreto. Também não se teve acesso a estudos deste tipo.

Ressalta-se que não foi possível acessar qualquer tipo de ensaio de caracterização de nenhum desses materiais (caracterização geotécnica, permeabilidade, adensamento, resistência triaxial – solos; granulometria, permeabilidade – areias; caracterização, reatividade, ciclagem – rocha). Caso esses ensaios não tenham sido efetuados, recomenda-se uma quantidade mínima a ser executada, para dar suporte aos estudos ora apresentados.

Detalhamento do Projeto

Não foram feitos estudos de otimização de eixo. Os estudos alternativos efetuados restringiram-se a avaliações de diferentes tipos de estrutura de barramento (barragem de terra, barragem de CCR e vertedouro de soleira livre), bem como a consideração das estruturas de geração ora na margem esquerda, ora na margem direita. Parece lógico que as características de cobertura do solo nas margens, a premissa de abundância de solo de empréstimo em áreas próximas às obras e a



facilidade de acesso na margem esquerda, tenham favorecido a escolha da alternativa selecionada. A falta de informações, entretanto, impossibilita análises mais críticas.

Não há comentário conceitual em relação ao arranjo em si. Faz-se, no entanto, algumas observações pontuais:

Margem esquerda – estruturas de concreto

A única sondagem executada na área foi a SM-01, que atingiu a El. 410 m. A fundação da BA está na El. 414 m, do VT na 403/400 m e da CF na 391 m. Portanto, pouco ou nada se conhece da fundação dessas estruturas, do comportamento dos taludes de escavação da adução e do canal de fuga (necessidade de tratamentos, custos etc.)

Os resultados das análises de estabilidade tabelados, referem-se ao contato concreto-rocha que, para esse tipo de maciço, com esse nível de informação, não apresentam problemas com estruturas tão convencionais como as propostas. Eventuais problemas poderiam surgir em horizontes mais fracos na sub-superfície, que, porém, não puderam ser evidenciados, pela insuficiência das investigações. Aqui cabe uma observação: há duas tabelas apresentadas com coeficientes referentes à análise de estabilidade da TA – tabelas 12.3. e 12.4. Talvez a segunda se refira à Casa de Força. Porém, essas estruturas devem trabalhar solidárias, sob pena da Tomada d'água não atender as condições mínimas de estabilidade ao deslizamento.

Margem Direita – Barragem de Terra

Não há comentários relevantes com relação à viabilidade da solução apresentada. Ressalta-se que um maior aprofundamento dos estudos deverá ser feito, em função do detalhamento das investigações tanto de solos da fundação quanto com relação aos solos de empréstimo

Considerando as informações e dados analisados (Relatório de Viabilidade – Volume 1 e desenhos avulsos), do ponto de vista geológico – geotécnico, não há sérias restrições à implantação do empreendimento.

As estruturas sugeridas são bastante convencionais, não se antevendo sérios problemas, seja como solução de longo prazo, seja quanto à fase de implantação das obras.

Outros comentários, quanto ao desvio, onde há algumas informações conflitantes:



- na pág. 124, o relatório menciona que o desvio será feito por 4 adufas, para uma vazão de $894 \text{ m}^3/\text{s}$;
- na pág.127, o desvio será feito por 8 adufas de $6 \times 3,5 \text{ m}$;
- na pág.127, as ensecadeiras protegerão a área de construção da barragem contra cheias de $1.422 \text{ m}^3/\text{s}$, para um TR = 25 anos;
- na pág 128, são novamente 4 adufas de $6 \times 3,5 \text{ m}$;
- finalmente, na ficha técnica são 8 adufas de $6 \times 3,5 \text{ m}$, para uma vazão de $1.422 \text{ m}^3/\text{s}$.

Hidrometeorologia e Sedimentometria

Para os dois aproveitamentos do Complexo Caçu, foram instalados 2 postos fluviométricos, com leituras diárias às 07:00 e 17:00 horas, durante 2 meses, executadas medições de descarga líquida e sólida e levantadas seções topográficas ao longo do reservatório, visando os estudos sedimentométricos, de remanso e a definição da curva-chave nos locais dos barramentos.

O formato quase retilíneo da curva-chave em Barra dos Coqueiros merece uma revisão.

Para o cálculo da borda livre, adotou-se uma velocidade do vento igual a 80 km/h , sem a devida justificção. Outrossim, esse valor é inferior ao adotado no rio Corrente, na mesma região, igual a 100 km/h , como dito, também sem maiores embasamentos.

Por outro lado, foi calculada uma altura de onda de $1,15 \text{ m}$ e uma maré de vento de $0,024 \text{ m}$, em Caçu, que em Barra dos Coqueiros foram de $1,54 \text{ m}$ e $0,065 \text{ m}$, porém adota uma borda livre no segundo, de $3,0 \text{ m}$, inferior ao primeiro, de $3,5 \text{ m}$.

Para o cálculo do tempo de enchimento, foi considerada uma vazão sanitária igual a 80% da vazão mínima média mensal, que, em Caçu, é $55 \text{ m}^3/\text{s}$ e $63 \text{ m}^3/\text{s}$ em Barra dos Coqueiros. Entretanto, foi utilizada a vazão de $50 \text{ m}^3/\text{s}$ em ambos casos, como visto.

Nota-se que em Barra dos Coqueiros o volume do reservatório é de $350 \times 10^6 \text{ m}^3$, com área de $16,81 \text{ km}^2$, sendo esses valores em Caçu, de $232 \times 10^6 \text{ m}^3$ e de $25,55 \text{ km}^2$.



No cálculo de remanso em Barra dos Coqueiros, determinou-se um coeficiente de rugosidade, “n” de Manning, igual a 0,065, valor inaceitável devido às características do rio. Apesar dessa anomalia, o efeito do remanso é desprezível.

O estudo de sedimento é deficiente. Deverá ser revisado utilizando dados da ELETROBRÁS/ANEEL, os resultados das medições obtidas após o término dos estudos {espera-se que tenham continuado}, e amostras do leito do rio. Por outro lado, projeta a soleira da tomada d'água na cota 445,40 m, mas considera a cota 455,00 m no cálculo da vida útil, com o objetivo de prolongar (falsificar) o seu período de operação..!!

Hidrologia

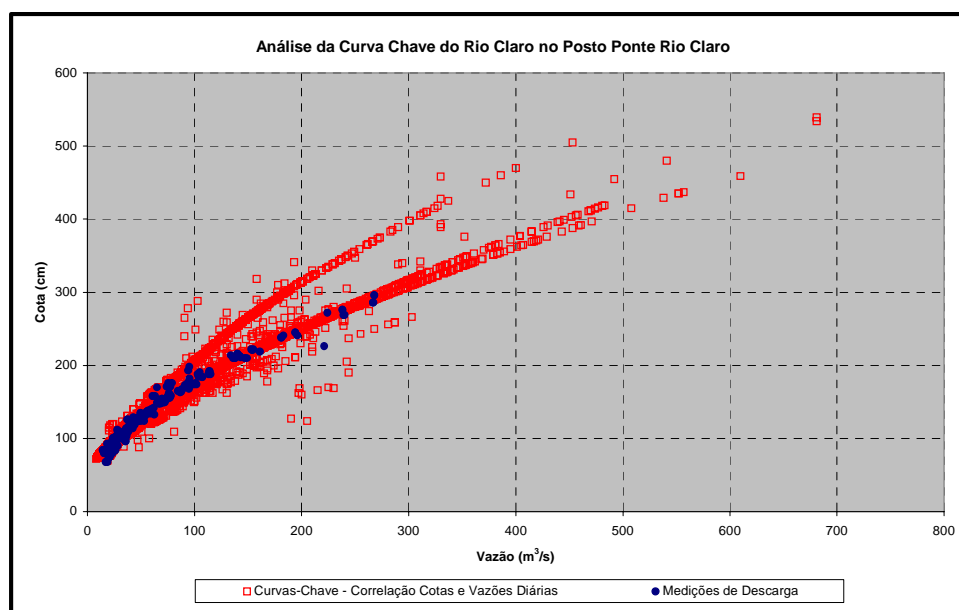
Os resultados dos estudos de Barra dos Coqueiros seguem a mesma orientação dos que foram feitos para Caçu. Seus méritos, portanto, são semelhantes, e suas deficiências também, como se verá na seqüência.

A análise dos estudos hidrometeorológicos apresentados no Capítulo 7 do documento de referência resultou nos seguintes comentários:

- A bacia do rio Claro situa-se entre os paralelos 17°00´ e 19°30´ de latitude sul, diferente do que foi apresentado no relatório;
- A precipitação média anual da bacia do rio Claro deveria ter um único valor, obtido a partir da distribuição isoiética das chuvas anuais na bacia;
- Não foram apresentados os estudos de consistência dos dados fluviométricos. O estudo de consistência deve ser composto, pelo menos, dos seguintes elementos:
 - análise das curvas-chave dos postos fluviométricos;
 - análise dos cotogramas ou limnigramas dos postos fluviométricos;
 - determinação das séries de vazões médias diárias, utilizando a curva-chave existente (se consistente) ou a nova curva-chave estabelecida;
 - determinação da série de vazões médias mensais;
 - correlação das séries de vazões médias mensais dos postos fluviométricos.

Para uma análise mais detalhada, obteve-se junto à ANEEL os dados do posto Ponte Rio Claro, estação utilizada nos estudos para calibração do modelo chuva-

vazão, com base no qual foi obtida a série de vazões médias mensais do rio Claro na UHE Caçu. A figura a seguir apresenta a análise da curva-chave deste posto, onde são confrontadas as séries de cotas e vazões médias diárias e as medições de descarga líquida.



A análise desta figura permite verificar a presença de diversas inconsistências entre as cotas observadas e as vazões consideradas. Além disso, verifica-se um grande conjunto de pontos cota-vazão que não guardam relação com as medições de descarga. Ainda, verifica-se que o maior valor de medição de descarga foi de 268 m³/s, exigindo extrapolações para até 681 m³/s, o que recomenda, no mínimo, uma análise cuidadosa da seção transversal. Ressalta-se que as vazões máximas são utilizadas nos estudos de cheias, que permitem determinar as vazões ou hidrogramas de projeto do vertedouro, diretamente relacionadas a segurança da barragem.

Assim como no caso anterior, não foram apresentadas as análises de consistência e preenchimento de falhas, incluindo curvas duplo-acumuladas, correlações, entre outros procedimentos usuais;

Quanto à série de vazões médias mensais, embora comprometidas em função das inconsistências dos dados do posto Ponte Rio Claro, observa-se que não foram apresentadas as análises de consistência dos dados dos postos fluviométricos das bacias vizinhas.



Aplicação do Modelo e Resultados Obtidos

- O modelo SMAP, como outros modelos chuva-vazão, não utiliza dados de evaporação. Os dados necessários são os de evapotranspiração real ou potencial.
- É tecnicamente inadequado representar a precipitação média na sub-bacia do rio Claro no posto fluviométrico Ponte do rio Claro, com 5.256 km², através das observações de um posto pluviométrico localizado na seção da estação fluviométrica;
- Deveria ter sido apresentada a correlação entre as vazões observadas e calculadas. A análise visual da Figura 7.4 mostra um ajuste ruim do modelo, provavelmente por ter utilizado a chuva no ponto (no local do barramento) e não na bacia, dados de evaporação em vez de dados de evapotranspiração potencial e a série de vazões sem a devida consistência;
- Não foram feitas as análises de validação do modelo chuva-vazão, procedimento usual dentro desta metodologia.

Extensão da Série e Transferência para o Local do Eixo

- Parece haver dúvida da área de drenagem da sub-bacia do rio Claro no posto Ponte do rio Claro, apresentando-se valores de 5.265 ou 5.256 km²;
- O relatório não explica porque o modelo chuva-vazão não foi calibrado para o posto Cachoeira Alta ou diretamente no posto Fazenda Rondinha. O ideal teria sido calibrar para os três postos e analisar os resultados para, a partir daí, definir os parâmetros do modelo para gerar a série de vazões do rio Claro na UHE Caçu;
- Diferente do usual e do esperado em função das características fisiográficas e hidrometeorológicas da bacia, a vazão específica da sub-bacia do rio Claro em ponte do rio Claro é de 14,2 l/s/km², enquanto na UHE Caçu e em Fazenda Rondinha o valor é maior, de 17,0 l/s/km²;
- Não foram apresentadas as análises de consistência de dados, etapa fundamental nos estudos hidrológicos e, particularmente, nos estudos de cheias;



Período Completo

- Não foram apresentadas justificativas técnicas para escolha das distribuições Gumbel e Exponencial de 2 parâmetros. Estas escolhas são, usualmente, feitas a partir da análise das estatísticas das séries de vazões máximas, em especial os coeficientes de assimetria e de curtose;
- O ajuste das distribuições probabilísticas às vazões máximas é muito ruim, mostrando a inadequação do procedimento;
- Não há uma correlação entre a vazão média das cheias (TR = 2,33 anos) com a área de drenagem. Isto era esperado, uma vez que o rio Claro apresenta trechos com declividade acentuada. Desta forma, dever-se-ia buscar uma relação entre a vazão média das cheias e a área de drenagem, declividade ou comprimento do talvegue;
- A relação entre a vazão máxima e a vazão média de cheia não é denominada de vazão específica, sendo utilizado o termo vazão normalizada ou adimensional;
- Menciona-se que “*foram selecionados os maiores hidrogramas de cheias ocorridos durante o período histórico de observações e, a partir deles, foi calculado um hidrograma adimensional característico de cheias para o rio Claro no trecho estudado*”. No entanto, este importante estudo não é apresentado.

Período de Estiagem

- Não foram apresentadas justificativas técnicas para escolha da distribuição Exponencial de 2 parâmetros;
- Não foram apresentados os estudos.

Curvas de Descarga

- Como já ressaltado, o relatório não apresenta os elementos básicos, como o valor do coeficiente de Manning utilizado, a geometria da seção, a declividade utilizada, as respectivas justificativas. Além disso, é evidente a inadequação da curva de descarga traçada para vazões de até 6.700 m³/s, a partir de medições de descarga entre 168 e 177 m³/s;
- No relatório lê-se “*Recomenda-se, para etapas posteriores do estudo, que seja feita uma campanha de medições abrangendo períodos de cheia e de*



estiagem, de tal forma que possibilite uma extrapolação mais consistente da curva-chave". Conclui-se que os levantamentos foram insuficientes e que a extrapolação é inadequada, comprometendo os estudos hidrológicos e energéticos.

Reservatório

- Não foram apresentados os elementos que permitiram a obtenção das curvas cota x área x volume;
- Novamente ressalta-se que, não foram apresentadas justificativas técnicas para adotar um vento de 80 km/h com 2 horas de duração. Aparentemente, não foram feitas consultas em estações hidrometeorológicas. Não foram apresentados os cálculos do "fetch efetivo", importante elemento no cálculo da borda-livre;
- Foi adotado um coeficiente de segurança de 10%, sem nenhuma justificativa técnica;
- Aparentemente, a direção do vento foi adotada coincidente com a direção do fetch, sem nenhuma análise, como a rosa dos ventos;
- Não são apresentadas justificativas técnicas ou mencionados relatórios que explicam o valor de 50 m³/s adotado para a vazão remanescente, como já lembrado;
- O estudo de enchimento apresentado é simplista. O estudo de enchimento deve ser desenvolvido através de análise estatística de séries temporais, utilizando cenários médios, desfavoráveis (abaixo da média) e favoráveis (acima da média). Os tempos de enchimento são obtidos de forma probabilística ou estocástica;
- Não são apresentadas as seções topobatimétricas. Além disso, verifica-se que não foram feitas campanhas de medições de descarga e levantamento de linhas d'água, conforme preconiza o manual dos estudos de viabilidade. Não são apresentados os estudos que permitem concluir que o coeficiente de Manning é 0,030.

Hidrossedimentologia

- Não foram feitas as medições de amostragem do material do leito;



- Não foram feitas campanhas no período chuvoso. O regime fluvial no mês de maio não é representativo para fins dos estudos;
- Diferente do afirmado, a confiabilidade não foi garantida, uma vez que, como o próprio texto menciona, o “número de medições realizadas era muito pequeno e com uma amplitude bastante limitada”;
- Arbitrariamente, sem nenhuma justificativa, foi aplicado um coeficiente de segurança igual a 2, dobrando o volume obtido, para tornar os cálculos mais a favor da segurança;
- Verifica-se que a “curva” obtida na Figura 7.20 não tem significado algum, mostrando a total falta de relação entre a vazão sólida e a vazão líquida. Ressalta-se que a escala vertical é logarítmica. Desta forma, a metodologia utilizada é inadequada, desqualificando o estudo sedimentológico. A justificativa que em próximos estudos serão feitas revisões é descabida, uma vez que está diretamente relacionada com a vida útil do aproveitamento e com sua viabilidade;
- O mencionado “método da deposição laminar” não é encontrado na literatura técnica. Trata-se de um procedimento simplista;
- Embora tenham sido feitas algumas medições de descarga líquida, adotou-se a distribuição granulométrica uniforme hipotética (33,3% silte, 33,3% argila e 33,3% areia). As análises de laboratório deveriam revelar a distribuição. A afirmativa “já que este parâmetro tem pouca influência no resultado final do cálculo” não corresponde a realidade. Isto ocorre, porque foi adotado o “método da deposição laminar”;

Da mesma forma que os outros casos já apresentados, os estudos são inadequados e não permitem qualquer conclusão.

Estudos Energéticos

Assim como no caso anterior, os estudos energéticos estão comprometidos pelas inconsistências identificadas nas séries de vazões médias mensais, conforme comentado no item anterior, valendo os mesmos comentários acerca da vida útil do aproveitamento, custos de O&M, rendimento, perdas hidráulicas e sistema de referência.



Estudos Ambientais

Os estudos ambientais contidos nos estudos de viabilidade da UHE Barra dos Coqueiros são rigorosamente os mesmos que os apresentados para a UHE Caçu.

Ou seja, não se pode ter a exata dimensão das características ambientais afetadas por cada empreendimento. Por certo que as áreas de influência e as chamadas áreas do entorno (na verdade, área de influência direta) são as mesmas, mas essa simplificação não se adere às áreas a serem diretamente afetadas e seu entorno.

Estudo de Alternativas Arranjo Geral

No sítio Barra dos Coqueiros, foram analisados 5 alternativas de arranjo, tendo sido escolhida a solução com barragem de terra, com as estruturas do vertedouro e casa de força na margem esquerda.

Desvio do Rio

O desvio será realizado em duas etapas. Na primeira, o rio escoará no seu leito natural. Terminada a construção das adufas, por onde será realizado o desvio da segunda etapa, o leito será isolado por ensecadeiras, para a construção do último trecho da barragem.

A vazão de desvio é de $1.422 \text{ m}^3/\text{s}$, com frequência de 25 anos.

Vertedouro

O vertedouro terá 33,60 m de soleira, como em Caçu, na cota 437,50 m. O N.A.Max.Normal será de 448,00 m e enchente decamilenar de $2.953 \text{ m}^3/\text{s}$.

Nessas condições, o coeficiente de descarga será de 2,68, valor inaceitável e impraticável, face à certeza da cavitação do perfil vertente. É imprescindível redimensionar a estrutura, incrementando a carga hidráulica e/ou a largura.

Tomada D'Água

A tomada d'água da UHE Barra dos Coqueiros não terá nenhuma submersão!! e estará sujeita à formação de vórtices, com entrada de ar, prejudicando a operação e, provavelmente, destruindo grades, comportas e turbinas. É preciso abaixar a soleira em, pelo menos, 5 m (ver desenho nº 3638-01-30-A1-0012, Revisão 0).



Prazo e Custos

Na p.164 do relatório da UHE Caçu, indica-se um prazo de 39 meses, porém é de 48 meses no cronograma do desenho nº 3638/01-1Z-A1-0001, Revisão 0, ou seja, os juros apresentados no Quadro 12-4, p.164, estão subestimados, bem como o custo total de U\$ 62,5x10⁶.

Situação similar ocorre com a UHE Barra dos Coqueiros (ver Quadro12-5, p.163, e desenho 3638/01-1Z-A1-0002, revisão 0).

Verifica-se que os dois cronogramas são idênticos !!!

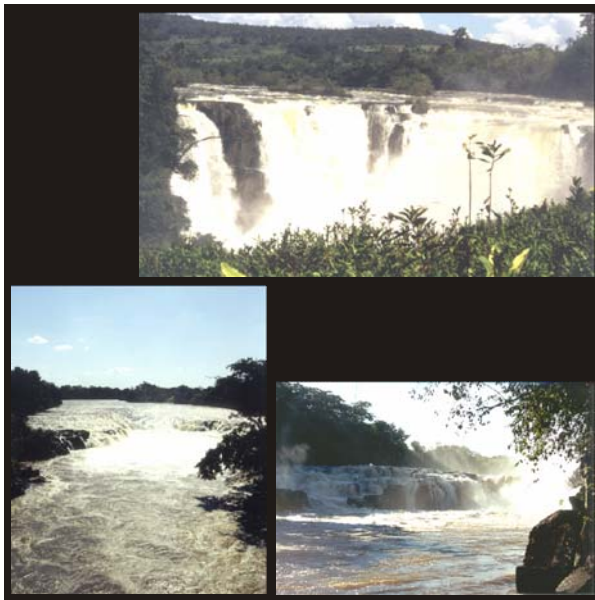
Na atualidade, empreendimentos similares poderão ser construídos em 2,5 a 3 anos.

Principais Conclusões e Recomendações

Dada a similaridade dos estudos apresentados para os AHEs Caçu e Barra dos Coqueiros, os aspectos que merecem revisão são os mesmos, resguardando as diferenças de área e identificação.

Estudos de Impacto Ambiental

Os estudos de impacto ambiental da UHE Barra dos Coqueiros e de Caçu compuseram um mesmo relatório, como visto, comentado no capítulo precedente quanto à sua insuficiência para os fins a que se destinaria.



5

Análise Emergética

Esta parte do trabalho tem com objetivo a análise de custo e benefício em termos eMergéticos (conceito definido a seguir) dos materiais, energia e mão de obra necessários à construção e operação das usina 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.

Procurou-se descrever inicialmente, nesta etapa do trabalho, os conceitos básicos desta metodologia, com as vantagens e restrições inerentes a qualquer forma de interpretação da natureza. Na segunda parte deste trabalho é apresentada a metodologia utilizada para elaboração e obtenção das informações básicas para a análise de fluxo de energia e matéria da implantação e operação deste tipo de empreendimento. Por fim, faz-se a análise de cada empreendimento 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 incorporados 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.

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, 1996).

Segundo Huang (1991), a análise eMergética, apoiada por ecologistas como forma de determinar o valor dos recursos naturais, pode estabelecer a estrutura de entendimento 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.

5.1 Metodologia

Ecologia de Sistemas

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 integrada os sistemas ecológicos e econômicos.

Os fluxos de materiais e de energia são quantificados e avaliados através de conceitos como **Energia** 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

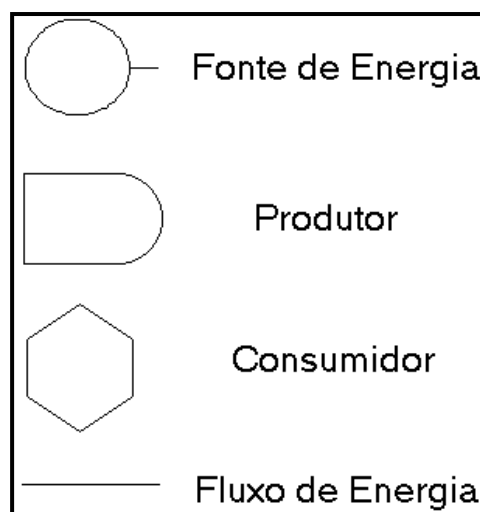
utilizados para avaliar a relação entre a energia que entra e sai de um sistema definido, permitindo observar o grau de pressão que uma determinada atividade pode exercer sobre o meio ambiente, ou mesmo avaliar o custo-benefício em termos energéticos. De forma simplificada, esta metodologia procura obter 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.

Objetivando uma melhor explicação desta seção do trabalho, procurou-se apresentar os conceitos básicos que auxiliam o entendimento desta metodologia. Estes conceitos são baseados na Ecologia, que é a ciência que estuda as relações entre o meio e os organismos vivos. A partir de estudos do ecossistemas naturais, onde foram observados os principais mecanismos que atuam na sua dinâmica, foi possível extrapolar para as condições onde a presença humana é mais acentuada, bem como avaliar as alterações decorrentes da interferência de atividades humanas. Neste sentido, o entendimento sistematizado do funcionamento dos ecossistemas naturais e/ou manejados é um instrumento bastante útil na valoração dos serviços e recursos ambientais.

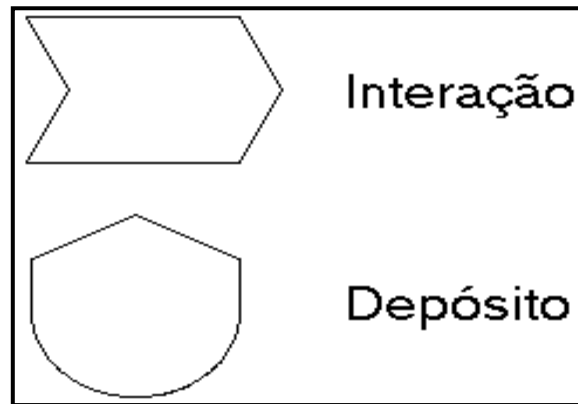
Base Conceitual

Entende-se por **sistema** um grupo de partes que estão conectadas por relações de fluxo de matéria e energia e retro-alimentação. A Terra pode ser representada através das relações entre os elementos vivos e não-vivos que se interagem, formando sistemas, que são denominados sistemas ecológicos ou ecossistema. Os elementos e fluxos de um sistema podem ser representados através de símbolos, facilitando o entendimento de sua função e a sua hierarquia.

Símbolos

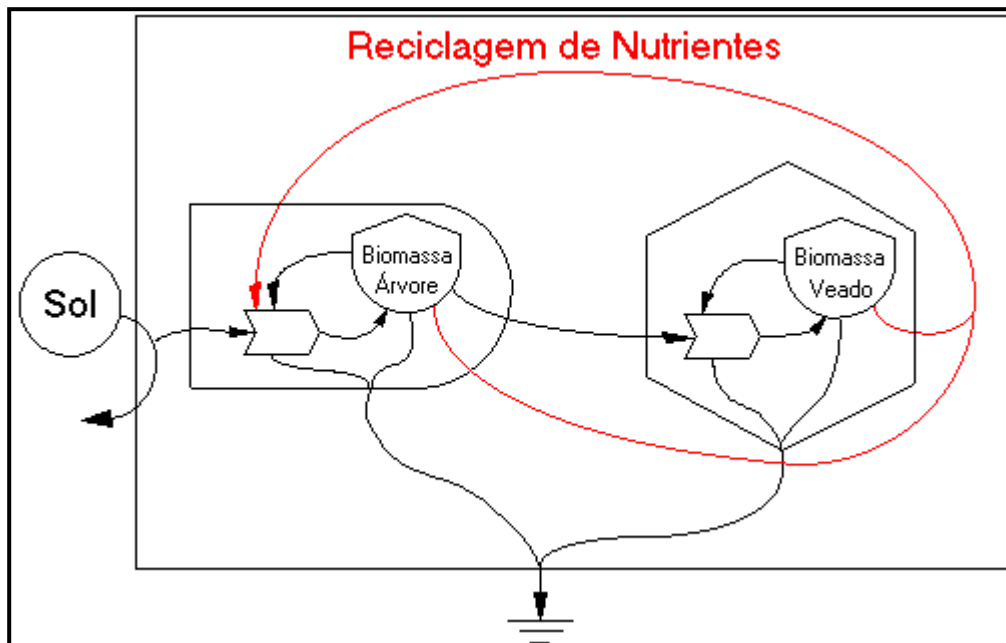


Símbolos (cont.)



A título de exemplo, um sistema florestal pode ser representado pelos símbolos apresentados anteriormente. Neste exemplo, o sol é representado pelo símbolo de fonte de energia, as plantas fotossintéticas são representadas pelo símbolo de produtores e os animais pelo símbolo de consumidores. As linhas representam o fluxo de energia e matéria de uma unidade à outra. Este tipo de modelo, representado em forma de diagrama, apresenta de forma simplificada os principais elementos e suas inter-relações.

Modelo de ecossistema florestal, representado por símbolos





Energia

A energia está presente em todos os processos na natureza. Uma forma de expressão da energia é a Caloria. Uma caloria é definida como a quantidade de calor necessária para elevar a temperatura de um grama de água em um grau na escala Celsius (grau centígrado). Entretanto, em Unidade Internacional, a energia é medida mais comumente em Joule (J). A relação entre Joule e Caloria é : 1 kilocaloria é equivalente à 4186,8 Joules.

O fluxo de energia é regido por duas leis básicas:

A primeira Lei da Energia é conhecida como a lei da conservação, pois define que a energia não pode ser criada nem destruída. Nesse sentido, a energia que flui para dentro de um sistema é igual àquela que é incorporada mais a que flui para fora do sistema.

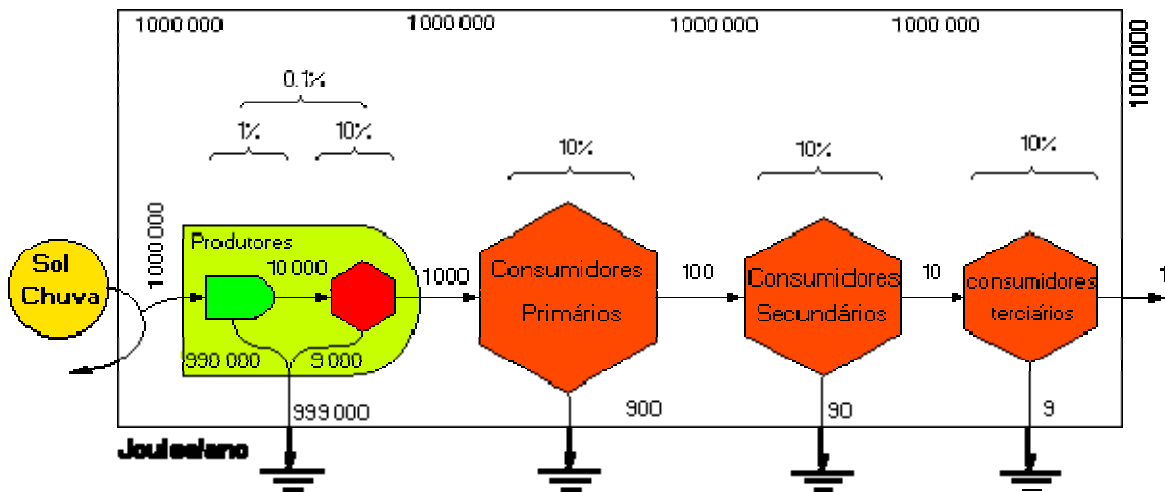
A segunda lei, ou Lei de Entropia, define que a cada transformação energética existe uma perda de energia. Ou seja, ao longo do fluxo de energia há uma tendência para o aumento de sua dispersão. Esta lei representa que a capacidade da energia em realizar trabalho se esgota devido à sua degradação, ou perda de qualidade.

Fluxo de Energia

Para entender as duas leis de energia, basta observar o seu fluxo no ecossistema. A faixa de eficiência na realização de fotossíntese, por diferentes espécies de plantas, está entre 0,01% e 2%. Este fato é explicado pela baixa qualidade da luz solar, sendo necessárias diversas atividades celulares para gerar uma unidade de energia química. É importante salientar que os sistemas humanos dependem direta ou indiretamente da fonte solar de energia.

Seguindo o fluxo, temos que, a cada nível sucessivo na cadeia trófica, cerca de 10% da energia disponível para o outro nível é convertida em nova biomassa. É importante salientar que grande parte desta energia é consumida na manutenção do próprio organismo. Em síntese: para produzir 1 Joule de consumidor terciário são necessários cerca de 1.000.000 Joules de energia solar. A figura 2.3 ilustra esta transformação.

Representação simbólica do processo de transformação energética



Ecologia de Sistemas

A Ecologia de Sistemas surgiu da utilização da Teoria de Sistemas na Ecologia. Esta linha de pesquisa estuda os ecossistemas de forma global e integrada, definindo, através de símbolos, os componentes e fluxos mais relevantes para analisar o comportamento do sistema como um todo (H.T. Odum, 1994).

Segundo E. Odum (1968), a energia é o fator limitante mais relevante para um ecossistema, e o conceito de fluxo de energia proporciona não somente uma avaliação relativa de cada componente dentro do sistema, mas também meios para comparar diversos ecossistemas. Muitos dos conceitos utilizados na observação da natureza através do fluxo de energia possuem origem na física, na fisiologia e na medicina.

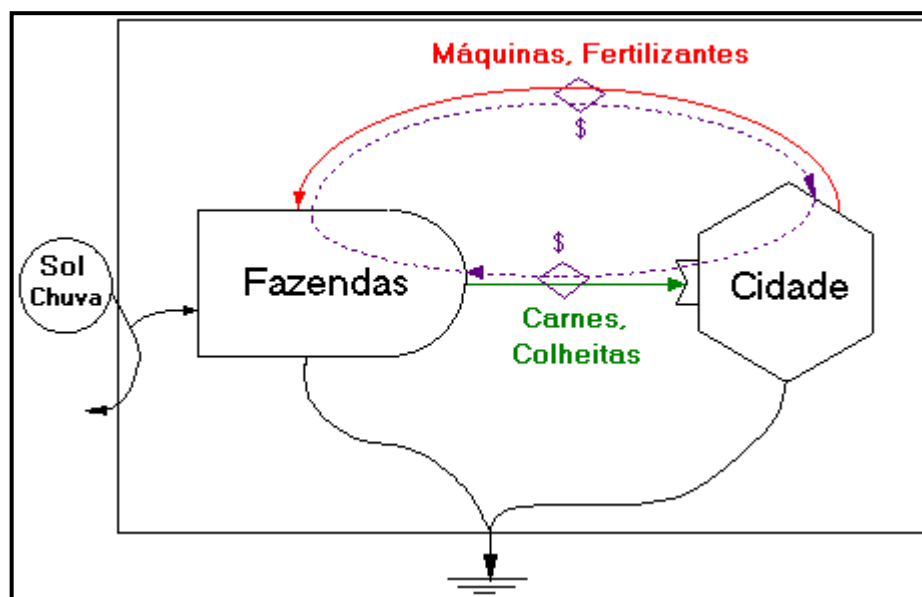
De acordo com Walters (1988), a Ecologia de Sistemas representa o estudo sistematizado do holismo, e utiliza instrumentos formais, tais como a teoria matemática, cibernética e processamento eletrônico de dados para analisar um ecossistema, simplificando sua concepção e possibilitando um estudo de maior abrangência.

Conforme apresentado, a Ecologia de Sistemas utiliza a linguagem de símbolos, como um circuito elétrico, ou fluxograma, que é amplamente difundida na engenharia para representar e analisar processos de diferentes naturezas (Walters, 1988 e Patten, 1995).

Análise Emergética

Em estudos de ecossistemas naturais, normalmente são utilizados dados referentes à entrada e saída de energia e matéria, que representam estoques e fluxos dentro deste sistema, visando o entendimento de seu funcionamento. Em estudos dos sistemas econômicos, além da matéria e energia, é incorporado o fluxo de dinheiro, como ilustra a figura a seguir.

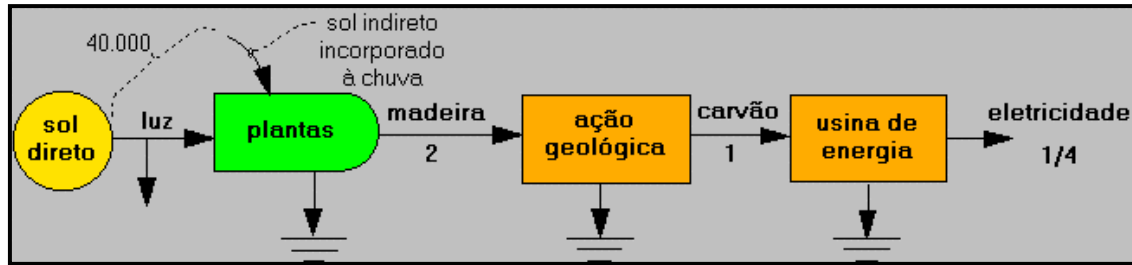
Relação entre produção agrícola e cidade, representado por símbolos



Conforme apresentado, é necessária uma grande quantidade de energia de baixa qualidade (solar) para gerar energia de alta qualidade, como por exemplo combustível fóssil. Portanto, para comparar diferentes formas de energia e matéria, são necessários cálculos de transformação, que convertem estes elementos em uma “moeda comum”. Esta moeda foi definida com base na fonte primária de energia, que é a luz solar, e denominada como Joules de Energia Solar (em inglês Solar Energy).

Utiliza-se o termo **eMergia** para expressar a quantidade de energia solar utilizada para gerar um produto. Esta é expressa em **eMjoules**. A título de exemplo, são necessários 40.000 Joules de luz solar para produzir 1 Joule de carvão, a **eMergia** de um joule de carvão é 40.000 eMjoules solar (sej). Ou seja, **eMergia** é a energia requerida na transformação que gera um fluxo ou armazenamento.

Representação da formação de carvão e geração de energia termelétrica



Outro conceito importante foi definido como **Transformidade**. A energia solar requerida para fazer um joule de algum tipo de energia é a **Transformidade solar** daquele tipo de energia. Em outras palavras, **Transformidade** é definida como a taxa requerida de um tipo de energia para produzir a unidade de outro tipo de energia. Quanto maior a qualidade de energia maior é a **Transformidade**. A unidade é definida como eMJoules solares por joule (sej / J).

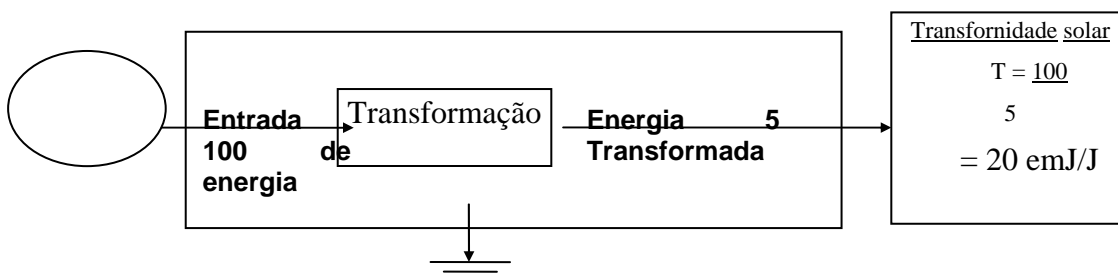
Por exemplo, 1.000.000 de joules solares gera 100 joules de consumidores primários. Portanto, a **Transformidade** solar dos consumidores primários é:

1.000.000 joules solares	= 10.000 sej / J
100 joules de consumidores primários	

A energia dos consumidores primários é 10.000 vezes mais concentrada que a luz solar. O incremento direcionado ao longo do fluxo produz o aumento da **Transformidade** na cadeia produtiva.

Estes dois conceitos - **Transformidade** e **eMergia** - possibilitaram a análise adequada e mais abrangente do funcionamento da economia e do ambiente (Huang, 1991; Odum, 1988b).

Ilustração do Conceito de eMergia e Transformidade





Em um sistema, os elementos que propiciam o seu funcionamento, bem como os que são frutos de sua atividade, podem ser denominados de acordo com as suas características. Estes elementos também possibilitam a análise dos resultados obtidos numa avaliação Emergética, que são descritos a seguir (Ulgiatti et alli, 1994):

Energia não Renovável (N) : estoque de energia e matéria como os minerais, solo e combustíveis fósseis, que são consumidos em uma razão que excede o processo de produção geológica;

Energia Renovável (I): fluxo de energia que é praticamente constante e recorrente e que conduz os processos biológicos e químicos da Terra, e contribui para os processos geológicos;

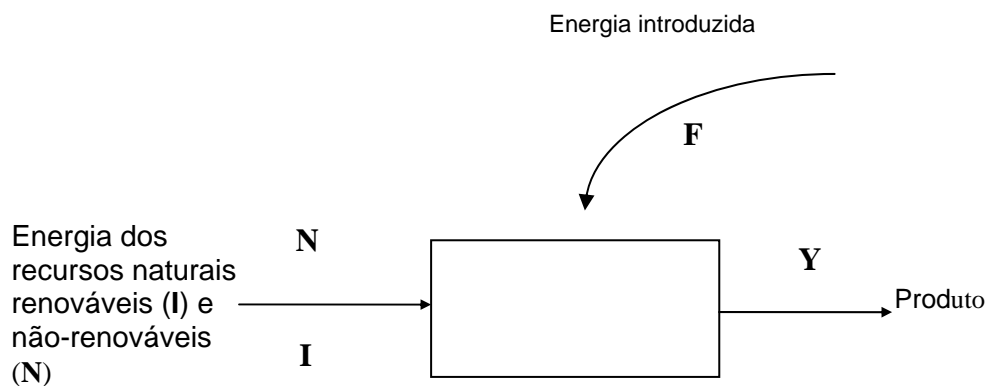
A soma das entradas descritas como Energia Renovável (I) e Energia Não Renovável (N), representa o total de entrada do ambiente natural;

Retorno energético (F): refere-se à energia proveniente de um nível hierárquico superior e que influencia o fluxo no sistema energético. Normalmente é representado por combustível, bens e serviços provenientes das atividades humanas;

Produto (Y) : energia final do sistema, somatória das energia dos recursos naturais e da energia introduzida.

A seguir a ilustração dos termos descritos acima:

Esquema das entradas e saídas de um sistema





Indicadores:

Existem diversos indicadores para avaliar um sistema a partir do esquema simplificado, entretanto, para a análise dos projetos em questão foi definido apenas a razão de benefício-custo, caracterizada pela razão entre a eMergia de saída, representada pela transformação da energia elétrica gerada pelo produto E, e a somatório de eMergia que entra no processo, simbolizado por Y. Esta razão indica se a eMergia, gerada em termos de energia elétrica, é maior ou menor que a eMergia consumida para a construção e operação da usina:

$$\text{Razão de Benefício/ Custo} = E / Y$$

Dados recentes mostram que a razão para típicas fontes competitivas de combustível está entre 6 e 1. Processos que produzem valor inferior não podem ser considerados fontes primárias de eMergia, pois no caso de serem menor que a unidade, o retorno é negativo.

Trabalhos Realizados

A metodologia desenvolvida por H. T. Odum inspirou e orientou diversos trabalhos de contabilidade ambiental, em diferentes países. A título de exemplo podem ser citados alguns trabalhos como: Huang & Odum (1991) sobre a eMergia de Taiwan; sobre a construção de represas hidrelétricas na Tailândia (Brown, M.T. & McClanahan, 1996); sobre a produção de álcool no Brasil (Odum, E.C. & Odum, H.T., 1985); sobre a análise da produção de camarão no Equador (Odum, H.T. & Arding, J.E., 1991); sobre a economia e ecologia do Estado do Texas – USA (Odum, H.T. & Odum, E.C., 1987).

Existem diversos trabalhos que utilizaram desta metodologia para a valoração dos serviços ambientais. Estes trabalhos serviram para o aprofundamento teórico e avaliação prática deste método. É importante ressaltar que vêm sendo realizados diversos trabalhos, tanto no Brasil como em nível internacional que utilizam desta análise ambiental sistêmica.

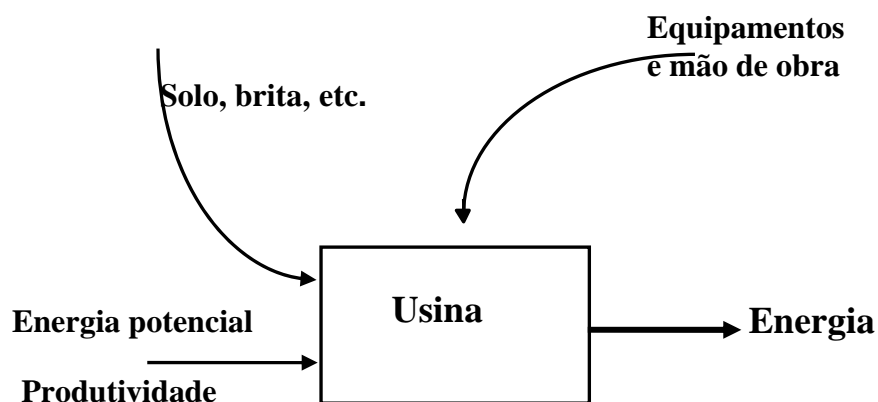
Descrição do trabalho

Basicamente, as etapas do trabalho desenvolvido foram:

1. Avaliação dos Inventários dos rios Araguaia, Corrente, Verde e Claro e do relatório sobre estes inventários;

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 existência 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.

Esquema das entradas e saídas de uma AHE



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.

Dados Básicos Das Hidrelétricas

Os dados básicos das hidrelétricas propostas são apresentados no Apêndice 1. Os dados utilizados e as tabelas de transformidade encontram-se no Apêndice 3 deste relatório.

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 a seguir, onde Tr é a transformidade para o empreendimento e B/C é a avaliação do Benefício sobre o Custo:

Bacia do Rio Claro

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=	2,67E+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

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=	3,17E+08	4,57E+06
B/C=	0,0156	1,0820

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=	2,45E+08	2,79E+07
B/C=	0,0007	0,0059

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=	3,31E+08	8,09E+06
B/C=	0,2176	0,7418

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=	6,90E+07	9,55E+06
B/C=	0,0870	0,6280

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=	1,15E+07	5,67E+06
B/C=	0,0576	0,0574

AHE COUTO DE MAGALHÃES

Fluxos	Geral	Sem Variação Q
R=	9,03E+22	2,58E+21
N=	1,82E+17	1,82E+17
I=	9,03E+22	2,58E+21
M=	1,27E+20	1,27E+20
S=	6,15E+18	6,15E+18
F=	1,33E+20	1,33E+20
Y=	1,81E+23	2,72E+21
Tr=	6,06E+07	9,12E+05
B/C=	0,0816	5,4281

Em primeiro lugar, foi observado que 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 e 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 barraentos. 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 hidrelétricas (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 com resultados 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.



Conclusões

A avaliação da viabilidade de uma usina hidrelétrica normalmente é realizada através da análise de custo benefício tradicional, onde as variáveis são analisadas basicamente sob a ótica. Na orientação da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), os fatores ambientais entram na definição da melhor alternativa, porém não existe uma integração entre os fatores econômicos e ambientais.

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.

Como descrito anteriormente, as informações para estas análises foram retiradas dos diversos estudos realizados, bem como dos dados levantados nos estudos ambientais. Todos os dados foram contabilizados na forma ou de matéria (volume/vazão) ou de energia, sem conversão monetária. Esta restrição metodológica se baseia no fato de que a Ecologia de Sistema se apóia em leis físicas, e que elementos como matéria e energia são regidos por estas leis. O funcionamento da economia segue outros princípios, cuja integração aos princípios ecológicos não é possível por meio simples fatores de conversão entre uma unidade e outra.

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 energéticos, 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 regime hídrico sazonal do rio; 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 hidrelétrica destes empreendimentos possui uma eficiência, durante os seus trinta anos de vida econômica útil. Em outras palavras, a energia elétrica destes empreendimentos possui uma eficiência questionável ao longo de sua vida útil.

Em resumo, segundo esta análise, tem-se que:

- A redução do potencial químico da água em função da regularização de vazão do rio é a mais importante entrada de eMergia no sistema, em todos os casos estudados;
- A perda de produtividade primária da vegetação natural/produção agrícola a ser alagada, representa o outro custo ambiental de maior relevância para a geração de energia hidrelétrica, para a maioria dos estudos realizados;
- O outro recurso renovável que mais contribui para a geração de energia é a contribuição química da chuva;
- Os recursos não renováveis como solo e rocha, bem como os recursos econômicos, em dados físicos, pouco contribuem para a eMergia total dos sistemas estudados;



- Quando se faz uma simulação sem o potencial químico da água decorrente da variação sazonal de vazão, as AHE Itumirim, Salto e Salto do rio Verdinho possuem custos acima dos benefícios;
- Nesta simulação, as AHE Caçu, Barra dos Coqueiros e Olho D'água os custos se igualam aos benefícios;
- Não se pode concluir nada com a devida propriedade do resultado obtido para a AHE Couto de Magalhães, uma vez que não se tinha os dados de uso e ocupação do solo para a região do reservatório e fez uma simulação apenas ilustrativa, porém é possível avaliar que a vazão do rio é o principal fator para este empreendimento ;
- A energia hidrelétrica destes empreendimentos representa, na maioria dos casos, uma pequena parte da apropriação da energia potencial química do rio associada à produtividade primária da área a ser alagada.

Referências Bibliográficas

BROWN, M. T. & McClanahan, T. R. (1996) E-Mergy analysis perspectives of Thailand and Mekong River dam proposals. *Ecological Modelling*. 91: 105-130.

BROWN, M.T. & ARDING, J. (1991) Transformities Working Paper. Center of Wetlands, University of Florida, Gainesville, FL.

BROWN, M.T. & HEREDEN, R. A. (1996) Embodied energy analysis and E-Mergy analysis: a comparative view. *Ecological Economics*. v. 19 : 219-235.

COMAR, V. (1993) An E-Mergy Evaluation Of The Central Amazon Town Of Itacoatiara, Its Plywood And Veneer Industry And The Foodplain Of Madeira River Basin. 146 pg. Dissertação (Mestrado em Ecologia) INPA - Universidade do Amazonas (FUAM).

HUANG, S. L. & ODUM, H.T. (1991). Ecology and Economy: E-Mergy Synthesis and Public Policy in Taiwan. *Journal of Environmental Management*. v.32 p.313-333.

ODUM, E.C. & ODUM, H.T. (1985) System of Ethanol Production from Sugarcane in Brazil. *Ciência e Cultura*. v. 37(11) : 1849-1855.

ODUM, E.P. & BIEVER, L.J. (1984) Resource Quality, Mutualism, and Energy Partitioning in Food Chains. *The American Naturalist*. v.124 : 360-376.



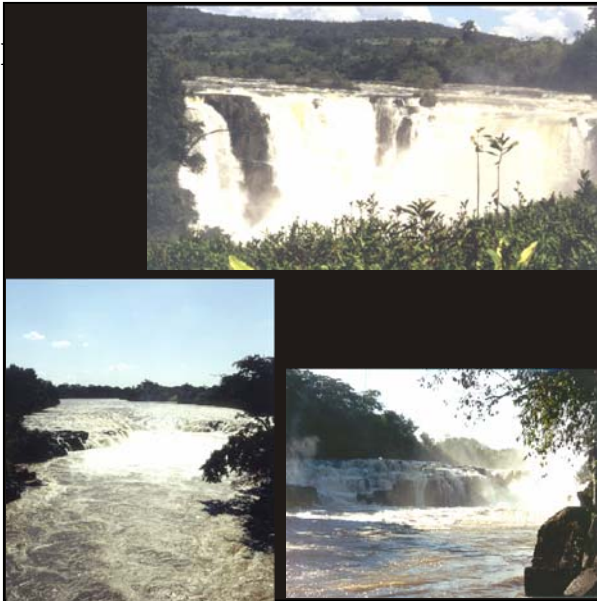
- ODUM, E.P. (1968) Energy Flow in Ecosystems: a historical review. *American Zoologist*. v. 8 : 11-18.
- ODUM, E.P. (1988a) *Ecologia*. Rio de Janeiro. Editora Guanabara Koogan S.A. 434 pg.
- ODUM, H.T & ARDING, J.E. (1991) *Emergy Analysis of Shrimp Mariculture in Ecuador*. Environmental Engineering Sciences and Center for Wetlands. University of Florida. 113 pg.
- ODUM, H.T. & ODUM, E.C. (1987) *Ecology and Economy: energy analysis and public policy in Texas*. University of Texas. 174 pg.
- ODUM, H.T. & PINKERTON, R.C. (1955) Time's Speed Regulator: the optimum efficiency for maximum power output in physical and biological systems. *American Scientist*. v. 43 : 331 - 343.
- ODUM, H.T. (1971) *Environment, Power and Society*. New York, John Wiley.
- ODUM, H.T. (1984) Energy Analysis of the Environmental Role in Agriculture. In G STANHILL (ed.) *Energy and Agriculture*. Springer-Verlag, New York. p. 24-51.
- ODUM, H.T. (1988a). Energy, environment and public policy. a guide to the analysis of systems. *UNEP Regional Seas Reports and Studies n° 95*. 109 p.
- ODUM, H.T. (1988b) Self-Organization, Transformity, and Information. *Science*. v.242 : 1132-1139.
- ODUM, H.T. (1994). *Ecological and General Systems: an introduction to systems ecology*. Colorado. University Press of Colorado. 644p.
- ODUM, H.T. (1995) Energy systems concepts and self-organization: a rebuttal. *Oecologia*. v.104 : 518-522.
- ODUM, H.T. (1996) *Environmental Accounting: emergy and environmental decision making*. John Wiley & Sons, Inc. 370 p.
- ODUM, H.T. *et alli* (1987) *Energy Analysis of Environmental Value*. Center for Wetlands. University of Florida. 97 pg.
- PATTEN, B.C. (1995) Toward a more Holistic Ecology, and Science: the contribution of H.T.Odum. *Oecologia*. v.93 : 597-602.



ULGIATI, S.; BROWN, M.T.; BASIANONI, S.; MARCHETTINI, N. (1995) Emergy-based indicators and rates to evaluate the sustainable use of resources. *Ecological Engineering*. v. 5: 519-531.

ULGIATI, S.; ODUM, H.T.; BASTIANONI, S. (1994) Emergy Use, Environmental Loading and Sustainability: an emergy analysis of Italy. *Ecological Modelling*. v. 73. : 215-268.

WALTERS. C.J (1988) *Ecologia de Sistemas: O Método dos Sistemas e os Modelos Matemáticos em Ecologia*. In E.P. ODUM *Ecologia*. Rio de Janeiro. Editora Guanabara Koogan S.A. 434 pg.



6

Análise Econômica 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.



6.2 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:

Benefícios = f (B1) e Custos = f (C1, C2), sendo:

“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. 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 nominal (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.

Evolução do fator de carga por subsistemas (%)

Subsistemas	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

“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 condição⁴.

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;

⁴ Exceção se faz ao AHE Couto Magalhães, que não foi considerado na análise sócio-econômica-ambiental.



- Custos de implantação de subestações seccionadoras;
- Cobrança pelo uso da água. Utilizou-se a formulação aplicada ao setor elétrico em âmbito federal (CEIVAP, 2003), 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 (2003), que fez estimativas de evaporação líquida para todos os reservatórios brasileiros inventariados. Na região, este valor varia de 300 a 390 mm/ano⁵. O valor para cada metro cúbico de água perdido anualmente por evaporação foi associado ao preço público único já exercido na cobrança do uso da água⁶. Note que trata-se de valor extremamente baixo e não reflete pressões por escassez e nem sequer as diferenças regionais para valorização deste bem 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 represamento⁷. Os valores consideraram apenas a vazão necessária ao

⁵ De acordo com os estudos de viabilidade dos AHE em análise, existe um “déficit hídrico” potencial de cerca de 300 mm anuais, dado pela diferença entre precipitação (1400 mm) e evaporação (1700 mm). 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.

⁶ R\$0,02/m³, conforme deliberação 08 CEIVAP, de 06/12/2001.

⁷ 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



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 atividades⁸. 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 à manutenção de estoques de carbono em biomassa, na hipótese de conservação da fitomassa de florestas ripárias e cerrado. 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 projetado para os demais aproveitamentos) e pelas áreas ocupadas por estes dois tipos vegetativos nos limites de alagamento dos empreendimentos. 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 biogeoquímica 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

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 lêntico com o valor médio atual de fosfato, ele seria um ambiente Meso-eutrófico, isto é, propício a ter alta produção primária” (CNEC, 2001).

⁸ Informações oriundas do mapeamento de uso da terra nas áreas a serem alagadas.



diversos pesquisadores do tema, os quais apontaram variações entre US\$ 10/ton a US\$ 50/ton (May et al, 2003; Melo e 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.

Fitomassa por tipologia vegetal

Fitomassa a ser inundada por tipologia	
Áreas antrópicas (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 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 VPL (Valor Presente Líquido) 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%.



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.

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

6.3 Resultados

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 a baixo.

Parâmetro	Valores	Unidades
Potência instalada	88	MW
Energia	63	MW
Geração -	549.252	MWh
Área do	8.481	ha
Custo do	125.892.220,0	US\$
Custo adicional	21.610.000,0	US\$
Custo operacional	1.258.922,90	US\$/ano
Fator de carga - Centro	75%	%
Taxa anual de	12%	%/ano
Valor	779.733,33	US\$/ano
Investimento em	336.832,00	US\$/ano
Valor do	10,00	US\$/m ³
Créditos Carbono - ano	11.838.217,9	US\$
Oportunidade	82.752,84	US\$/ano
Custo perda água -	221.919,50	US\$/ano
Custo diferença tratamento	184.398,00	US\$/ano
Valor diferença tratamento	0,17	US\$/m ³
Preço da água	0,007	US\$/m ³
Preço da energia - Valor	36,00	US\$/MWh
Preço da energia -	18,06	US\$/MWh

*os parâmetros em cinza foram considerados na análise de risco

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.

Parâmetros de análise* – AHEs Itumirim e Olho D'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.



Uso da terra em áreas a serem alagadas pelos AHEs

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 ano⁹. 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.

Tema	Itumirim	Olho D'água	Total
Rio/ Varzea	3954,51	241,1	4195,61
Campo/Pastagem	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

⁹ Números levantados junto a operadoras regionais e nacionais de turismo que trabalham com estes destinos, para pacotes completos de uma semana.



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.

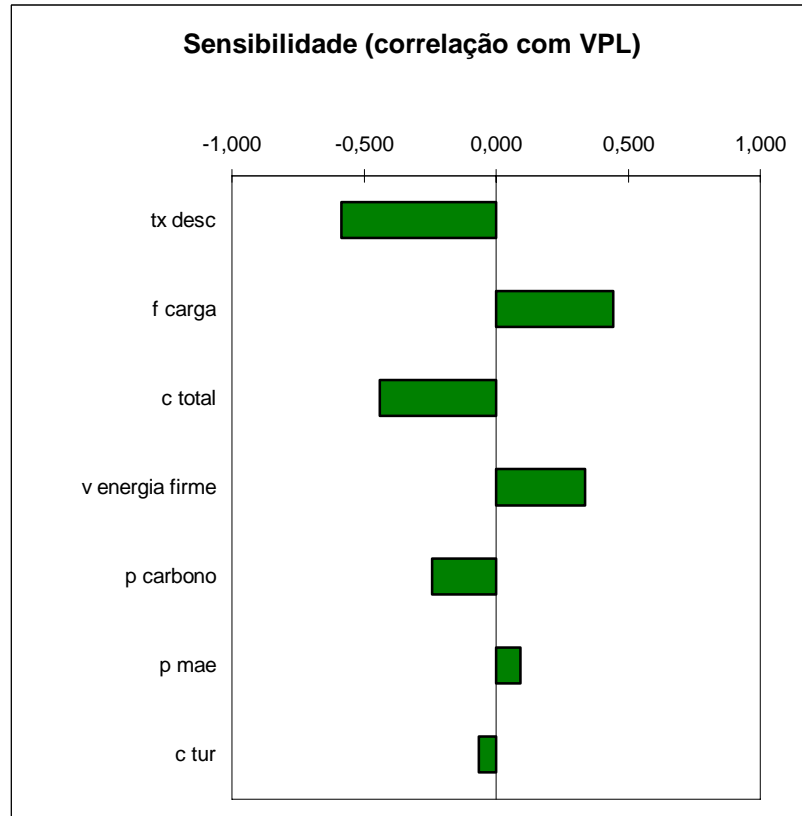
As perdas em qualidade de água, correspondente ao consumo da população dos municípios diretamente afetados (15.156 habitantes), foram computadas em US\$221.919,50/ano, enquanto as perdas em quantidade, relacionadas a uma taxa de evaporação líquida de 393 mm/ano, foram computadas em US\$184.398,00/ano.

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 (Figura 1.1), 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.

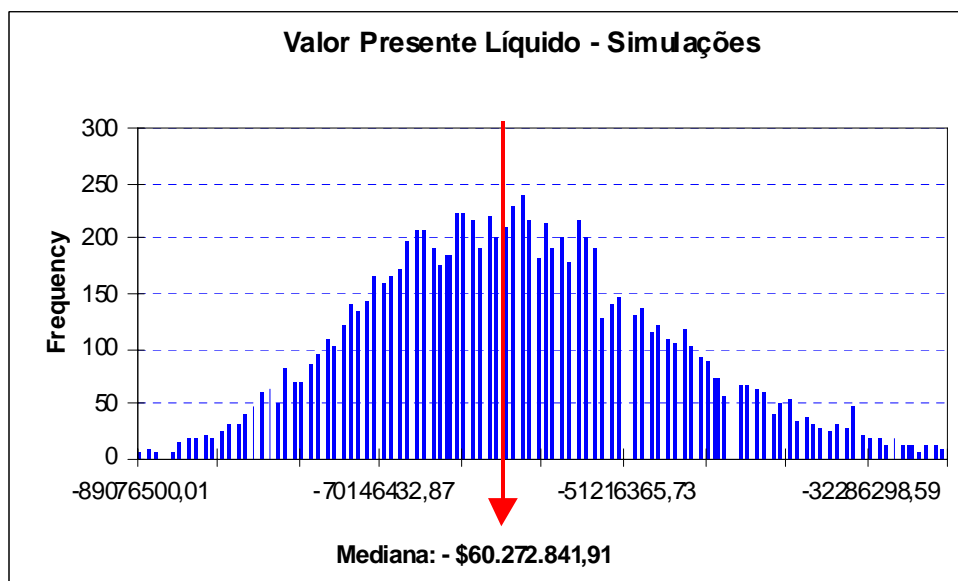
Dos parâmetros analisados, os que apresentaram maior correlação com o VPL foram, respectivamente: a taxa de desconto (razão inversa), o fator de carga (razão direta), o custo total (razão inversa), a energia firme (razão direta), o preço do carbono no mercado de emissões (razão inversa), o preço da energia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

Parâmetros representativos do VPL – AHEs do rio Corrente



O gráfico abaixo representa as simulações em probabilidades de ocorrências, bem como a mediana da análise de risco.

Gráfico com os resultados (VPL) das simulações





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 abaixo.

Parâmetros de análise* – AHEs Salto e Salto do Rio Verdinho

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

* os parâmetros em cinza foram considerados na análise de risco

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

Uso da terra em áreas a serem alagadas pelos AHEs

Tema	Salto	Salto Rio Verdinho	Total
Água	529	586	1.116
Campo/Pastagem	959	605	1.564
Floresta	1.255	750	2.005
Área	2.187	454	2.641
Vegetação Média /	1.653	495	2.148
Várzeas e campos	-	1.041	1.041
Área total em	6.583	3.932	10.515

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 (2001) 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 1.8).

Custos de oportunidade agropecuária

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.

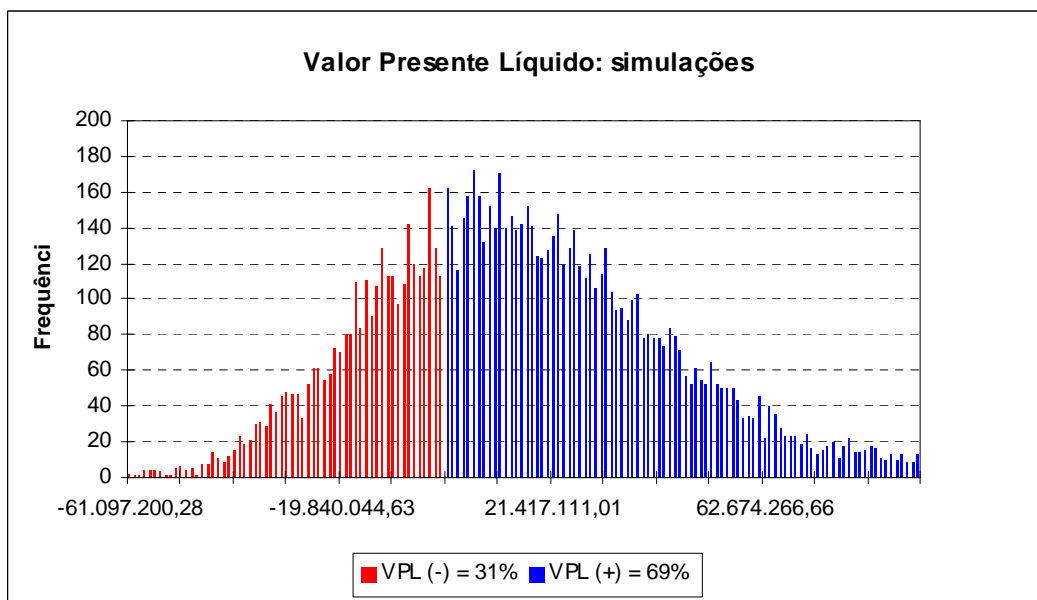
O VPL dos empreendimentos da bacia do rio Verde, para uma vida útil econômica de 50 anos, foi de US\$11.952.578,23, o que representa um lucro da ordem da vigésima parte do investimento realizado. Isto aponta para os investidores e para a sociedade, mantidas as condições de análise para todo o período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

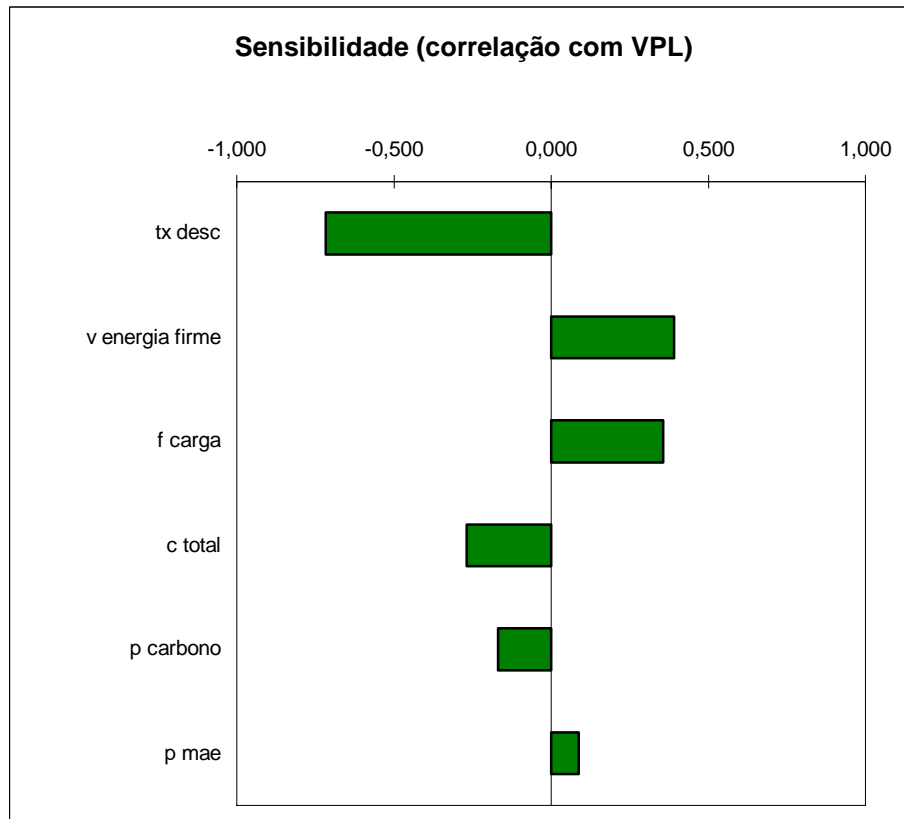
Dos parâmetros analisados, os que apresentaram maior correlação com o VPL foram, respectivamente: a taxa de desconto (razão inversa), a energia firme (razão direta), o fator de carga (razão direta), o custo total (razão inversa), o preço do carbono no mercado de emissões (razão inversa) e o preço da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

Parâmetros representativos do VPL – AHEs do rio Verde



A figura a baixo apresenta o gráfico das simulações e probabilidades para o VPL, a partir das variações propostas. A porção em vermelho do gráfico mostra as simulações cujos valores (VPL) resultaram negativo (31% do total de resultados).

Gráfico com os resultados (VPL) das simulações



Bacia do rio Claro: AHEs Caçu e Barra dos Coqueiros

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 a seguir.

Parâmetros de análise* – AHEs Caçu e Barra dos Coqueiros

Parâmetros	Valores	Unidades
Potência instalada	155	MW
Energia firme	100	MW
Geração - ano	876.000	MWh
Área do reservatório	4.248	ha
Custo do	120.081.747,83	US\$
Custo adicional	16.880.000,00	US\$
Custo operacional	1.466.300,00	US\$/ano
Fator de carga - Centro	75%	%
Taxa anual de	12%	%/ano
Valor do carbono	10,00	US\$/m ³
Créditos Carbono - ano	9.915.493,01	US\$
Oportunidade	171.449,48	US\$/ano
Custo perda água -	111.156,00	US\$/ano
Custo diferença tratamento	232.165,40	US\$/ano
Valor diferença tratamento	0,17	US\$/m ³
Preço da água	0,007	US\$/m ³
Preço da energia - Valor	36,00	US\$/MWh
Preço da energia -	18,06	US\$/MWh

* os parâmetros em cinza foram considerados na análise de risco

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

Uso da terra em áreas a serem alagadas pelos AHEs

Tema	Barra dos Coqueiros	Caçú	Total
Água	405,36	207,54	612,9
Pastagens	667,08	418,68	1085,76
Floresta	955,35	299,43	1254,78
Área agrícola	1130,38	381,78	1512,16
Vegetação Média / Cerrado	1147,05	562,5	1709,55
Área total em hectares	4305,22	1869,93	6175,15

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.

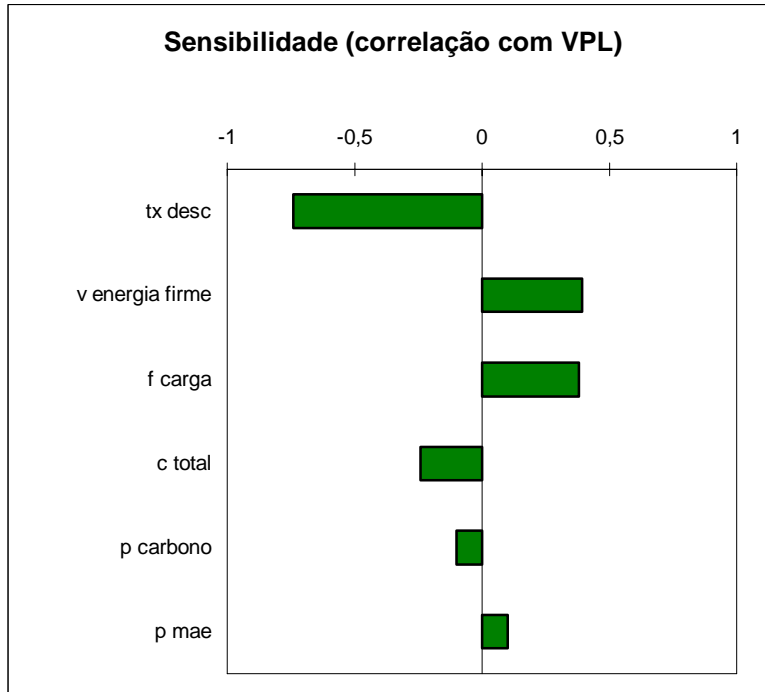
Custos de oportunidade agropecuária

Atividade	US\$/ha.ano	Área alagada	Valor
Agricultura (mix)	76,83	1.512	116.184,29
Pecuária extensiva	50,90	1.086	55.265,18
Total (US\$/ano)			171.449,48

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.

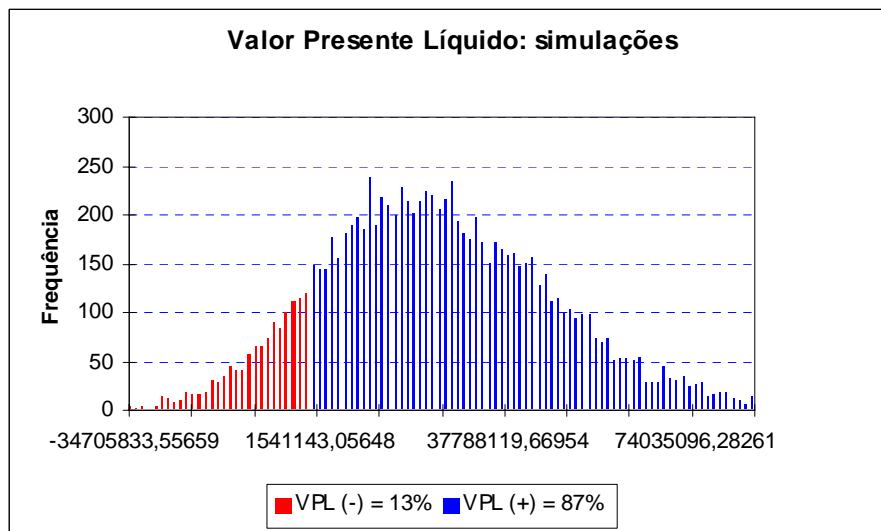
Da análise de sensibilidade e risco, aponta-se uma probabilidade média de resultados negativos de 13% (VPL<0). As simulações apontaram valores variando entre US\$-52.610.517,15 até US\$141.161.189,43, com mediana em US\$23.301.999,98.

Parâmetros representativos do VPL – AHEs do rio Claro



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).

Gráfico com os resultados (VPL) das simulações





Considerações Finais

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, 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 Claro, 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.

A presente análise permite ainda concluir que:

- Os empreendimentos projetados para o rio Corrente (AHEs Itumirim e Olho D'água), numa análise por bacia, são inviáveis, do ponto de vista da sociedade, e sua execução determinará custos sociais e ambientais maiores que os benefícios apresentados pelos projetos;
- Os empreendimentos da bacia do rio Verde (AHEs Salto e Salto do Rio Verdinho), apesar de se apresentarem viáveis numa análise estática, possuem riscos muito grandes de prejuízos para a sociedade, e deveriam passar por criteriosa revisão;
- Os empreendimentos da bacia do rio Claro (AHEs Caçu e Barra dos Coqueiros), em face da localização em região já bastante antropizada, se apresentaram viáveis. No entanto, dado o risco relevante de prejuízo social, é preciso que os projetos passem a incorporar as externalidades apontadas, de forma a garantir a eficiência do investimento, seja ele público ou privado;
- Há que se investir em estudos que permitam apontar valores ambientais ainda não considerados, de forma a que as análises de investimento, do ponto de vista da sociedade, sejam completas. Em especial, cabe salientar a necessidade de valoração dos sítios arqueológicos existentes em todas as áreas diretamente afetadas pelos projetos, das perdas em biodiversidade e do estabelecimento de valores mais realistas para a perda de água, seja em qualidade ou em quantidade.

Referências Bibliográficas

Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Tarifas médias por unidade de consumo. URL: <http://www.aneel.gov.br>. Consultada em 10/11/2001.

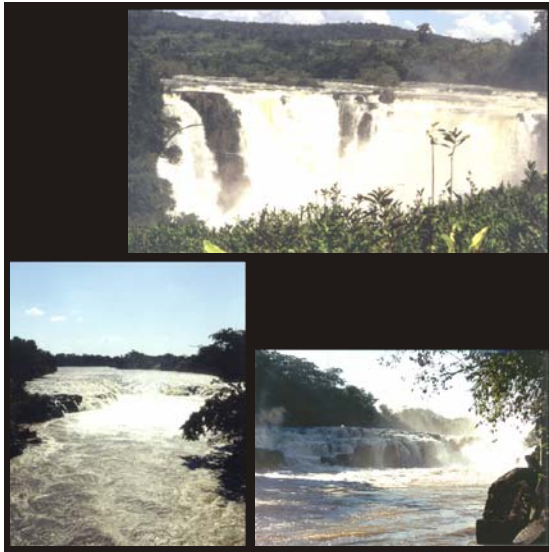
Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). Custo de produção – Safra agrícola 2002/2003. Brasília: MAPA, 2002.

Empresa Brasileira de Energia Elétrica (ELETROBRÁS). Evaporação líquida em reservatórios hidrelétricos. URL: <http://www.eletronbras.gov.br>. Consultada em 20/06/2004.



MAY, P. H.; Neto, F. C; Passos, C. A. Estudo de viabilidade de um projeto de carbono agroflorestal para pequenos produtores no noroeste do MT. Rio de Janeiro: Instituto Pronatura, 2003.

MELO, A. C.; Durigan, G. Carbono fixado em reflorestamentos heterogêneos de matas ciliares na bacia do Médio Paranapanema. Relatório Preliminar. 2004, no prelo.



Conclusões e Recomendações

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.

A seguir, apresentamos as considerações do trabalho, tomadas por tópico estudado. Algumas análises foram realizadas diretamente sobre os empreendimentos enquanto outras tomaram por base a bacia hidrográfica de inserção dos mesmos.

ANÁLISE DOS ESTUDOS DE INVENTÁRIO DOS RIOS CORRENTE, VERDE E CLARO

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. E, 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 energéticos 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 AHE Pontal, no rio Claro, tem o menor ICB de todos os aproveitamentos dos rios Claro e Verde, 22% inferior aos ICB's das 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**.

Em vista do exposto, **seria recomendável 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.

ESTUDOS DE VIABILIDADE

Com relação aos estudos de viabilidade, destacam-se os seguintes aspectos (para maiores detalhes, ver o capítulo pertinente):

UHE Couto de Magalhães

Poderão ser melhor otimizadas a localização das tomadas de água e as dimensões do vertedouro:

- É imprescindível prever uma chaminé de equilíbrio na saída dos tubos de sucção;
- É recomendável revisar o estudo de sedimentos, a vazão adotada para as obras de desvio e a vazão sanitária;
- É preciso prever um acesso à casa de força;
- Revisão dos custos.

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 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.

De modo geral, 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.

ESTUDOS AMBIENTAIS

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.

Os de Couto de Magalhães e de Itumirim se colocam 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.

Tanto os estudos de inventário como os de viabilidade deverão ser acompanhados dos estudos ambientais correspondentes, com destaque ou 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.

AVALIAÇÃO ECONÔMICA-AMBIENTAL DAS BACIAS

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.

Com base nestes estudos conclui-se que:

- Os empreendimentos projetados para o rio Corrente (AHEs Itumirim e Olho D'água), numa análise por bacia, são inviáveis, do ponto de vista da sociedade, e sua execução determinará custos sociais e ambientais maiores que os benefícios apresentados pelos projetos;
- Os empreendimentos da bacia do rio Verde (AHEs Salto e Salto do Rio Verdinho), apesar de se apresentarem viáveis numa análise estática, possuem riscos muito grandes de prejuízos para a sociedade, e deveriam passar por criteriosa revisão;



- Os empreendimentos da bacia do rio Claro (AHEs Caçu e Barra dos Coqueiros), em face da localização em região já bastante antropizada, se apresentaram viáveis. No entanto, dado o risco relevante de prejuízo social, é preciso que os projetos passem a incorporar as externalidades apontadas, de forma a garantir a eficiência do investimento, seja ele público ou privado.

AVALIAÇÃO EMERGÉTICA DOS EMPREENDIMENTOS

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 ou 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 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 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 uma 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.



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 regime hídrico sazonal do rio, e;
- A produtividade primária que cessa de entrar no ecossistema pela formação do reservatório.

Em resumo, segundo esta análise, tem-se que:

- Quando se faz uma simulação sem o potencial químico da água decorrente da variação sazonal de vazão, as UHE Itumirim, Salto e Salto do rio Verdinho possuem custos acima dos benefícios;
- Nesta simulação, as UHE Caçu, Barra dos Coqueiros e Olho D'água os custos se igualam aos benefícios;
- A energia hidrelétrica destes empreendimentos representa, na maioria dos casos, uma pequena parte da apropriação da energia potencial química do rio associada à produtividade primária da área a ser alagada.

Considerações Finais

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 nos capítulos iniciais, 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 se alterar 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 econômica-ambiental dos empreendimentos, há que se estender 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 a 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:

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



Apêndice 1

Fichas Técnicas dos Empreendimentos

(Constam aqui as fichas dos empreendimentos que foram disponibilizadas em meio digital)



USINA		AHE – Couto Magalhaes											
EMPRESA:													
ETAPA:		ESTUDOS DE VIABILIDADE									DATA		
1. LOCALIZAÇÃO													
RIO:	ARAGUAIA						SUB-	ARAGUAIA		BACI	TOCANTIN		
LAT.:	17°	10'	11"	DIST. DA		MUNICÍPIO M.	STA RITA DO ARAG.		UF.	G			
LON	53°	08'	22"	1.550 km		MUNICÍPIO M.	ALTO DO ARAGUAIA		UF.	M			
2. DADOS HIDROMETEOROLÓGICOS													
POSTOS FLUVIOMÉTRICOS DE REFERÊNCIA													
COD	241000000		NOME:	CACHOEIRA				RIO:	ARAGUAIA				
ÁREA DE DRENAGEM DO BARRAM.:									4.632	km ²			
PREC. MÉDIA ANUAL (BACIA):									1.621	mm			
EVAP. MÉDIA ANUAL (RESERV.):									1.986	mm			
VAZÃO MLT (PER.:1931 A 1997)									89,6	m ³ /s			
VAZÃO MÁX. REGIST.									539	m ³ /s			
VAZÃO MÍN. REGIST.									34,8	m ³ /s			
VAZÃO MÁXIMA PROVÁVEL									4.594	m ³ /s			
VAZÃO OBRAS DE VERT. (TR= 10.000 ANOS)									2.166	m ³ /s			
VAZÕES OBRAS DESVIO (TR= 25.000 ANOS)									984	m ³ /s			
VAZÕES MIN. MÉDIAS MENSAIS E MIN. ANUAL PERIODO JAN/31 ADEZ/97													
JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL	
61,4	66,33	71,6	54,6	49,7	42,0	39,9	36,4	38,4	42,3	42,3	51,8	55,9	
JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL	
149	156	157	148	146	151	177	213	207	184	152	146	1986	
RESERVATÓRIO E ENERGIA													
N.A. de Montante – Reservatório													
Mínimo Normal(m)									620,00				
Máximo Normal (m)									620,00				
Máximo Maximorum (m)									621,50				
N.A. de Jusante – Câmara de Restituição:													
Mínimo Operacional – 1 Máquina (m)									468,50				
Máximo Normal – 4 Máquinas (m)									471,70				
Queda Bruta Máxima (m)									151,50				
Queda Bruta Mínima (m)									148,30				
AREAS INUNDADAS													
No N.A. Máximo Maximorum (km ²)..									8,29				
No N.A. Máximo Normal (km ²)									7,25				
No N.A. Mínimo Normal (km ²)									7,25				



Volume do Reservatório	
No N.A. Máximo Normal (10^6 m^3)	46,26
Energia Firme (MW.ano)	46,26
GERADORES	
Potência Nominal (MVA):	41,7
Rotação (rpm):	400
Rendimento Máximo (%):	maior que.98
Fator de Potência (cos)	0,9
Tensão Nominal (kV):	13,8
SUBESTAÇÃO:	
Localização:	a Jusante do Edifício de Controle
Tipo:	Convencional
Esquema de Manobra:	Barra Dupla, Disjuntor Simples
Classe de Tensão (KV):	230
QUANTIDADES DAS OBRAS CIVIS (m^3):	
Barragens:	
- Enrocamento:	27.996
- Aterro:	421.385
- Escavação Comum:	76.277
- Filtros e Transições:	61.217
Desvio do Rio:	
- Ensecadeiras:	62.200
Sistema Extravasor (inclusive Canal de Desvio e Muros)	
- Escavação Comum:	23.949
- Escavação em Rocha a Céu Aberto:	25.173
- Concreto:	16.872
Sistema Adutor	
Tomada d'Água - Tipo:	Torre
Número de Torres:	2
Diâmetro Externo (m):	12,6
Cota da Soleira (m):	608,8
Comportas Ensecadeiras - Tipo:	Cilíndrica
Diâmetro da Comporta (m):	5,5
Túneis Adutores - Bifurcando a Jusante:	2
Diâmetro Interno (m):	4,00 passando 2 de 2,80
Comprimento (até bifurcação) (m):	198
CASA DE FORÇA	
Tipo:	Subterrânea
Número de Unidades Geradoras:	4
Largura (m):	16
Comprimento dos Blocos das Unidades (m):	16



Comprimento do Bloco da Área de Montagem (m):	25
Comprimento Total (m):	89
Túnel de Fuga:	
- Diâmetro (m):	10
- Extensão (m):	5.835
TURBINAS HIDRÁULICAS	
Tipo:	Francis de Eixo Vertical
Número de Unidades:	4
Potência Nominal (MW):	38,3
RESERVATÓRIO E ENERGIA	
N.A. de Montante - Reservatório:	
- Mínimo Normal (m):	620
- Máximo Normal (m):	620
- Máximo Maximorum (m):	621,5
N.A. de Jusante - Câmara de Restituição:	
- Mínimo Operacional - 1 Máquina (m):	468,5
- Máximo Normal - 4 Máquinas (m):	471,7
Queda Bruta Máxima (m):	151,5
Queda Bruta Mínima (m):	148,3
Áreas Inundadas:	
- No N.A. Máximo Maximorum (km ²):	8,29
- No N.A. Máximo Normal (km ²):	7,25
- No N.A. Mínimo Normal (km ²):	7,25
Volume do Reservatório:	
- No N.A. Máximo Normal (10 ⁶ m ³):	46,26
Energia Firme (MW.ano)	92,7
BARRAGENS:	
Tipo:	de Terra e de Enrocamento
Comprimento Total da Crista (m):	852
Altura Máxima (m):	26
Cota da Crista (m):	623
DESVIO DO RIO	
Tipo (pelos vãos do vertedouro):	Canal
Número de vãos:	3
Vazão de Desvio (m ³ /s):	984
Largura do Vão (m):	11
Cota da Soleira do Canal de Desvio (m):	599,5
SISTEMA EXTRAVASOR	
Tipo:	Vertedouro de Superfície
Vazão de Projeto (m ³ /s):	2.166
- Escavação Comum:	22.319



- Escavação em Rocha a Céu Aberto:	9.219
- Escavação em Rocha Subterrânea:	16.015
- Concreto:	12.992
Casa de Força (inclusive Túnel de Acesso e Poços)	
- Escavação Comum:	4.353
- Escavação em Rocha a Céu Aberto:	7.775
- Escavação em Rocha Subterrânea:	156.623
- Concreto:	14.421
Túnel de Fuga (inclusive Canal e Janela de Serviço)	
- Escavação Comum:	17.300
- Escavação em Rocha Subterrânea:	72.501
- Escavação em Rocha a Céu Aberto:	553.241
- Concreto:	32.760
CUSTOS (em milhares de reais)	
- Aquisição de terrenos e benfeitorias:	1.251,80
- Relocações:	140
- Outras ações sócio-ambientais:	3.924,18
- Eventuais:	2.701,25
- SUBTOTAL (*) - terrenos, relocações e outras ações sócio-ambientais:	
- TOTAL DO EMPREENDIMENTO	264.190,98
(*) conta.10 do Orçamento Padrão da ELETROBRAS	
Data de Referência:	julho 1999
Taxa de Câmbio:	US\$ 1,00 = R\$ 1,80
R\$ 1.761,27/kW	
R\$38,00/MWh (índice de mérito)	



USINA		AHE - SALTO DO RIO VERDINHO																
EMPRES		CONSÓRCIO SALTO DO RIO VERDINHO																
ETAPA:		ESTUDOS DE VIABILIDADE							DATA		DF7/2001							
1. LOCALIZAÇÃO																		
RIO:		VERDE				SUB-		PARANAÍBA		BACI		PARANÁ (6)						
LAT.:		19° 08' 44"		DIST. DA		MUNICÍPIO		M. ITARUMÃ		UF.: GO								
LON		50° 46' 02"		8,8 km		MUNICÍPIO		M. CAÇU		UF.: GO								
2. DADOS HIDROMETEOROLÓGICOS																		
POSTOS FLUVIOMÉTRICOS DE REFERÊNCIA																		
CO	60885000	NOME: PONTE RIO CLARO				RIO:	CLARO		AD:			5.256	km ²					
CO	60905000	NOME: CACHOEIRA ALTA				RIO:	CLARO		AD:			13.22	km ²					
CO	60907000	NOME: FAZENDA RONDINHA				RIO:	CLARO		AD:			13.70	km ²					
CO	60910000	NOME: PONTE DO CEDRO				RIO:	VERDE		AD:			703	km ²					
CO	60920000	NOME: ITARUMÃ				RIO:	VERDE		AD:			10.33	km ²					
CO	60921000	NOME: FAZENDA LAJOFREU				RIO:	VERDE		AD:			11.74	km ²					
ÁREA DE DRENAGEM DO				11.947		km ²		VAZÃO FIRME: (95%)				149,6		m ³ /s				
PREC. MÉDIA ANUAL (BACIA):				1.708,5		mm		VAZÃO MÁX		03 / 31		538,		m ³ /s				
PREC. MÉDIA ANUAL				1.708,5		mm		VAZÃO MIN		09 / 55		84,5		m ³ /s				
EVAP. MÉDIA ANUAL				1.430,3		mm		VAZÃO MIN MÉDIA MENSAL:				153,		m ³ /s				
EVAP. MÉDIA MENSAL:				119		mm		VAZÃO DE (TR		10.00 ANO		2.00		m ³ /s				
VAZÃO MLT (PER.:)				193		a 2000		200,5		m ³ /s		VAZÃO DE (TR		50 ANO		1.13		m ³ /
VAZÕES MÉDIAS PERÍODO: 1931 – 2000																		
JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DE							
266,	298,5	319,5	229,2	180,7	154,	142,7	133,3	136,1	152,2	172,9	22							
EVAPORAÇÃO MÉDIA MENSAL (mm):																		
JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DE							
76,6	78,9	77,2	94,1	106,6	130,	165,4	198,2	181,1	145,7	93,7	82,							
3. RESERVATÓRIO																		
N.A. DE MONTANTE						VOLUMES												
MÍN. NORMAL:				370,5		m		NO N.A. MÁXIMO NORMAL:				261,7		x				
MÁX. NORMAL:				370,5		m		ÚTIL:				0		x				
MÁX MAXIMORUM:				370,5		m		ABAIXO DA SOLEIRA DO				41,66		x				
N.A. DE JUSANTE						OUTRAS INFORMAÇÕES												
NORMAL:				328,73		m		VIDA ÚTIL DO RESERVATÓRIO - COM				~ 140		anos				
MÍNIMO:				328,08		m		- SEM				~ 40		anos				
MÁX. NORMAL:				333,10		m		VAZÃO REGULARIZADA (PER.CRÍT.)				165,3		m ³ /s				
ÁREAS INUNDADAS						COEF. DE REG. (VAZÃO REG/VAZÃO						-		%				



NO	N.A.	MÁX	36,55	km	PERÍMETRO DO RESERVATÓRIO:	117,7	km
NO	N.A.	MÁX NORMAL:	36,55	km	PROFUNDIDADE MÉDIA:	~	m
NO	N.A.	MÍN. NORMAL:	36,55	km	PROFUNDIDADE MÁXIMA:	~	m
					TEMPO DE FORMAÇÃO DO	21	dias
					TEMPO DE RESIDÊNCIA:	21	dias

ÁREAS INUNDADAS POR MUNICÍPIO / ESTADO:

	ÁREA DO	ÁREA INUNDADA	% DA ÁREA
Caçu (GO)	2.257,8	17,74	0,79
Itarumã (GO)	3.444,4	18,81	0,55
TOTAL:	5.702,2	36,55	0,64

4. DESVIO

TIPO:	CANAL			ESCAVAÇÃO COMUM	105,56	m
VAZÃO DE	3	ANO	984	ESC. EM ROCHA A CÉU ABERTO	50.900	m
CANAL				ESC. EM ROCHA	-	m
NÚMERO DE UNIDADES				CONCRETO CONVENCIONAL	-	m
SEÇÃO:				ENSECADEIRAS		m
COMPRIMENTO:						

5. BARRAGEM

TIPO	DE	Homogênea em	ENROCAMENTO:	328,45	m ³
COMP. TOTAL	DA	4.430	ATERRO COMPACTADO:	3.094,7	m ³
ALTURA MÁXIMA:		41	FILTROS E TRANSIÇÕES	401,92	m ³
COTA DA CRISTA:		372,5	CONCRETO	-	m ³
ESCAVAÇÃO:		1.364,290	VOLUME TOTAL:	3.825,0	m ³

6. MUROS DE LIGAÇÃO

COMPRIMENTO DA CRISTA		115,0	ESCAVAÇÃO COMUM	29,170	m ³
LARGURA DA CRISTA		6,00	ESCAVAÇÃO EM ROCHA A	3,340	m ³
INCLINAÇÕES		-	ESCAVAÇÃO EM ROCHA	-	m ³
PARAMETRO DE		0,1/1	CONCRETO (CONVENCIONAL)	57,870	m ³
PARAMETRO DE JUSANTE		0,75/1		-	

7. VERTEDOURO

TIPO:	Perfil Creager Controlado			COMPORTAS	
CAPACIDADE:			TIPO:	Segmento de Superfície	
- VAZÃO MÁXIMA AFLUENTE	2.008	m ³ /s	ACIONAMENT	Servomotor óleo-	
- VAZÃO MÁXIMA EFLUENTE:	2.008	m ³ /s	LARGURA:	9,50	m
COTA DA SOLEIRA:	359,5	m	ALTURA:	11,90	m
COMPRIMENTO TOTAL:	44,50	m	ESTRUTURA DE DISSIPACÃO DE	Salto de	
NÚMERO DE VÃOS:	3				
LARGURA DO VÃO	9,50	m			
ESCAVAÇÃO COMUM	179,11	m ³			
ESC. EM ROCHA A CÉU	102,49	m ³			
ESC. EM ROCHA	-	m ³			



CONCRETO (CONVENCIONAL)		39.807	m ³				
8. SISTEMA ADUTOR							
TÚNEL DE ADUÇÃO				TOMADA D'ÁGUA			
POCO DE EMBOQUE				TIPO:	<i>Convencion</i>		
-SECÃO:		-	m ²	COMPRIMENTO TOTAL:	26.00	m	
-COMPRIMENTO		-	m	NÚMERO DE VÃOS	2		
CONDUTO DUPLO				ESCAVAÇÃO COMUM:	24.200	m ³	
-SECÃO:		-	m ²	ESC. EM ROCHA A CÉU	2.230	m ³	
-COMPRIMENTO MÉDIO:		-	m	ESC. EM ROCHA	-	m ³	
CONDUTOS SINGELOS (Trecho)				CONCRETO:	8.636	m ³	
-SECÃO		-	m ²	COMPORTAS			
-COMPRIMENTO MÉDIO:		-	m	TIPO:	<i>Vação com vedação a</i>		
ESCAVAÇÃO COMUM				ACIONAMENTO:	<i>Servomotor óleo-</i>		
ESC. EM ROCHA A CÉU		-	m ³	LARGURA:	6.80	m	
ESC. EM ROCHA		-	m ³	ALTURA:	7.02	m	
CONCRETO CONVENCIONAL		-	m ³				
CONDUTO FORÇADO				ESCAVAÇÃO COMUM:	144.650	m ³	
NÚMERO DE UNIDADES :			02	ESC. EM ROCHA A CÉU	9.830	m ³	
CARACTERÍ	COMPRIM	DIÂMETR	INCLINA	ESC. EM ROCHA	-	m ³	
1º	260 m	6.80 m	2 %	CONCRETO:	26.490	m ³	
2º	32 m	6.80 m	45 %				
3º	15 m	4.60 m	0 %	PONTE ROLANTE			
				CAPACIDADE:	300/60/KN		
9. CASA DE FORÇA / ÁREA DE MONTAGEM							
TIPO:		<i>Abriçada</i>		ESCAVAÇÃO COMUM*:	126.220	m ³	
Nº DE UNIDADES GERADORAS:		02		ESC. EM ROCHA A CÉU	165.320	m ³	
LARG. DOS BLOCOS DAS		17.0/	m	ESC. EM ROCHA	-	m ³	
LARG. DA ÁREA DE		25.00	m	CONCRETO	23.800	m ³	
COMPRIMENTO TOTAL		67.00 m		*(Incluido Canal de Fuga)			
10. TURBINAS							
TIPO:		<i>Francis-Eixo</i>		VAZÃO UNITÁRIA	134	m ³ /	
Nº DE UNIDADES:		02		RENDIMENTO MÁXIMO:	95	%	
POTÊNCIA UNIT. NOMINAL:		47.45	MW	PESO TOTAL POR	2.300	KN	
ROTACÃO SÍNCRONA:		171.43	rpm				
QUEDA LÍQUIDA DE PROJETO:		41.10	m				
11. GERADORES							
POTÊNCIA UNIT. NOMINAL:		51.67	MV	RENDIMENTO MÁXIMO:	98	%	
ROTACÃO SÍNCRONA:		171.43	rpm	FATOR DE POTÊNCIA:	0.90		
TENSÃO NOMINAL:		13.8	kV	PESO TOTAL POR	140	t	
12. OBRAS ESPECIAIS							
TIPO:		-		ESC. EM ROCHA	-	m ³	
ESCAVAÇÃO COMUM:		-		CONCRETO	-	m ³	
ESC. EM ROCHA A CÉU		-		ATERRO COMPACTADO:	-	m ³	
13. CRONOGRAMA – PRINCIPAIS FASES							



INÍCIO DAS OBRAS ATÉ O	10 meses	TOTAL	51	mese
DESVIO ATÉ FECHAMENTO	35 mese	MONTAGEM	18	mese
FECHAMENTO ATÉ GERAÇÃO (1ª)	3 meses	GERAÇÃO DA 1ª UNIDADE	48	mese
14. CUSTOS (x 10³ R\$)				
MEIO AMBIENTE:	20.825,32	CUSTO TOTAL S/JDC:	179.979,	
OBRAS CIVIS:	91.635,50	JUROS DURANTE A	43.609,1	
EQUIPAMENTOS	45.360,91	CUSTO TOTAL C/JDC:	223.589,0	
OUTROS CUSTOS:	0,00	CUSTO DE	1.594,30	
CUSTO DIRETO TOTAL:	157.821,72	DATA DE REFERÊNCIA	Jun//2001	
CUSTOS INDIRETOS:	22.158,17	TAXA DE CÂMBIO (R\$/US\$):	2,3750	
15. ESTUDOS ENERGÉTICOS				
QUEDA BRUTA MÁXIMA:	41,70 m	ENERGIA FIRME:	61,70	MW
QUEDA LÍQUIDA DE	40,52 m	CUSTO ÍNDICE:	1.012,00	US\$/KW
POTÊNCIA DA USINA	93 MW	CUSTO DA ENERGIA	22,22	US\$/MW
16. INSTALAÇÕES DE TRANSMISSÃO DE INTERESSE RESTRITO A CENTRAL GERADORA				
LINHAS DE TRANSMISSÃO		SUBESTAÇÃO		
<i>Conexão: SE Cachoeira Alta</i>		<i>Localização: Margem Esquerda do Rio</i>		
<i>Tensão: 138 kV</i>		<i>Área: ~ 10.000 m²</i>		
<i>Extensão: 50 km</i>		<i>Tensão: 138 kV</i>		
<i>Esquema de manobra barra principal e</i>				
17. IMPACTOS SÓCIO-AMBIENTAIS				
POPULAÇÃO ATINGIDA (Nº DE HABITANTES)		FAMÍLIAS ATINGIDAS		
URBANA:	-	URBANA:	-	-
RURAL:	61	RURAL:	20	20
TOTAL:	61	TOTAL:	20	20
QUANTIDADE DE NÚCLEOS URBANOS ATINGIDOS:		-		
INTERFERÊNCIAS COM ÁREAS LEGALMENTE PROTEGIDAS:		<input type="checkbox"/>	SIM	<input checked="" type="checkbox"/> NÃO
INTERFERÊNCIAS COM ÁREAS INDÍGENAS:		<input type="checkbox"/>	SIM	<input checked="" type="checkbox"/> NÃO
RELOCAÇÃO DE ESTRADAS DENOMINAÇÃO: Não Pavimentadas		EXTENSÃ	0,2 km	
RELOCAÇÃO DE PONTES:		QUANTIDADE	-	
EMPREGOS GERADOS DURANTE A CONSTRUÇÃO		DIRETOS	1.100	
		INDIRETO	2.200	
18. VOLUMES TOTAIS				
ESCAVAÇÃO COMUM:	1.973.200	m ³	ATERRO COMPACTADO	3.094,7 m
ESCAVAÇÃO EM ROCHA A CÉU	334.110,0	m ³	CONCRETO	156,60 m
ESCAVAÇÃO EM ROCHA	0,00	m ³	CONCRETO COMPACTADO	- m
ENROCAMENTO (BARRAGEM):	328.450	m ³	ENSECADEIRAS	229,35 m ³
19. ASPECTOS CRÍTICOS DO EMPREENDIMENTO				



-
20. DESCRIÇÃO SOBRE A EXISTÊNCIA DE OUTROS USOS DOS RECURSOS HÍDRICOS
<i>Nesta fase dos estudos, considerou-se a utilização do reservatório a ser formado pela implantação do AHE Salto do Rio Verdinho, preferencialmente para fins de geração de energia. No entanto, vislumbra-se a possibilidade de outros usos para este reservatório, tais como piscicultura, esportes náuticos e lazer.</i>
21. OBSERVAÇÕES
-



USINA: AHE - CAÇU											
EMPRESA: DESENVIX											
ETAPA: VIABILIDADE									DATA: JUNHO/2001		
1. LOCALIZAÇÃO											
RIO: CLARO						SUB-BACIA: PARANAÍBA			BACIA: PARANÁ		
LAT.: 18° 31' 46" S		DIST. DA		MUNICÍPIO M. DIR.: CAÇU						UF.: GO	
LONG.: 51° 09' 00"		FOZ:		MUNICÍPIO M. ESQ.: CACHOEIRA ALTA						UF.: GO	
2. DADOS HIDROMETEOROLÓGICOS											
POSTOS FLUVIOMÉTRICOS DE											
CÓD.:		NOME: PONTE RIO CLARO				RIO: CLARO		AD:		5.265 km ²	
CÓD.:		NOME: CACHOEIRA ALTA				RIO: CLARO		AD:		13.226 km ²	
ÁREA DE DRENAGEM DO			12.050		km ²		VAZÃO FIRME: (95%)			105,3 m ³ /	
PREC. MÉDIA ANUAL:			1528		mm		VAZÃO MÁX. REGISTRADA:			- m ³ /	
EVAP. MÉDIA ANUAL:			1.551		mm		VAZÃO MÍN. REGISTRADA:			- m ³ /	
EVAP. MÉDIA MENSAL:			129,28		mm		VAZÃO MÍN. MÉDIA MENSAL:			69 m ³ /	
VAZÃO MLT (PER.: 1931 a			206		m ³ /		VAZÃO DE PROJETO			2.953 m ³ /	
							VAZÃO OBRAS DESVIO (TR:			1.369 m ³ /	
VAZÕES MÉDIAS MENSAIS (m ³ /s) – PERÍODO: 1931 a 1997											
JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
289	328	338	258	192	162	141	125	120	132	160	220
EVAPORAÇÃO MÉDIA MENSAL (mm) – PERÍODO: 1961 a 1990											
JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
89,6	88,9	92,6	100,3	110	126,2	164,5	206,2	189,6	166,8	120,3	96,4
3. RESERVATÓRIO:											
N.A. DE MONTANTE						VOLUMES					
MÍN. NORMAL:			475,0		m		NO N.A. MÁXIMO NORMAL:			231,77 x 10 ⁶	
MÁX. NORMAL:			477,0		m		ÚTIL:			142,34 x 10 ⁶	
MÁX. MAXIMORUM:			477,0		m		ABAIXO DA SOL.			89,43 x 10 ⁶	
N.A. DE JUSANTE:						OUTRAS INFORMAÇÕES					
MÍNIMO:			447,8				VIDA ÚTIL DO			675 anos	
MÁX. NORMAL:			448,7		m		VAZÃO REGULARIZ. (PER.			- m ³ /s	
MÁX. EXCEPCIONAL:			455,7		m		PERÍMETRO DO			75,5 km	
ÁREAS INUNDADAS						PROFUNDIDADE MÉDIA:					
NO N.A. MÁX. MAXIMORUM:			16,93		km ²		PROFUNDIDADE MÁXIMA:			32,60 m	
NO N.A. MÁX. NORMAL:			16,93		km ²		TEMPO DE FORMAÇÃO DO			10 dias	
NO N.A. MÍN. NORMAL:			15,44		km ²		TEMPO DE RESIDÊNCIA:			12 dias	
ÁREAS INUNDADAS POR											

4. DESVIO					
TIPO:	ADUFAS			ESCAVAÇÃO COMUM:	3.779 m ³
VAZÃO DE DESVIO (TR: 25	1.369	m ³ /	ESC. EM ROCHA A CÉU	26.684	m ³
NÚMERO DE UNIDADES:	4		ESC. EM ROCHA	-	m ³
SEÇÃO:	3,5 x	m ²	CONCRETO	-	m ³
COMPRIMENTO	25	m	ENSECADEIRA:	78.470	m ³
5. BARRAGEM					
TIPO DE ESTRUTURA/MATERIAL			ENROCAMENTO:	49.685	m ³
COMP. TOTAL DA CRISTA:	920	m	ATERRO COMPACTADO:	764.691	m ³
ALTURA MÁXIMA:	38	m	FILTROS E TRANSIÇÕES:	41.375	m ³
COTA DA CRISTA:	480,50	m	CONCRETO	12.589	m ³
			VOLUME TOTAL:	869.588	m ³
6. DIQUES					
TIPO DE ESTRUTURA/MATERIAL:			ENROCAMENTO:	-	m ³
COMP. TOTAL DA(S)	-	m	ATERRO COMPACTADO:	-	m ³
ALTURA(S) MÁXIMA(S):	-	m	FILTROS E TRANSIÇÕES:	-	m ³
COTA DA(S) CRISTA(S):	-	m	CONCRETO	-	m ³
			VOLUME TOTAL:	-	m ³
7. VERTEDOURO					
TIPO:			<u>COMPORTAS:</u>		
CAPACIDADE:	2.953	m ³ /	TIPO:		
COTA DA SOLEIRA:	466,00	m	ACIONAMENTO:	Óleo-	
COMPRIMENTO TOTAL:	48,60	m	LARGURA:	8,40	m
NÚMERO DE VÃOS:	4		ALTURA:	10,50	m
LARGURA DO VÃO:	8,40	m	ESTRUTURA DE DISSIPACÃO DE		
ESCAVAÇÃO COMUM:	3.914	m ³	Bacia de Dissipação		
ESC. EM ROCHA A CÉU	81.686	m ³			
ESC. EM ROCHA	-	m ³			
CONCRETO CONVENCIONAL	55.250	m ³			

8. SISTEMA ADUTOR					
TÚNEL DE ADUÇÃO			TOMADA D'ÁGUA		
COMPRIMENTO:	-	m	TIPO:		
LARGURA/SEÇÃO:	-	m/	COMPRIMENTO TOTAL:	18,76	m
ESCAVAÇÃO COMUM:	2.667	m ³	NÚMERO DE VÃOS:	3	
ESC. EM ROCHA A CÉU	17.249	m ³	ESCAVAÇÃO COMUM:	4.050	m ³
ESC. EM ROCHA	-	m ³	ESC. EM ROCHA A CÉU	16.630	m ³
CONCRETÃO:	-	m ³	ESC. EM ROCHA	-	m ³
CONDUTO FORÇADO			CONCRETÃO:	10.350	m ³
DIÂMETRO INTERNO:	-	m	COMPORTAS		
NÚMERO DE UNIDADES:			TIPO:		
COMPRIMENTO MÉDIO:	-	m	ACIONAMENTO:		
			LARGURA:	4,00	m
			ALTURA:	6,00	m
9. CASA DE FORÇA					
TIPO:			ESCAVAÇÃO COMUM:	5.490	m ³
Nº DE UNIDADES GERADORAS:	3		ESC. EM ROCHA A CÉU	19.650	m ³
LARG. DOS BLOCOS DAS	9,38	m	ESC. EM ROCHA	-	m ³
LARG. DA ÁREA DE	14,32	m	CONCRETÃO:	8.900	m ³
COMPRIMENTO TOTAL:	42,46	m			
10. TURBINAS					
TIPO:			VAZÃO UNITÁRIA NOMINAL:	93	m ³ /
POTÊNCIA UNITÁRIA	22,1	MW	RENDIMENTO MÁXIMO:	93,9	%
ROTAÇÃO SÍNCRONA:	225	rpm	PESO TOTAL POR	130	ton
QUEDA DE PROJETO (BRUTA	28,22	m			
11. GERADORES					
POTÊNCIA UNITÁRIA	22,8	MVA	RENDIMENTO MÁXIMO:		%
ROTAÇÃO SÍNCRONA:	225	rpm	FATOR DE POTÊNCIA:	0,95	
TENSÃO NOMINAL:	6,9	kV	PESO DO ROTOR:	60	ton
12. OBRAS ESPECIAIS					
TIPO:	-		ESC. EM ROCHA	-	m ³
ESCAVAÇÃO COMUM:	-	m ³	CONCRETÃO	-	m ³
ESC. EM ROCHA A CÉU	-	m ³		-	
13. CRONOGRAMA – PRINCIPAIS FASES					
INÍCIO DAS OBRAS ATÉ O	16	mese	TOTAL:	39	mese
DESVIO ATÉ O FECHAMENTO:	15	mese	MONT. ELETROMECAÂNICA (1 ^a	12	mese
FECHAM. ATÉ GERAÇÃO (1 ^a	1	mês	OPERAÇÃO (1 ^A UNID.):	32	mese



14. CUSTOS (x 10³ R\$)					
MEIO AMBIENTE:	11.775,50	CUSTO TOTAL S/JDC:	120.547,02		
OBRAS CIVIS:	54.029,60	JUROS DURANTE A	23 195,08		
EQUIPAMENTOS	22.261,28	CUSTO TOTAL C/JDC:	143.742, 11		
OUTROS CUSTOS:	2.061,11	CUSTO DE O&M:	21,76/KW.		
CUSTO DIRETO TOTAL:	105.743,0	DATA DE REFERÊNCIA	Junho/200		
CUSTOS INDIRETOS:	14.804,02	TAXA DE CÂMBIO (R\$/US\$):	2,30		
15. ESTUDOS ENERGÉTICOS					
QUEDA BRUTA MÁXIMA:	28,22	M	ENERGIA FIRME:	42,00	MW
QUEDA DE REFERÊNCIA:	25,80	M	CUSTO-ÍNDICE:	2.211,4	US\$/kW
POTÊNCIA DA USINA:	65	MW	CUSTO DA ENERGIA	22,76	US\$/MW
16. INSTALAÇÕES DE TRANSMISSÃO DE INTERESSE RESTRITO A CENTRAL					
<u>LINHAS DE TRANSMISSÃO</u>			<u>SUBESTAÇÃO</u>		
L.T. Caçu – Coqueiros:			1 Subestação de 138 kV, Barra Principal e		
17. IMPACTOS SÓCIOS-AMBIENTAIS					
<u>POPULAÇÃO ATINGIDA (Nº DE</u>			<u>FAMÍLIAS ATINGIDAS</u>		
URBANA:	-		URBANA:		
RURAL:	60		RURAL:		
TOTAL:	60		TOTAL:		
QUANTIDADE DE NÚCLEOS URBANOS ATINGIDOS: 0					
INTERFERÊNCIAS COM ÁREAS LEGALMENTE			SIM	X	NÃO
INTERFERÊNCIAS COM ÁREAS INDÍGENAS:			SIM	X	NÃO
RELOCAÇÃO DE ESTRADAS:	Locais			EXTENSÃO: 6,20	
	<i>Não-pavimentadas</i>			EXTENSÃO: -	
	<i>Pavimentadas</i>			EXTENSÃO: -	
RELOCAÇÃO DE PONTES:				EXTENSÃO: -	
RELOCAÇÃO DE ESTRADAS:				EXTENSÃO:	
RELOCAÇÃO DE PONTES:				EXTENSÃO: -	
EMPREGOS GERADOS DURANTE A CONSTRUÇÃO:				DIRETOS:	
				INDIRETOS:	
18. VOLUMES TOTAIS					
ESCAVAÇÃO COMUM:	100.736	m³	ATERRO COMPACTADO:		m³
ESCAVAÇÃO EM ROCHA A CÉU	325.160	m³	CONCRETO CONVENCIONAL:		m³
ESCAVAÇÃO EM ROCHA	-	m³	CONCRETO COMPACTADO A	13.0	m³
ENROCAMENTO:	49.685	m³			
19. ASPECTOS CRÍTICOS DO EMPREENDIMENTO:-					
20. DESCRIÇÃO SOBRE A EXISTÊNCIA DE OUTROS USOS DOS RECURSOS HÍDRICOS:					
Captação para abastecimento d'água da cidade de Caçu.					
21. OBSERVAÇÕES:					



USINA: AHE - BARRA DOS COQUEIROS												
EMPRESA: DESENVIX												
ETAPA: VIABILIDADE									DATA: JUNHO/2001			
1. LOCALIZAÇÃO												
RIO: CLARO				SUB-BACIA: PARANAÍBA				BACIA: PARANÁ				
LAT.: 18° 43' 24" S		DIST. DA		MUNICÍPIO M. DIR.: CAÇU				UF.: GO				
LONG.: 51° 00' 11"		FOZ:		MUNICÍPIO M. ESQ.: CACHOEIRA ALTA				UF.: GO				
2. DADOS HIDROMETEOROLÓGICOS												
POSTOS FLUVIOMÉTRICOS DE												
CÓD.:		NOME: PONTE RIO CLARO				RIO: CLARO		AD:		5.265 km²		
CÓD.:		NOME: CACHOEIRA ALTA				RIO: CLARO		AD:		13.226 km²		
ÁREA DE DRENAGEM DO			12.573		km²		VAZÃO FIRME: (95%)			109,8		m³/s
PREC. MÉDIA ANUAL:			1528		mm		VAZÃO MÁX. REGISTRADA:			-		m³/s
EVAP. MÉDIA ANUAL:			1.551,		mm		VAZÃO MÍN. REGISTRADA:			-		m³/s
EVAP. MÉDIA MENSAL:			129,28		mm		VAZÃO MÍN. MÉDIA MENSAL:			72		m³/s
VAZÃO MLT (PER.: 1931 a			215		m³		VAZÃO DE PROJETO			3.068		m³/s
							VAZÃO OBRAS DESVIO (TR:			1.422		m³/s
VAZÕES MÉDIAS MENSAIS (m³/s) – PERÍODO: 1931 a 1997												
JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
302	345	355	270	201	168	147	132	126	138	165	229	
EVAPORAÇÃO MÉDIA MENSAL (mm) – PERÍODO: 1961 a 1990												
JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
89,6	88,9	92,6	100,3	110	126,2	164,5	206,2	189,6	166,8	120,3	96,4	
3. RESERVATÓRIO:												
N.A. DE MONTANTE						VOLUMES						
MÍN. NORMAL:			446,0		m		NO N.A. MÁXIMO NORMAL:			350,7 x 10⁶ m³		
MÁX. NORMAL:			448,0		m		ÚTIL:			48,7 x 10⁶ m³		
MÁX. MAXIMORUM:			448,0		m		ABAIXO DA SOL.			145,2 x 10⁶ m³		
N.A. DE JUSANTE:						OUTRAS INFORMAÇÕES						
MÍNIMO:			410,0				VIDA ÚTIL DO			1731 anos		
MÁX. NORMAL:			410,5		m		VAZÃO REGULARIZ. (PER.			- m³/s		
MÁX. EXCEPCIONAL:			416,1		m		PERÍMETRO DO			105,5 km		
ÁREAS INUNDADAS						PROFUNDIDADE MÉDIA:			30 m			
NO N.A. MÁX. MAXIMORUM:			25,48		km²		PROFUNDIDADE MÁXIMA:			40 m		
NO N.A. MÁX. NORMAL:			25,48		km²		TEMPO DE FORMAÇÃO DO			20 dias		
NO N.A. MÍN. NORMAL:			23,07		km²		TEMPO DE RESIDÊNCIA:			14 dias		
ÁREAS INUNDADAS POR												

4. DESVIO					
TIPO:	ADUFAS		ESCAVAÇÃO COMUM:	-	m ³
VAZÃO DE DESVIO (TR: 25)	1.422	m ³ /	ESC. EM ROCHA A CÉU	-	m ³
NÚMERO DE UNIDADES:	8		ESC. EM ROCHA	-	m ³
SEÇÃO:	3,5 x	m ²	CONCRETO	-	m ³
COMPRIMENTO	34	m	ENSECADEIRA:	160.96	m ³
5. BARRAGEM					
TIPO DE ESTRUTURA/MATERIAL			ENROCAMENTO:	128.534	m ³
COMP. TOTAL DA CRISTA:	1.670	m	ATERRO COMPACTADO:	2.133.9	m ³
ALTURA MÁXIMA:	60	m	FILTROS E TRANSIÇÕES:	94.752	m ³
COTA DA CRISTA:	452,00	m	CONCRETO	-	m ³
			VOLUME TOTAL:	2.357.2	m ³
6. DIQUES					
TIPO DE ESTRUTURA/MATERIAL:			ENROCAMENTO:	-	m ³
COMP. TOTAL DA(S)	-	m	ATERRO COMPACTADO:	-	m ³
ALTURA(S) MÁXIMA(S):	-	m	FILTROS E TRANSIÇÕES:	-	m ³
COTA DA(S) CRISTA(S):	-	m	CONCRETO	-	m ³
			VOLUME TOTAL:	-	m ³
7. VERTEDOIRO					
TIPO:			<u>COMPORTAS:</u>		
CAPACIDADE:	3.068	m ³ /	TIPO:		
COTA DA SOLEIRA:	437,50	m	ACIONAMENTO:	Óleo-	
COMPRIMENTO TOTAL:	48,60	m	LARGURA:	8,40	m
NÚMERO DE VÃOS:	4		ALTURA:	11,20	m
LARGURA DO VÃO:	8,40	m	ESTRUTURA DE DISSIPÇÃO DE		
ESCAVAÇÃO COMUM:	10.859	m ³	Bacia de Dissipação		
ESC. EM ROCHA A CÉU	84.158	m ³			
ESC. EM ROCHA	-	m ³			
CONCRETO	97.036	m ³			

8. SISTEMA ADUTOR					
CANAL DE ADUÇÃO			TOMADA D'ÁGUA		
COMPRIMENTO:	-	m	TIPO:		
LARGURA/SEÇÃO:	-	m/	COMPRIMENTO TOTAL:	28,73	m
ESCAVAÇÃO COMUM:	1.617	m ³	NÚMERO DE VÃOS:	3	
ESC. EM ROCHA A CÉU	4.485	m ³	ESCAVAÇÃO COMUM:	2.609	m ³
ESC. EM ROCHA	-	m ³	ESC. EM ROCHA A CÉU	14.112	m ³
CONCRETÔ:	-	m ³	ESC. EM ROCHA	-	m ³
CONDUTO FORÇADO			CONCRETÔ:	57.714	m ³
DIÂMETRO INTERNO:	4,3	m	COMPORTAS		
NÚMERO DE UNIDADES:			TIPO:		
COMPRIMENTO MÉDIO:	25	m	ACIONAMENTO:		
			LARGURA:	3,60	m
			ALTURA:	5,50	m
9. CASA DE FORÇA					
TIPO:			ESCAVAÇÃO COMUM:	2.535	m ³
Nº DE UNIDADES GERADORAS:	3		ESC. EM ROCHA A CÉU	29.062	m ³
LARG. DOS BLOCOS DAS	14,05	m	ESC. EM ROCHA	-	m ³
LARG. DA ÁREA DE	22,10	m	CONCRETÔ:	12.870	m ³
COMPRIMENTO TOTAL:	65,70	m			
10. TURBINAS					
TIPO:			VAZÃO UNITÁRIA NOMINAL:	88,0	m ³ /s
POTÊNCIA UNITÁRIA	28,00	MW	RENDIMENTO MÁXIMO:	94	%
ROTAÇÃO SÍNCRONA:	225	rpm	PESO TOTAL POR	152	ton
QUEDA DE PROJETO (BRUTA	36,80	m			
11. GERADORES					
POTÊNCIA UNITÁRIA	30,0	MVA	RENDIMENTO MÁXIMO:	98	%
ROTAÇÃO SÍNCRONA:	225	rpm	FATOR DE POTÊNCIA:	0,90	
TENSÃO NOMINAL:	6,9	kV	PESO DO ROTOR:	105	ton
12. OBRAS ESPECIAIS					
TIPO:			ESC. EM ROCHA	-	m ³
ESCAVAÇÃO COMUM:			CONCRETÔ	-	m ³
ESC. EM ROCHA A CÉU				-	
13. CRONOGRAMA – PRINCIPAIS FASES					
INÍCIO DAS OBRAS ATÉ O	16	mese	TOTAL:	39	meses
DESVIO ATÉ O FECHAMENTO:	15	mese	MONT. ELETROMECÂNICA (1 ^a	12	meses
FECHAM. ATÉ GERAÇÃO (1 ^a	1	mese	OPERAÇÃO (1 ^A UNID.):	32	meses



14. CUSTOS (x 10³ R\$)					
MEIO AMBIENTE:	16.108,50		CUSTO TOTAL S/JDC:		155.646,91
OBRAS CIVIS:	76.945,20		JUROS DURANTE A		24.720,51
EQUIPAMENTOS	34.173,31		CUSTO TOTAL C/JDC:		180.367,42
OUTROS CUSTOS:	9.305,37		CUSTO DE O&M:		1.535/ano
CUSTO DIRETO TOTAL:	136.532,38		DATA DE REFERÊNCIA		Junho/2001
CUSTOS INDIRETOS:	19.114,53		TAXA DE CÂMBIO (R\$/US\$):		2,30
15. ESTUDOS ENERGÉTICOS					
QUEDA BRUTA MÁXIMA:	37,99	m	ENERGIA FIRME:	56,34	MW médios
QUEDA DE REFERÊNCIA:	36,02	m	CUSTO-ÍNDICE:	980,26	US\$/kW
POTÊNCIA DA USINA:	80	MW	CUSTO DA ENERGIA	21,08	US\$/MWh
16. INSTALAÇÕES DE TRANSMISSÃO DE INTERESSE RESTRITO A CENTRAL					
<u>LINHAS DE TRANSMISSÃO</u>			<u>SUBESTAÇÃO</u>		
L.T. Coqueiros-Quirinópolis:			1 Subestação de 138 kV, Barra Principal e		
17. IMPACTOS SÓCIO-AMBIENTAIS					
<u>POPULAÇÃO ATINGIDA (Nº DE</u>			<u>FAMÍLIAS ATINGIDAS</u>		
URBANA:	60		URBANA:		
RURAL:	37		RURAL:		
TOTAL:	97		TOTAL:		
QUANTIDADE DE NÚCLEOS URBANOS ATINGIDOS: -					
INTERFERÊNCIAS COM ÁREAS LEGALMENTE			SIM	X	NÃO
INTERFERÊNCIAS COM ÁREAS INDÍGENAS:			SIM	X	NÃO
RELOCAÇÃO DE ESTRADAS:	Locais			EXTENSÃO: 8,00	
	Não-pavimentadas			EXTENSÃO: 0,57	
	Pavimentadas			EXTENSÃO: 1,17	
RELOCAÇÃO DE PONTES:				EXTENSÃO: 20 m	
EMPREGOS GERADOS DURANTE A CONSTRUÇÃO:				DIRETOS:	
				INDIRETOS:	
18. VOLUMES TOTAIS					
ESCAVAÇÃO COMUM:	159.765	m³	ATERRO COMPACTADO:		m³
ESCAVAÇÃO EM ROCHA A CÉU	332.181	m³	CONCRETO CONVENCIONAL:		m³
ESCAVAÇÃO EM ROCHA	-	m³	CONCRETO COMPACTADO A	-	m³
ENROCAMENTO:	128.534	m³			
19. ASPECTOS CRÍTICOS DO EMPREENDIMENTO:					
20. DESCRIÇÃO SOBRE A EXISTÊNCIA DE OUTROS USOS DOS RECURSOS HÍDRICOS:-					
Captação para abastecimento d'água da cidade de Caçu.					
21. OBSERVAÇÕES:					



USINA		AHE - OLHO D'ÁGUA											
EMPRESA		Soares Barros Engenharia Ltd e CELG - Companhia Energética de Goiás								DATA:		AGO/2001	
ETAPA		RELATÓRIO AMBIENTAL SIMPLIFICADO											
1. LOCALIZAÇÃO													
RIO:	CORRENTE			SUB-BACIA:			PARANAÍBA (60)		BACIA:		PARANÁ (6)		
LAT.:	18° 47' 49"		DIST. DA Foz	MUNIC. M. DIR.:			ITAJÁ		UF.:		GO		
LONG.:	51° 36' 25"		175,00 km	MUNIC. M. ESQ.:			ITARUMÁ		UF.:		GO		
2. DADOS HIDROMETEOROLÓGICOS													
POSTOS FLUVIOMÉTRICOS DE REFERÊNCIA													
COD.:	60940000			NOME:		CAMPO ALEGRE		RIO:	CORRENTE		AD:	2,921 km ²	
COD.:	-			NOME:		-		RIO:	-		AD:	- km ²	
ÁREA DE DRENAGEM DO BARRAM.:				4,773 km ²				VAZÃO FIRME REGULARIZADA:(95%)			43,4 m ³ /s		
PREC. MÉDIA ANUAL (BACIA):				1615 mm				VAZÃO MÁX. REGISTRADA:		12 / 48		132,1 m ³ /s	
PREC. MÉDIA ANUAL (RESERV.):				1615 mm				VAZÃO MIN. REGISTRADA:		10 / 90		23,6 m ³ /s	
EVAP. MÉDIA ANUAL (RESERV.):				1486 mm				VAZÃO REGULARIZADA MIN. MÉDIA MENSAL:			50,8 m ³ /s		
EVAP. MÉDIA MENSAL:				123,8 mm				VAZÃO DE PROJETO:		(TR = 10.000 ANOS)		470 m ³ /s	
VAZÃO REGULARIZADA MLT (PER.): 1931 a 1998				68,1 m ³ /s				VAZÃO DE PROJETO:		(TR = 50 ANOS)		290 m ³ /s	
VAZÕES REGULARIZADAS MÉDIAS MENSAIS (m ³ /s) PERÍODO: 1931 - 1998													
JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ		
85,4	86,9	85,7	77	69,3	63,4	57,6	53,1	50,8	55,4	66,3	80,3		
EVAPORAÇÃO MÉDIA MENSAL (mm)													
JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ		
89	88	92	100	110	126	141	206	189	129	120	96		
3. RESERVATÓRIO													
N.A DE MONTANTE						VOLUMES							
MÍN. NORMAL:			490,0 m			NO N.A. MÁXIMO NORMAL:			480,00 x 10 ⁸ m ²				
MÁX. NORMAL:			490,0 m			ÚTIL:			- x 10 ⁸ m ²				
MÁX. MAXIMORUM:			490,0 m			ABAIXO DA SOLEIRA DE VERT:			283,00 x10 ⁸ m ²				
N.A. DE AJUSTE						OUTRAS INFORMAÇÕES:							
NORMAL:			439,03 m			VIDA ÚTIL DO RESERVATÓRIO:			~ 2,500 anos				
MÍNIMO:			438,33 m			VAZÃO REGULARIZADA (PERC. CRIT.):			40,6 m ³ /s				
MÁX. NORMAL:			440,90 m			COEF. DE REG. (VAZÃO REG / VAZÃO MÉD ANTER.: %							
ÁREAS INUNDADAS						PERÍMETRO DO RESERVATÓRIO:			100,28 km				



NO N.A. MÁX. MAXIMORUM:	34 km ²	PROFUNDIDADE MÉDIA:	~ 14,0 M
NO N.A. MÁX. NORMAL:	34 km ²	PROFUNDIDADE MÁXIMA:	~ 48,0 M
NO N.A. MÍN. NORMAL:	34 km ²	TEMPO DE FORM. DO RESERV:	90 dias
		TEMPO DE RESIDÊNCIA:	90 dias

4. DESVIO

TIPO:	Galeria	ESCAVAÇÃO COMUM (Emboque + Desemboque):	
VAZÃO DE DESVIO (TR: 50 ANOS):		ESC. EM ROCHA A CÉU ABERTO (Emboque+ Desemboque):	
TÚNEIS		ESCAVAÇÃO COMUM (Emboque + Desemboque):	
NÚMERO DE UNIDADES	-	CONCRETO CONVENCIONAL:	18.851 m ³
SEÇÃO	- m ²	ENSECADEIRAS:	169.600 m ³
COMPRIMENTO	- m		

5. BARRAGEM

TIPO DE ESTRUTURA/MATERIAL:	Zoneada em Solo	207.400 m ³
COMP. TOTAL DA CRISTA:	2.200 m	3.134.900 m ³
ALTURA MÁXIMA:	50 m	96.380 m ³
COTA DA CRISTA:	492,00 m	-
ESCAVAÇÃO:	513.600 m ³	3.952.280 m ³

6. DIQUES

TIPO DE ESTRUTURA/MATERIAL:	-	- m ³
COMP. TOTAL DA(S) CRISTA(S):	- m	- m ³
ALTURA(S) MÁXIMA(S):	- m	- m ³
COTA DA(S) CRISTA(S):	- m	- m ³
		- m ³

7. VERTEDOIRO

TIPO:	Equipado com Comportas	
-------	------------------------	--

CAPACIDADE

- VAZÃO MÁXIMA AFLUENTE (DECAMILENAR):		
- VAZÃO MÁXIMA EFLUENTE:	483,5 m	
COTA DA SOLEIRA:	16,60 m	
COMPRIMENTO TOTAL:	2	Bacia de diss.
NÚMERO DE VÃOS:	6,55 m	

LARGURA DO VÃO:

ESCAVAÇÃO COMUM:	114.600 m ³
ESC. EM ROCHA A CÉU ABERTO:	6.800 m ³
ESC. EM ROCHA SUBTERRÂNEA:	- m ³
CONCRETO (CONVENCIONAL):	30.064 m ³

8-SISTEMA ADUTOR

TUNEL DE ADUÇÃO

POÇO DE REBOQUE	- m ²	TOMADA D'GUA	
- SEÇÃO:	- m	TIPO:	Convencional
-COMPRIMENTO MÉDIO (incluindo trecho horizontal inicial):	-	COMPRIMENTO TOTAL:	10,15m



CONDUTO DUPLO:	- m ²	NUMERO DE VÃOS:	2
-SEÇÃO:	- m	ESCAVAÇÃO COMUM:	19.900 m ²
-COMPRIMENTO MÉDIO:	- m ²	ESC. EM ROCHA A CÉU ABERTO:	3.800 m ²
-CONDUTOS SINGELOS (Trecho sem blindagem):	- m ²	ESC. EM ROCHA SUBTERRÂNEA:	- m ²
- SEÇÃO:	- m	CONCRETO:	2.845 m ²
COMPRIMENTO MÉDIO:	- m ²	COMPORTAS:	
ESCAVAÇÃO COMUM	- m ²	TIPO:	Vagão
ESC. EM ROCHA A CÉU ABERTO:	- m ²	ACIONAMENTO:	Ponte rolante
ESC. EM ROCHA SUBTERRÂNEA:	- m ²	LARGURA:	4,50M
CONCRETO CONVECIONAL	- m ²	ALTURA:	4,60M
CONDUTO FORÇADO	- m ²	PONTE ROLANTE	
DIÂMETRO INTERNO:	- m ²	CAPACIDADE:	220/40/KN
NÚMERO DE UNIDADES:			
COMPRIMENTO:	m		
ESCAVAÇÃO COMUM:	- m ²		
ESC. EM ROCHA A CÉU ABERTO:	- m ²		
ESC. EM ROCHA SUBTERRÂNEA:	- m ²		
CONCRETO:	- m ²		
9. CASA DE FORÇA / ÁREA DE MONTAGEM			
TIPO:	Abrigada	ESCAVAÇÃO COMUM:	61.200 m ³
Nº DE UNIDADES GERADORAS:	2	ESC. EM ROCHA A CÉU ABERTO:	8000 m ³
LARG. DOS BLOCOS DAS UNIDADES:	10,00 m	ESC. EM ROCHA SUBTERRÂNEA:	- m ³
LARG. DA ÁREA DE MONTAGEM:	15,00 m	CONCRETO:	4.990 m ³
COMPRIMENTO TOTAL:	40,00 m		
10. TURBINAS			
TIPO: Francis-Eixo Vertical		VAZÃO UNITÁRIA NOMINAL:	40,00 m ³ /s
Nº DE UNIDADES:	2	RENDIMENTO MÁXIMO:	95%
POTÊNCIA UNIT. NOMINAL:	16,85 MW	PESO TOTAL POR UNIDADE:	720 kN
ROTAÇÃO SÍNCRONA:	300 rpm		
QUEDA LÍQUIDA DE PROJETO:	49,47 m		
11. GERADORES			
POTÊNCIA UNIT. NOMINAL:	19 MVA	RENDIMENTO MÁXIMO:	98,50%
ROTAÇÃO SÍNCRONA:	300 rpm	FATOR DE POTÊNCIA:	0,9
TENSÃO NOMINAL:	13,8 KV	PESO TOTAL POR UNIDADE:	54 t
12. OBRAS ESPECIAIS			
TIPO:		ESC. EM ROCHA SUBTERRÂNEA):	- m ³



ESCAVAÇÃO COMUM:	- m ³	CONCRETO (CONVENCIONAL/CCR):	- m ³
ESC. EM ROCHA A CÉU ABERTO:	- m ³	ATERRO COMPACTADO:	- m ³
13. CRONOGRAMA - PRINCIPAIS FASES			
INÍCIO DAS OBRAS ATÉ O DESVIO:	14 Meses	TOTAL:	33 Meses
DESVIO ATÉ FECHAMENTO:	16 Meses	MONTAGEM ELETROMECAÂNICA (1ª UNID.):	
FECHAMENTO ATÉ GERAÇÃO (1ª UNID.):			
14. CUSTOS (x 10³ R\$)			
MEIO AMBIENTE:	10.682,66	CUSTO TOTAL S/JDC:	87.885,11
OBRAS CIVIS:	53.532,66	JUROS DURANTE A CONSTRUÇÃO:	14.149,50
EQUIPAMENTOS ELETROMECAÂNICOS:	16.562,82	CUSTO TOTAL C/JDC:	102.034,61
OUTROS CUSTOS:	1.527,91	CUSTO DE OPERAÇÃO + MANUTENÇÃO:	
CUSTO DIRETO TOTAL:	93.861,82	DATA DE REFERÊNCIA (MÊS/ANO):	Jun/2001
CUSTOS INDIRETOS:	11.555,77	TAXA DE CÂMBIO (R\$/US\$):	2,38
15. ESTUDOS ENERGÉTICOS			
QUEDA BRUTA MÁXIMA:	55,25 M	ENERGIA FIRME:	26,15 MW médios
QUEDA LÍQUIDA DE REFERÊNCIA:		CUSTO ÍNDICE:	1.302 US\$/Kw
POTÊNCIA DA USINA:	33,0 MW	CUSTO DA ENERGIA GERADA:	24,71 US\$/MWh
16. VOLUMES TOTAIS			
ESCAVAÇÃO COMUM:	1.029.473 m ³	ATERRO COMPACTADO (BARRAGEM):	
ESCAVAÇÃO EM ROCHA A CÉU ABERTO:			
ESCAVAÇÃO EM ROCHA SUBTERRÂNEA:			
ENROCAMENTO (BARRAGEM):	207400 m ³		



Apêndice 2

Sistema de Informações Geográficas

Este documento foi desenvolvido para apoiar o compartilhamento de informações referentes à padronização e processamento dos dados utilizados no Projeto Análise da Viabilidade Técnica e Ambiental de AHEs no Sudoeste de Goiás.

Para a execução deste estudo foram utilizados dados disponibilizados por diversas fontes e em diversos padrões e formatos. Desta forma, foram consultados dados em arquivos dxf, dwg, shp e cdr, os quais, quando de interesse maior, foram padronizados em um Banco de Dados Geográficos com projeção cartográfica compatível com os resultados esperados.

ÁREA DE ESTUDO

O trabalho iniciou com a localização dos empreendimentos conforme é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Posição do barramento segundo os Memoriais Descritivos em coordenadas geográficas e metros conforme o Sistema UTM – Córrego Alegre.

Número	Nome da AHE	Longitude	Latitude	X (metros)	Y (metros)
1	Olho d'Água	51°:36'24" S	18°47'48" S	436088.524	7921718.481
2	Salto	51°10'54" S	18°48'05" S	480904.686	7921326.060
3	Salto do Rio Verdinho	50°45'57" S	19°08'40" S	524643.559	7883332.682
4	Caçú	51°09'00" S	18°31'45" S	484216.400	7951416.506
5	Barra dos Coqueiros	51°00'11" S	18°43'23" S	499725.694	7929971.831
6	Itumirim	52°18'28" S	18°30'04" S	361968.544	7954047.408
7	Couto Magalhães	53°04'06" S	17°02'28" S	279872.854	8114897.730

Levantamento dos Dados

Imagem Orbital

A partir da localização dos empreendimentos, buscou-se identificar quais seriam as cenas do satélite LANDSAT necessárias para a se extrair as informações de uso e ocupação do solo. Conforme pode ser visto nas figuras 1e 2, foram utilizadas 5 Imagens Orbitais oriundas do Satélite LANDSAT 7, cujas características estão apresentadas na Tabela 2.

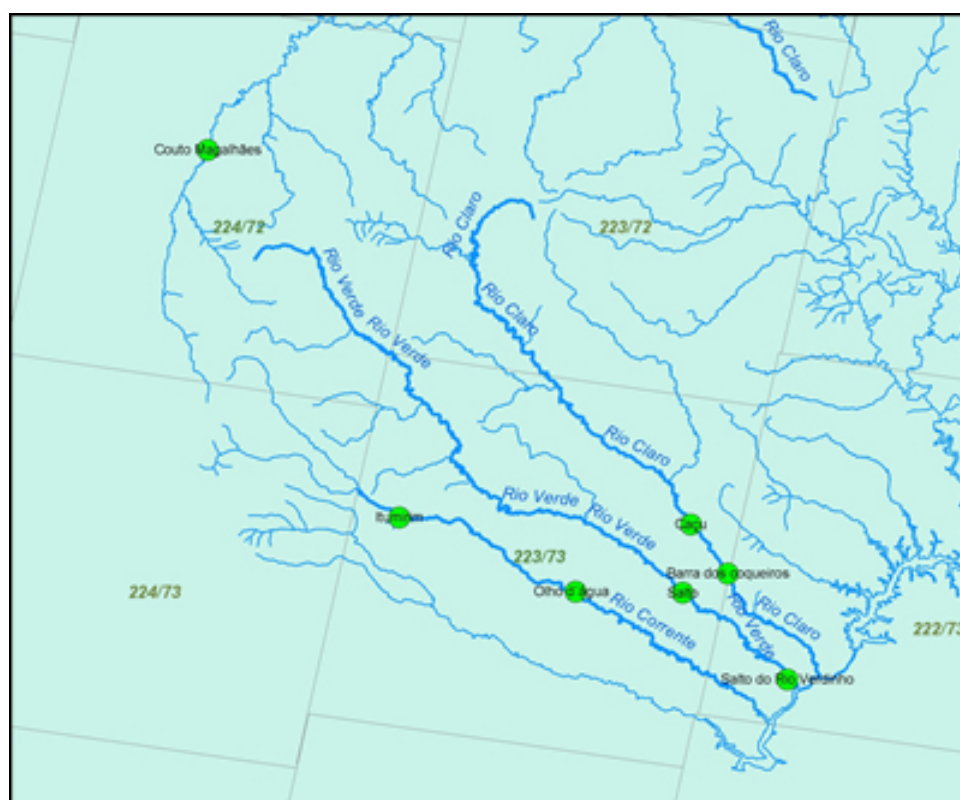


Figura1-Representação das áreas de cada cena e a localização dos barramentos

Tabela 2 - Detalhes das Imagens Orbitais utilizadas no projeto.

Órbita	Ponto	Data de Imageamento	Origem
222	73	09/04/2002	OREADES - Núcleo de Geoprocessamento
223	72	03/06/2002	OREADES - Núcleo de Geoprocessamento
223	73	03/06/2002	OREADES - Núcleo de Geoprocessamento
224	72	26/06/2002	OREADES - Núcleo de Geoprocessamento
224	73	26/06/2002	OREADES - Núcleo de Geoprocessamento

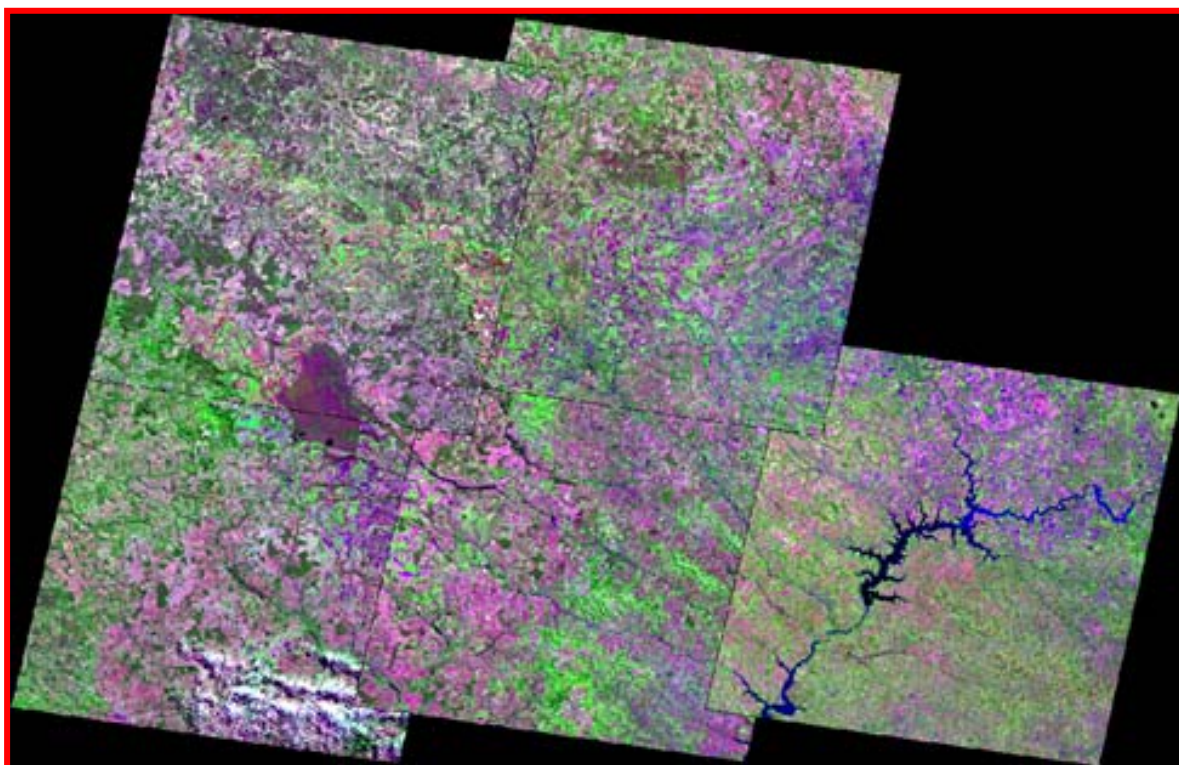


Figura 2 - Distribuição das cenas utilizadas

Cartas Topográficas

Foram adquiridas 7 cartas topográficas editadas pelo IBGE em Escala 1:100.000, cujo detalhes podem ser vistos na Tabela 3 e sua distribuição espacial na Figura 3. As cartas foram "scaneadas", georreferenciadas e armazenadas em formato "IMG". Posteriormente foram retiradas as informações de interesse pelo processo de vetorização.

Tabela 3 - Detalhes das Cartas Topográficas de 1:100.000

Nome da Carta	MIR	Folha
RIBEIRÃO DA PEDRA	2406	SE22YBI
FÓZ DO RIO DOCE	2408	SE22YBIII
INDAIÁ DO SUL	2443	SE22YBIV
APORÉ	2444	SE22YBV
CACÚ	2445	SE22YBVI
CACHOEIRA ALTA	2446	SE22ZAIV
SÃO DOMINGOS	2483	SE22ZCI

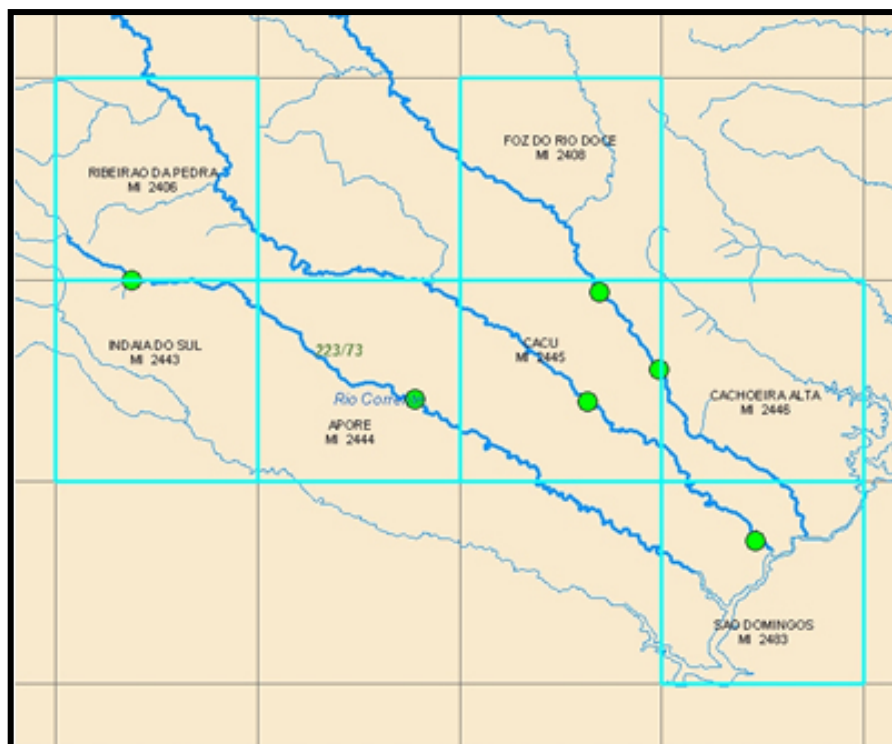


Figura 3 - Distribuição espacial das cartas topográficas adquiridas para o projeto.

Também foram disponibilizadas os dados vetoriais das 8 cartas topográficas editadas pelo IBGE em Escala 1:250.000, montadas em um mosaico. Os detalhes destas cartas podem ser vistos na Tabela 5 e a distribuição espacial na Figura 4.

Tabela 5 - Detalhes das cartas topográficas de escala 1:250.000.

Nome da Carta	MIR	Folha
GUIRATINGA	406	SE22VA
MINEIROS	420	SE22VC
JATAÍ	421	SE22VD
PARQUE NACIONAL DAS EMAS	433	SE22YA
CAÇÚ	434	SE22YB
PARNAÍBA	447	SE22YD
QUIRINÓPOLIS	435	SE22ZA
ITURAMA	448	SE22ZC

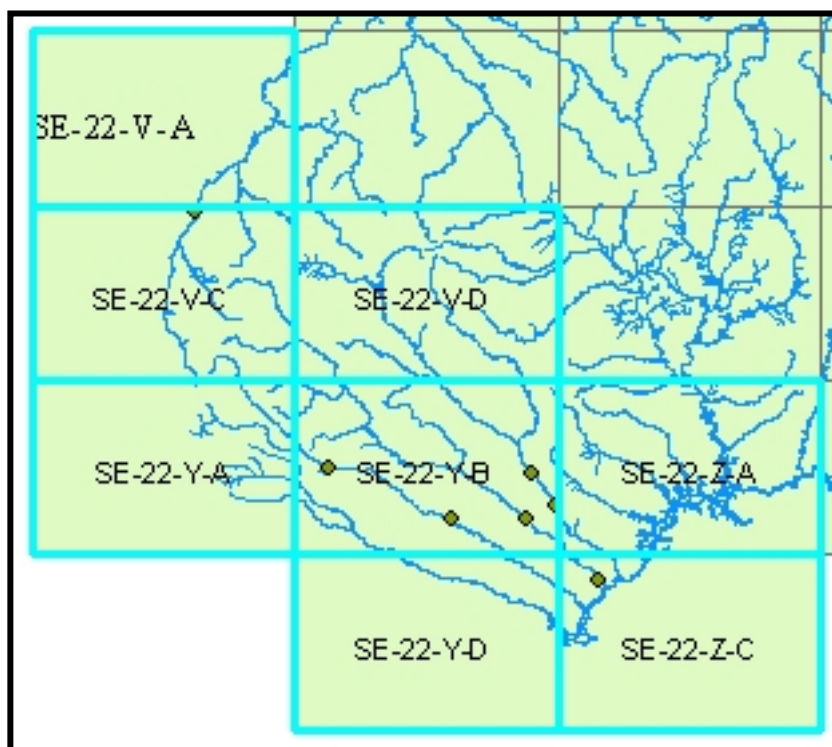


Figura 4 - Distribuição espacial das cartas topográficas de escala 1:250.000.

Dados Vetoriais

A Tabela 6 mostra a lista de todos os dados que foram extraídos, e que estão disponíveis em formato "shape file", das cartas topográficas editadas pelo IBGE de escala 1:250.000.

Tabela 6 - Temas vetorizados de cada uma as cartas topográficas de escala 1:250.000.

Tema	se22va	se22vc	se22vd	se22ya	se22yb	se22yd	se22za	se22zc
Aeroporto	x	x	x		x		x	x
Altimetria	x	x	x	x	x	x	x	x
Barragem								x
Drenagem	x	x	x	x	x	x	x	x
Limite Municipal	x	x	x	x	x	x	x	x
Malha Viária	x	x	x	x	x	x	x	x
Massa D'água	x	x	x	x	x	x	x	x
Município	x	x	x	x	x	x	x	x
Parques		x		x				
Perímetro Urbano	x	x	x	x	x	x	x	x
Ponto Cotado	x	x	x	x	x	x	x	x
Sede	x	x	x	X	x	x	x	x
Serra	x	x	x	X	x	x	x	x

PROCESSAMENTO DOS DADOS:

Geração do Banco de Dados Georreferenciado Corporativo Utilizando ARCSDE

A criação de um banco de dados georreferenciado corporativos visa aproveitar os recursos do Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD), para controlar o acesso, versão, manipulação e backup. Esta é, portanto uma atividade que pode ser utilizada para reduzir a replicação de dados em vários computadores, que contribui para o aumento do retrabalho, bem como com a facilidade de uso do



dado errado ou desatualizado. Atualmente existem no mercado diversos SGBDs são capazes de armazenar além de dados alfa-numéricos as representações cartográficas (feições) dos dados espaciais. No entanto foi utilizado uma outra tecnologia (ARCSDE) que permite a conexão entre o ArcGIS Desktop das estações e os dados geográficos em um servidor sem a necessidade de SGBD possuir cartucho espacial.

Com ArcSDE há um ganho em flexibilidade e desempenho do trabalho, devido aos métodos de armazenamento que fornecem uma representação rápida e compacta para dados espaciais.

Procedimento:

1) Agrupamento de dados do mesmo tema - Inicialmente os dados que foram recebidos da Secretaria de Desenvolvimento do Estado de Goiás, foram organizados e agrupados por escala e tema em pastas em um diretório de trabalho, utilizando para isto o software ArcCatalog. Por exemplo, os dados referentes a altimetria, foram todos colocados na pasta ALTIMETRIA.

2) Confirmação de atributos e referência espacial - Para cada um dos arquivos de dados que foram processados, verificou-se e anotou-se todos os atributos e a referência espacial encontrados, para que fosse possível a padronização. Por exemplo, dentro da pasta ALTIMETRIA, foram verificados os seguintes atributos e referência:

- Atributos: FID, SHAPE, COTA;
- Referência Espacial: GCS_Assumed_Geographic1, Horiz. Datum Name: North American Datum of 1927.

3) Criação das “feature data set” e “feature data class” - Para organizar os dados no Geodatabase devem ser criados uma “feature data set” que pode ser entendido como sendo uma pasta que ira conter todos os dados do mesmo tipo “feature data class” para isto foi seguido o seguinte procedimento:

- Dentro do ArcCatalog , clicar com o botão direito do mouse no banco de dados “sde.SDE_Uhe_250”, selecionando a sequência “new” ? “feature class”;
- Selecionar a “feature class”, e fazer a nomeação da “feature”, observando para não usar acento, nem letra maiúscula;
- Depois da nomeação, e ainda dentro da “feature class”, seguir o procedimento que aparece na tela, clicando em “next”, até que for solicitado a importação de



um arquivo (dado base, retirado da pasta dos dados mencionada no passo 1). Neste momento devem ser configurados os campos “SHAPE” e “Grid 1”, segundo o “geometry type” do arquivo que será importado para assegurar a compatibilização dos dados.

4) Importação dos arquivos “shp” para o geodatabase - Na “feature class” criada, deve-se clicar com o botão direito do mouse e selecionar “load data”, e “Simple Data Loader”. Deve ser utilizando o “input data” para importar os dados, utilizando o “Open GeoDatabase”, adicionando um a um todos os arquivos do diretório de trabalho, bem como verificando a compatibilização dos atributos. Este procedimento deve ser repetido para todas as pastas e temas que foram previamente selecionados no passo 1;

5) Criação de um Metadado com imagem - Utilizando o ArcCatalog, temos a opção de visualizar os Metadados de cada “feature class” os quais devem ser editados utilizando o esquema FGDC ESRI. Para criar um ícone de cada dado, o usuário deve utilizar a opção “Preview” e então clicar no botão “Create Thubnaill”, que automaticamente será adicionado uma figura no arquivo de metadados.

Geração da classificação de uso do solo

Para o desenvolvimento das atividades de processamento de imagens orbitais multiespectrais foi utilizado o software ERDAS (versão 8.5) e imagens do satélite LANDSAT 7, conforme descritas anteriormente.

Visando manter um padrão de organização dos resultados alcançados em cada fase do processamento, convencionou-se criar um diretório com nome igual ao da órbita/ponto da imagem que está sendo processada para armazenar todos os resultados do processamento.

Posteriormente foram seguidos os seguintes passos:

1. Verificação e padronização do sistema de projeção – Todas as imagens foram reprojetaadas para o sistema UTM – Córrego Alegre;
2. Verificar a precisão da correção geométrica das imagens – Foi necessário conferir e em alguns casos ajustar a referencia espacial das imagens para que o georeferenciamento estivesse de acordo com as feições observadas na carta topográfica de escala 1:100.000;
3. Gerar o NDVI – Este é um procedimento matemático que uma imagem cuja interpretação representa áreas de diferentes intensidades de vegetação. Para



a execução deste procedimento utilizou-se um modelo pronto do próprio software;

4. Criar uma nova imagem composta pelas 6 bandas TM e a nova imagem NDVI;
5. Gerar os três principais componentes do resultado da fusão anterior;
6. Classificar os três principais componentes com 15 classes usando o método "Unsupervised Classification"; e
7. Re-amostrar a imagem reduzindo para 8 classes, por inspeção visual, conforme a Figura que mostra a tabela de cores RGB utilizada para representar cada uma das Classes de Uso do Solo.

Class Names	Color	Red	Green	Blue
Unclassified		0	0	0
agua		0	0	1
Floresta		0	0.4	0
veg area alagada		0	0.498039	0
plantacao		0.498039	1	0
veg media cerrado		0.298039	0.698039	0.298039
campo/pastagem		0.717647	0.929412	0.698039
solo exp plantacao		1	0.752941	0.796078
solo exp		0.933333	0.509804	0.933333

Figura 5 - Definição de classes e cores de uso do solo de interesse para o projeto.

Depois deste processamento a imagem classificada deve ser devidamente gravada e todos os demais resultados foram apagados do computador.

Recorte da área a ser alagada

Para cada uma das AHEs foi necessário calcular a área em hectares que pode vir a ser inundada caso o empreendimento seja aprovado e instalado. Para isto foram utilizados os limites das áreas inundadas projetadas fornecidos pelas próprias concessionárias.

Com a sobreposição destes polígonos sobre as imagens de classes de uso do solo foi possível ser efetuado um processamento de álgebra de mapas recortando apenas as áreas de interesse.



De posse deste resultado o próprio software ERDAS permite que seja calculada a quantidade de área de cada uma das classes, cujo produto final foi apresentado anteriormente.

Como problemas e dificuldades encontradas neste procedimento valem ser citados: erro de definição dos limites, diversidade de formatos e projeções e não disponibilidade de dados.

Para solucionar os casos de erro de definição de limite, que são situações onde o limite da área alagada não contemplava parte do rio.

Ou seja, ao se observar a imagem orbital e o limite era possível se notar parte de um meandro para fora do polígono. Nestes casos os limites foram ajustados minimamente para cobrirem os meandros.

Quanto a diversidade de formatos, isto refere-se a dados em DXF, DWG e SHP que precisaram ser devidamente poligonalizados e projetados no sistema de coordenadas correto.

As AHEs Itumirim e Couto Magalhães não possuem limites de área alagada disponíveis. Assim para se solucionar a falta desta informação optou-se pela geração de um Modelo Digital do Terreno usando os pontos e linhas cotados na carta topográfica.

Com o modelo pronto foi realizado um processamento para geração de uma área cujo limite máximo em altitude fosse igual ao da área de nível operacional da barragem. E posterior a isto efetuou-se o procedimento de cálculo de área como descrito.

No entanto não foi possível a realização deste procedimento para a AHE de Couto Magalhães pela ausência de dados de altimetria com resolução suficiente.

Os resultados numéricos (área em hectares) da classificação do uso dos solos pode ser visualizado na Tabela 6

Tabela 6 - Valores de área, em hectares, por classe de uso do solo em cada um dos empreendimentos.

Tema	Barra do Coqueiro	Itumirim	Olho D'água	Caçú	Foz do Rio Verdinho	Salto
Água	405,36		241,1	207,54	586,35	529,38
Campo/Pastagem	667,08	466,11	905,85	418,68	604,71	959,22
Floresta	955,35	365,22	922,05	299,43	749,79	1255,14
Plantação	97,09	24,57	177,3	41,31	121,05	124,83
Solo exposto	383,04	534,69	537,75	148,23	87,48	502,02
Solo exposto plantação	650,25	153,9	111,24	192,24	245,79	1560,15
Vegetação Média / Cerrado	1147,05		259,47	562,5	495,09	1652,58
Área Úmida		2610,9				
Rio/ Varzea		1343,61				
Vegetação Área Alagada		421,47			1041,39	
Vegetação de médio porte			406,44			
Área total em hectares	4305,22	5920,47	3561,2	1869,93	3931,65	6583,32

De forma geral, o valor em área de todas as áreas de alagamento ou lagos previstos das AHEs medidos neste trabalho não foram iguais aos valores apresentados nos relatórios de análise técnica dos projetos.

Esta diferença está associada com a ausência de dados de alta qualidade e confiabilidade, uma vez que foram utilizados dados extraídos das cartas topográficas do IBGE de escala 1:100.000 que comprometem a exatidão dos valores finais. Em alguns casos, os limites dos reservatórios foram restituídos a partir de arquivos DXF ou CDR, ou seja, arquivos vetoriais sem a devida preocupação com a referência espacial.

Sugere-se que estudos desta natureza (viabilidade de empreendimentos hidrelétricos) adotem um formato que seja capaz de armazenar a topologia e referência espacial dos dados bem como a utilização de metadados para facilitar na interpretação e reutilização dos mesmos.



Apêndice 3

Anexos Análise Emergética

Variáveis utilizadas:

I	Recursos Naturais		
R	Recursos Naturais Renováveis		Dado Bruto
R1	Radiação Solar	cal/cm ² -dia	224,66
R2	Chuva, energia potencial química	m ³ /m ² -a	1,62
R3	Energia Potencial Química (Qmax-Qmin)	m ³ /s	35,2
R4	Energia Geopotencial do rio (queda)	m	98
R5a	Produtos Agrícolas (milho)	t/ha-a	3,96
R5b	Produtos Agrícolas (arroz)	t/ha-a	1,5
R5c	Produtos Agrícolas (pastagem)	t/ha-a	3
R6a	Produtos Florestais (biomassa floresta)	t/há	90
R6b	Produtos Florestais (biomassa cerrado)	t/há	24,2
R7	Serviços Florestais (água)	m ³ /ha-a	0,64
R8	Sedimentos	t/a	5,36E+05
N	Recursos Naturais Não Renováveis		
N1a	Perda de Solo Vegetação Nativa	kg/ha-a	234,8
N1b	Perda de Solo Agricultura	kg/ha-a	10000
N2a	Perda Área Agriculturável (milho)	t/ha-a	3,96
N2b	Perda Área Agriculturável (arroz)	t/ha-a	1,5
N2c	Perda Área Agriculturável (soja)	t/ha-a	2,24
N3a	Perda de Biodiversidade floresta	kcal/m ² -a	36160

N3b	Perda de Biodiversidade cerrado	kcal/m ² -a	13440
N4	Escavação em Rocha	m ³	
N5	Escavação comum	m ³	
N6	Ensecadeira (solo e rocha)	m ³	
N7	Barragem	m ³	

Variáveis utilizadas (cont.):

F	Recursos Econômicos	
M	Materiais (Recursos da Economia)	
M1	Concreto	m ³
M2	CCR sem cimento	m ³
M3	Armadura	t
M4	Comporta vagão	t/unid
M5	Comportas ensecadeira	t/unid
M6	Comporta Ensecadeira (Stoplog)	t/unid
M7	Comporta Ensecadeira de jusante	t/unid
M8	Comporta Segmento	t/unid
M9	Comporta Ensecadeira	t/unid
M10	Guindaste	t/unid
M11	Grades e Limpa-grades	t/unid
M12	Turbinas + Reguladores	t/unid
M13	Geradores	t/unid

M14	Ponte Rolante	t/unid
M15	Comporta vagão	t/unid
M16	Comporta ensecadeira	t/unid
S	Serviços (Recursos da Economia)	
S1	Mão de obra (Simples)	peessoas/ano
S2	Mão de obra (Qualificada)	peessoas/ano
S3	Trabalho Administrativo	peessoas/ano
Y	Produto	
P	Dados de Produção	
P1	Eletricidade (energia firme)	Kwh/ano

Dados transformados:

	Clima													
R1	Radiação solar													
	Indicadores Médios da Disponibilidade Energética na Atmosfera Regional													
R2	Potencial Químico da Chuva													
	(área, ha)(média precipitação anual, m)(%reten)(energia livre de Gibbs, J/g)													
	1 ha*[(1000 m ² /há)*(1,57 m/ano)*(0,795)(4,94J/g)*(1E06 g/m ³)]													
R3	Energia Potencial Químico do rio - variação do regime hídrico													
	(Diferença entre vazão média máxima e mínima do rio, m ³ /ano)(densidade, g/m ³)(energia livre de Gibbs, J/g)													

	a (E. Odum)																			
N4	Extração de Rocha																			
	Volume de rocha necessária à construção da barragem, t																			
	escavação + barragem																			
N5	Extração de Solo																			
	Volume de solo necessário a construção barragem, m ³																			
	escavação + barragem																			
S1	Mão de obra (Simples)																			
	(número de dias por ano)* 3500 kcal/dia*(4,18E03J/kcal)																			
S2	Mão de obra (Qualificada)																			
	(número de dias por ano)* 2800 kcal/dia*(4,18E03J/kcal)																			
S3	Trabalho Administrativo																			
	(número de dias por ano)* 3250 kcal/dia*(4,18E03J/kcal)																			