

Trabalho Final de Mestrado em Engenharia Ambiental
Modalidade: Dissertação

IMPACTOS DO DESENVOLVIMENTO DO POTENCIAL HIDROELÉTRICO SOBRE OS ECOSISTEMAS AQUÁTICOS DO RIO TOCANTINS

Autor: Jonatas José Luiz Soares da Silva
Orientadora: Marcia Marques Gomes
Co-orientador: Jorge Machado Damásio

Centro de Tecnologia e Ciências
Faculdade de Engenharia
Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente

Março de 2007

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

IMPACTOS DO DESENVOLVIMENTO DO POTENCIAL HIDROELÉTRICO SOBRE OS ECOSISTEMAS AQUÁTICOS DO RIO TOCANTINS

Jonatas José Luiz Soares da Silva

Dissertação submetida ao corpo docente da Faculdade de Engenharia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Orientador: Profa. Dra Márcia Marques Gomes
Co-orientador: Prof Dr Jorge Machado Damásio

Programa de Mestrado em Engenharia Ambiental



Rio de Janeiro
Março de 2007

SILVA, JONATAS JOSÉ LUÍZ SOARES DA
Impactos do desenvolvimento do potencial
hidroelétrico sobre os ecossistemas aquáticos do
Rio Tocantins.

xxii, 128p. 29,7 cm (FEN/UERJ, M.Sc., Pós-
graduação em Engenharia Ambiental – Gestão de
Recursos Hídricos, 2006)

Dissertação - Universidade do Estado do Rio
de Janeiro - UERJ

1. Impacto Ambiental
 2. Indicadores
 3. Usinas Hidroelétricas
 4. Dissertação
- I. FEN/UERJ II. Título (série)

FOLHA DE JULGAMENTO

IMPACTOS DO DESENVOLVIMENTO DO POTENCIAL HIDROELÉTRICO SOBRE OS ECOSISTEMAS AQUÁTICOS DO RIO TOCANTINS

Candidato: Jonatas José Luíz Soares da Silva

Programa: Pós-graduação em Engenharia Ambiental

Data de defesa: 20 de março de 2007

Aprovada por:

Orientador: Marcia Marques Gomes, Ph.D., UERJ

Co-orientador: Jorge Machado Damázio, Dr, UERJ/CEPEL

Luciene Pimentel da Silva, Ph.D., UERJ

Fernanda Serra Costa, Dra, UERJ/CEPEL

Rosa Maria Formiga Johnsson, Dra, UERJ

PENSAMENTO

*“A Vida verdadeira é como a água:
Em silêncio se adapta, ao nível inferior,
Que os homens desprezam.
Não se opõem a nada,
Serve a tudo. Não exige nada,
Porque sua origem é da Fonte Imortal.
O homem realizado não tem desejos de dentro,
Nem tem exigência de fora.
Ele é prestativo em se dar
E sincero em falar,
Suave no conduzir,
Poderoso no agir.
Age com sinceridade.
Por isso é incontaminável.”*

Lao Tsé In: Tao Te King

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Olorum, o Grande Arquiteto e Mestre do Universo e a Ogum, minha gênese mítica. Aquele que me fortalece nos momentos de tristeza e solidão e também me embala nas horas de alegria.

Agradeço aos meus pais: Luiz Carlos e Tânia (*in memória*), minha gênese biológica, que me permitiram ser hoje quem eu sou. Muito obrigado, por tudo.

Agradeço, especialmente, à minha irmã Vanessa. Sua presença na minha vida é fundamental, o elo que nos une nunca se perderá.

Agradeço ao meu pai José Flávio Pessoa de Barros por sempre acreditar em mim e me incentivar. Seus conselhos são luzes, que se acendem nos caminhos da minha vida e me guiam para estradas mais seguras. Muito obrigado.

Agradeço ao amigo Jorge pela força em todos os momentos difíceis.

Agradeço ao meu amigo Valdir, pela ajuda e amizade sincera. Muito obrigado pela ajuda constante e pela força que você sempre me deu.

Agradeço à minha orientadora Marcia. Obrigado pela orientação em mais um trabalho juntos. Saiba que você fez toda a diferença na elaboração, andamento e finalização dessa Dissertação.

Agradeço ao meu co-orientador Damázio. Obrigado pela paciência e boa vontade que você sempre apresentou.

Agradeço ao Prof. Doutor Leonardo Alves Carneiro. Tudo que aprendi com você foi fundamental para a execução deste trabalho.

Agradeço a todos os meus amigos do CEPEL: Alexandre, que foi muito importante na fase final desse trabalho; Paulo César pela atenção e disponibilidade constante; Denise, nossa mãe do ano; Kátia, a mascote do grupo; Fabio, o grande contador de causos.

Agradeço aos amigos do DEA e de outros departamentos: Elvira, Fernanda, Ívila, Elaine, Natasha, Luciana, Juan e Fabíola. As pessoas que nos cercam são um fator fundamental para o nosso sucesso, vocês fizeram toda a diferença.

Agradeço à minha amiga e companheira de mestrado Alinne Ramos, obrigado por sua amizade e cumplicidade.

Agradeço especialmente ao Centro de Pesquisa de Energia Elétrica pelo apoio técnico-financeiro sem o qual este trabalho não teria sido executado. O fomento à atividade de pesquisa científica e tecnológica é muito importante para o país.

RESUMO

Resumo da Dissertação apresentada à FEN/UERJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Ambiental (M.Sc.)

IMPACTOS DO DESENVOLVIMENTO DO POTENCIAL HIDROELÉTRICO SOBRE OS ECOSISTEMAS AQUÁTICOS DO RIO TOCANTINS

Jonatas José Luiz Soares da Silva

Março de 2007

A priorização da implantação de usinas hidrelétricas no Brasil deve-se, primordialmente, ao vasto potencial hidrelétrico existente no país e à competitividade econômica que esta fonte apresenta. Para atender à crescente demanda, foram implantados ao longo dos anos, diversos empreendimentos hidrelétricos por todo o país. Apesar do inequívoco sucesso quanto ao objetivo central de tais empreendimentos - fornecer energia para o desenvolvimento econômico – tais empreendimentos causam impactos com diferentes níveis de severidade aos sistemas físico-biótico, sócio-econômico e cultural das regiões em que as instalações são realizadas. O presente trabalho objetivou identificar problemas e impactos ambientais nos ecossistemas aquáticos do Rio Tocantins relacionados com o desenvolvimento do seu potencial hidrelétrico, de forma a contribuir com a compatibilização de geração de energia e conservação da biodiversidade e manutenção dos fluxos gênicos. O cenário considerado contemplou os empreendimentos em operação e aqueles em instalação, com estudos de viabilidade aprovados e licenças prévias obtidas. A metodologia de Análise de Cadeia Causal (ACC) foi utilizada para que a partir da identificação dos problemas e impactos ambientais prioritários, a relação dos mesmos com diferentes causas imediatas, setoriais e raízes pudesse ser estabelecida. A hierarquização dos impactos foi feita através de matriz de caracterização, tendo as comunidades íctias como principais indicadores. Os impactos considerados como mais relevantes foram: (i) queda na qualidade dos recursos hídricos, (ii) perda e alteração de habitats, (iii) mudanças na estabilidade dos ecossistemas, (iv) redução de recursos pesqueiros, (v) interferência com as comunidades de bentos e de microorganismos, (vi) alteração nas cadeias alimentares e (vii) interferência na dispersão de comunidades íctias e de mamíferos. O conhecimento sobre a biodiversidade existente e a identificação dos principais impactos existentes e em potencial nos ecossistemas aquáticos do Rio Tocantins, representam um passo importante para o desenvolvimento de opções políticas eficazes com vistas à minimização da degradação ambiental decorrente do setor hidrelétrico.

Palavras-chave: *impacto ambiental, hidrelétricas, ecossistemas aquáticos, análise da cadeia causal*

ABSTRACT

Abstract of Dissertation presented to FEN/UERJ as a partial fulfillment of the requirements for the Degree of Master of Science in Environmental Engineering (M.Sc.)

IMPACTS ON TOCANTINS RIVER AQUATIC ECOSYSTEMS RESULTING FROM THE DEVELOPMENT OF THE HYDROPOWER POTENTIAL

Jonatas José Luiz Soares da Silva

March 2007

The priority given to the construction of hydropower plants in Brazil is mostly due to the large hydroelectric potential available in the country and the economic advantages that this energy source presents. In order to meet the increasing demand, during the years many plants have been constructed all over the country. Regardless the obvious success concerning the main objective of such facilities – to supply energy for economic development – these plants have caused environmental and social impacts with different levels of severity to the aquatic ecosystems and the human communities living in the region. The objective of this work was to identify environmental problems and impacts to the aquatic ecosystems in Tocantins River related to the development of its hydropower potential in order to contribute to the target of making compatible energy generation and biodiversity protection. The scenario considered included those powerplant in operation and those to be constructed, with feasibility studies and environmental licenses already approved. The Causal Chain Analysis methodology was used, in order to starting with the main environmental problems, to be able to identify the environmental impacts and their immediate, sectoral and root causes. The impacts were ranked according to the characterization matrix, having the fish communities as the main indicators. The impacts considered the most relevant were: (i) degradation of water resources, (ii) loss and changes in habitats, (iii) changes in the ecosystems stability, (iv) reduction of fish stocks, (v) interference with benthic communities and microorganisms populations, (vi) changes in the food-chain and (vii) interference with the dispersion of fishes and mammals. The knowledge about the existing biodiversity and the identification of the main existing and potential impacts on the aquatic ecosystems of Tocantins River represents an important step for development of effective policy options to minimize the environmental degradation associated to the electric sector.

Keywords: *environmental impacts, hydroelectric power plant, aquatic ecosystems, causal chain analysis*

LISTA DE ABREVIATURAS

| | |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| AHE | Aproveitamento Hidrelétrico |
| ANA | Agência Nacional de Águas |
| APA | Área de Proteção Ambiental |
| ANEEL | Agência Nacional de Energia Elétrica |
| AHITAR | Administração das Hidrovias do Tocantins-Araguaia |
| CEBRAC | Fundação Centro Brasileiro de Referência e Apoio Cultural |
| CEPEL | Centro de Pesquisa de Energia Elétrica |
| CERH | Conselho Estadual de Recursos Hídricos |
| CETESB | Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental |
| CI | Conservation International |
| CMB | Comissão Mundial de Barragens |
| COEMA | Conselho Estadual de Meio Ambiente |
| CONAMA | Conselho Nacional de Meio Ambiente |
| EIA | Estudo de Impacto Ambiental |
| ELETOBRÁS | Centrais Elétricas Brasileiras S.A. |
| EMATER | Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural |
| EMBRAPA | Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária |
| EMBRATUR | Instituto Brasileiro de Turismo |
| FEMA | Fundação Estadual do Meio Ambiente |
| FURNAS | Furnas Centrais Elétricas S.A. |
| IBAMA | Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis |
| IBASE | Instituto Brasileiro de Análises Sociais e Econômicas |
| IDH | Índice de Desenvolvimento Humano |
| IIEB | Instituto Internacional de Educação do Brasil |
| IPA | Índice de Pressão Antrópica |
| MAB | Movimento dos Atingidos por Barragens |
| MMA | Ministério do Meio Ambiente |
| MME | Ministério de Minas e Energia |
| MONAPE | Movimento Nacional da Pesca |
| NATURATINS | Instituto Natureza do Tocantins |

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. Componentes da Análise da Cadeia Causal | 32 |
| Figura 2. Limites da região hidrográfica Tocantins-Araguaia, estados componentes e principais cidades | 38 |
| Figura 3. Principais rios que cortam a Região Hidrográfica Tocantins-Araguaia | 40 |
| Figura 4. Região hidrográfica Tocantins Araguaia | 41 |
| Figura 5. Distribuição Percentual das Demandas de água por Tipo de Atividade na Bacia Hidrográfica do Rio Tocantins | 51 |
| Figura 6. Configuração Topológica dos Principais Aproveitamentos Hidrelétricos dos Rios Tocantins e Araguaia | 52 |
| Figura 7. Número de espécies capturadas em cada ordem | 62 |
| Figura 8. freqüência de indivíduos por estágio de maturação gonadal na cheia e na seca. | 72 |
| Quadro 1. Impactos do ciclo de vida de hidrelétricas em ecossistemas aquáticos | 14 |
| Quadro 2. Características dos Impactos Ambientais | 19 |
| Quadro 3. Elementos da Cadeia Causal | 36 |
| Quadro 4- Análise da Cadeia Causal de Impactos nos Ecossistemas Aquáticos decorrentes da implantação de Aproveitamentos Hidrelétricos no Tocantins | 94 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1. Capacidade instalada das fontes primárias de geração de energia elétrica no Brasil em dezembro de 2003 | 11 |
| Tabela 2. Distribuição da geração de energia elétrica no Brasil por tipo de usina | 13 |
| Tabela 3. Participação das Unidades da Federação na região | 39 |
| Tabela 4 Municípios Da Bacia Tocantins-Araguaia | 42 |
| Tabela 5. População da Região Hidrográfica do Tocantins-Araguaia | 43 |
| Tabela 6 Indicadores socioeconômicos das Unidades da Federação | 45 |
| Tabela 7. Indicadores de saneamento | 46 |
| Tabela 8. Disponibilidade e demanda de recursos hídricos na Região Hidrográfica do Tocantins-Araguaia | 49 |
| Tabela 9. Potencial na Região Hidrográfica Tocantins-Araguaia (MW) | 51 |
| Tabela 10. Usinas Hidrelétricas em Operação na bacia do Rio Tocantins | 53 |
| Tabela 11. Usinas Hidrelétricas em Construção, Contratadas e em Viabilidade | 54 |
| Tabela 12. Aves aquáticas associadas aos cursos-d'água | 63 |
| Tabela 13. Espécies de jacarés encontrados no Rio Tocantins | 63 |
| Tabela 14. Abundância relativa (%) da comunidade fitoplanctônica por classe e por ponto de coleta na área de influência do AHE Peixe Angical | 64 |
| Tabela 15. Composição da comunidade zooplancônica | 64 |
| Tabela 16. Matriz de Interação de Impactos ambientais em ecossistemas aquáticos | 66 |
| Tabela 17. Resultados das análises físicas, químicas e biológicas dos sistemas aquáticos da área de influência direta do AHE Peixe Angical | 67 |
| Tabela 18. Espécies de peixes endêmicas do Rio Tocantins | 69 |
| Tabela 19. Peixes com valor comercial | 70 |
| Tabela 20. Espécies de peixes que efetuam deslocamentos reprodutivos | 71 |
| Tabela 21. Matriz de Caracterização de Impactos no meio ambiente | 72 |
| Tabela 22. Matriz de Caracterização de Impactos Sócio-Econômicos | 73 |
| Tabela 23. Matriz de Caracterização das Causas dos Impactos | 74 |

SUMÁRIO

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| RESUMO..... | VII |
| ABSTRACT..... | VIII |
| 1-INTRODUÇÃO..... | 10 |
| 1.1- O setor hidrelétrico brasileiro e a dimensão ambiental..... | 10 |
| 1.2-Impactos ambientais associados a hidrelétricas..... | 12 |
| 1.3- Objetivos..... | 15 |
| 1.4- Estrutura da dissertação..... | 16 |
| 2. AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS..... | 17 |
| 2.1-Conceitos Básicos Relacionados a Impactos Ambientais..... | 17 |
| 2.2-Classificação dos Impactos Ambientais..... | 18 |
| 2.3-Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) | 21 |
| 2.4-Métodos de Avaliação de Impactos Ambientais..... | 22 |
| 2.5-Aspectos Legais da Avaliação de Impactos Ambientais | 23 |
| 2.6-Métodos baseados em Indicadores Ambientais..... | 27 |
| 2.7-Classificação dos Indicadores Ambientais..... | 28 |
| 2.8-Metodologia da Análise da Cadeia Causal..... | 31 |
| 3. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA BACIA TOCANTINS-ARAGUAIA..... | 38 |
| 3.1- Caracterização físico-biótica da bacia Tocantins-Araguaia..... | 38 |
| 3.2- Caracterização sócio-econômica da bacia Tocantins-Araguaia..... | 42 |
| 3.3 Uso dos recursos hídricos no canal principal..... | 48 |
| 3.4 Usos não consuntivos potenciais e aspectos relacionados aos Recursos Hídricos..... | 50 |
| 3.5- Instituições Governamentais relacionadas com RHs e Meio Ambiente..... | 56 |
| 3.6.- Dispositivos legais relacionados à bacia hidrográfica..... | 58 |
| 4. ESTUDO DE CASO (UHE SÃO SALVADOR E UHE PEIXE ANGICAL)..... | 59 |
| 4.1-Definição da área de estudo | 59 |
| 4.2-Agregação dos indicadores de impactos nos ecossistemas aquáticos..... | 64 |
| 4.3-Análise da Cadeia Causal..... | 76 |
| 4.3.1-Causas imediatas..... | 76 |
| 4.3.2-Impactos Ambientais Prioritários..... | 80 |
| 4.3.3-Impactos Sócio-econômicos | 83 |
| 4.3.4-Causas Setoriais..... | 87 |
| 4.3.5-Causas Raízes | 88 |
| 4.3.6-Opções políticas para eliminação/mitigação das causas e dos impactos | 101 |
| 5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES..... | 102 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 104 |
| ANEXOS..... | 117 |

1-INTRODUÇÃO

1.1- O setor hidrelétrico brasileiro e a dimensão ambiental

A sociedade brasileira desenvolveu durante o século XX um sistema de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica de grande porte onde a energia hidráulica assume uma posição de destaque. A priorização da implantação de usinas hidrelétricas deve-se, primordialmente, ao vasto potencial hidrelétrico existente no país e à competitividade econômica que esta fonte apresenta (Goldemberg & Moreira, 2005). O parque termelétrico nacional tem caráter complementar, destinando-se a melhorar a confiabilidade do sistema no caso de ocorrência de eventos hidrológicos críticos, conforme se verificou no ano de 2001. Este parque destina-se também ao atendimento localizado, caso ocorram restrições nos elos de interligação, e ao atendimento a sistemas isolados, nos quais, ainda hoje, apresentam papel preponderante. A tabela 1 apresenta a participação no contexto nacional, prevista para dezembro de 2003, das diversas fontes primárias de geração de energia elétrica hoje já utilizadas (ANEEL, 2004).

A produção de energia elétrica no país evoluiu de 43TWh, em 1970, para 340 Twh, em 1998. Este grande crescimento foi decorrente da forte demanda no período, que pode ser exemplificada pelo acréscimo de consumidores residenciais que praticamente quintuplicou no mesmo período, passando de 6,8 milhões, para 37 milhões. Isto significa um crescimento médio de 6,2% ao ano, bem superior ao da população, cuja taxa média geométrica foi de 2,1% ao ano (Alvim *et al.*, 2005). Para atender à demanda, foram implantados diversos empreendimentos por todo o país, que apesar de inequivocamente terem atingido seu objetivo principal de fornecer energia a toda a sociedade, acarretaram impactos, de maior ou menor monta, aos sistemas físico-biótico, sócio-econômico e cultural dos locais e regiões em que as instalações de suprimento foram instaladas (ELETROBRAS, 1999b).

Os aproveitamentos hidrelétricos além de gerarem energia são responsáveis por uma série de impactos que são sentidos não só no meio ambiente físico como no social, tais como remoção de populações (em particular os índios), perda de áreas florestais e de biodiversidade, e danos, muitas vezes irreversíveis, nos ecossistemas aquáticos. Com a vocação regional e estratégica, segundo a política energética nacional para implantação de múltiplos empreendimentos de geração de energia hidrelétrica, tem-se o maior desafio

regional: compatibilizar de maneira sustentável a instalação de novas UHEs e PCHs com as já existentes, com o mínimo impacto sócio-ambiental possível.

A incorporação da dimensão ambiental nesse processo de planejamento é motivada, por um lado, para dar suporte ao novo modelo, tendo em vista que as incertezas e riscos inerentes às questões ambientais, que não tendo tratamento adequado em horizontes compatíveis podem se traduzir em maiores custos e prazos mais longos, devendo ser necessariamente considerados em ambientes competitivos (ELETROBRAS, 2002). Por outro lado, uma visão mais estratégica da dimensão ambiental contribuiria para a utilização mais eficiente dos recursos naturais, para a sustentabilidade social, e para uma concepção integrada dos empreendimentos, atendendo aos princípios e compromissos em torno do desenvolvimento sustentável (Pires, 2001).

Portanto, consciente dessas questões e em atenção à legislação ambiental, o setor elétrico vem procurando nos últimos anos incorporar a dimensão sócio-ambiental no planejamento, na implantação e na operação de seus empreendimentos, segundo orientação do Manual de Estudos de Efeitos Ambientais dos Sistemas Elétricos (ELETROBRAS, 2002) de modo a compatibilizá-lo aos requisitos de conservação do ambiente onde se inserem.

Tabela 1. Capacidade instalada das fontes primárias de geração de energia elétrica no Brasil em dezembro de 2003

| TIPO | Quantidade | Potência (MW) | % |
|-----------------------------|--------------|------------------|----------------|
| UHE ¹ | 140 | 66.460,25 | 70,68 % |
| Térmicas | 712 | 14.080,25 | 14,97 % |
| Térmicas Emergenciais | 54 | 2.049,50 | 2,18 % |
| PCH ² | 241 | 1.151,00 | 1,22 % |
| CGH ³ | 159 | 86,51 | 0,09 % |
| Nuclear | 2 | 2.007,00 | 2,13 % |
| Eólica | 9 | 22,03 | 0,02 % |
| Solar | 1 | 0,02 | 0,00 % |
| Importação de outros países | 8 | 8.170,00 | 8,69 % |
| SUBTOTAL | 1.326 | 94.026,56 | 100,00% |

Fonte: ANEEL, 2004.

1- UHE - Usina Hidrelétrica: Aproveitamentos com potência instalada superior a 30 MW ou com potência instalada inferior a 30 MW e que não se enquadram na condição de PCH.

2- PCH - Pequena Central Hidrelétrica: Aproveitamentos com potência instalada superior a 1 MW e inferior a 30 MW e que possuem área inundada inferior a 3 km².

3 - CGH - Central Geradora Hidrelétrica: Aproveitamentos com potência instalada inferior a 1 MW.

A forma de abordagem dos impactos ambientais, tendo como recorte as bacias hidrográficas, tem trazido uma nova concepção de entendimento das atividades humanas e suas correlações com o ambiente. Os estudos de gerenciamento ambiental através da gestão de bacia hidrográfica apresentam inúmeras vantagens, uma vez que ela integra os processos naturais, sociais e políticos (Théry, 1997). Aliado a isto se tem o fato de que a bacia hidrográfica quase sempre coincide com a bacia hidrológica, possibilitando, desta forma, o estabelecimento de correlações entre os diversos fenômenos que ocorrem no ciclo da água aos demais processos contidos na unidade geográfica. Esta abordagem permite também a elaboração de um amplo diagnóstico físico, social, econômico e produtivo, cuja organização das informações visa estabelecer uma estratificação dos ambientes naturais, procurando correlacioná-los com as atividades produtivas neles desenvolvidas (Marques, 2003).

A Bacia Hidrográfica do rio Tocantins foi considerada prioritária pelo Ministério de Minas e Energia-MME, no âmbito do Convenio nº 013/2004, de 21 de dezembro de 2004, celebrado entre o Ministério e a Empresa de Pesquisa Energética- EPE, para elaboração dos estudos de Avaliação Ambiental Integrada (ANA-UNESCO, 2005). Na bacia existem diversos empreendimentos hidrelétricos em operação e outros em diferentes estágios de planejamento que configuram um significativo aporte de energia para a expansão da oferta do setor elétrico nos próximos anos. Nesse sentido, tornam-se de fundamental importância a identificação e avaliação dos efeitos sinérgicos e cumulativos resultantes dos impactos ocasionados pelo conjunto dos aproveitamentos em planejamento, construção e operação situados em uma mesma bacia hidrográfica, como uma estratégia de integração da dimensão ambiental ao processo de planejamento do setor elétrico (Pires, 2001).

1.2-Impactos ambientais associados a hidrelétricas

Um dos aspectos mais importantes que ajudam o desenvolvimento de um país é a sua disponibilidade de gerar energia. Não existe desenvolvimento sem energia. Uma das formas de energia mais importante é a energia elétrica, que pode ser produzida de diversas maneiras. As mais conhecidas são através de usinas hidrelétricas e termelétricas (ANEEL, 2004).

Atualmente estão sendo desenvolvidas outras formas de geração de energia, com menor impacto ambiental, mas ainda em pequena escala e a custos elevados. Como exemplo das novas tecnologias pode ser considerado: a energia eólica, a energia solar entre outras. Enquanto desenvolvem-se novas tecnologias, as formas mais tradicionais de geração de

energia também estão progredindo, uma vez que a curto prazo, é mais fácil aprimorar ou melhorar a eficiência de uma forma de geração de energia tradicional, visando atender parâmetros ambientais mais restritivos, do que desenvolver em escala industrial e a preços competitivos uma nova forma para suprir o mercado (Souza, 2000).

Alguns países ainda têm um potencial hidrelétrico a ser explorado como é o caso do Brasil (Tabela 2), do Canadá, da Rússia, alguns países satélites da antiga União Soviética e a China.

Tabela 2. Distribuição da geração de energia elétrica no Brasil por tipo de usina.

| Empreendimentos em operação | | | |
|------------------------------------|-------------------|--------------------------------|-----------------------|
| Tipo | Quantidade | Potencia Outorgada (MW) | Percentual (%) |
| Hidrelétrica | 284 | 68.779 | 77,98 |
| Eólica | 9 | 22 | 0,03 |
| Pequena hidrelétrica | 208 | 907 | 1,09 |
| Termelétrica | 713 | 18.082 | 18,46 |
| Nuclear | 2 | 2.007 | 2,44 |
| Total | 1216 | 89.797 | 100,00 |

(Fonte: ANEEL, 2004).

No processo de geração de energia elétrica, a energia potencial da água armazenada no reservatório é transformada em energia cinética e energia de pressão dinâmica pela passagem da água pelos condutos forçados. Ao fazer o acionamento da turbina, essa energia é convertida em energia mecânica, por sua vez transmitida ao eixo gerador. Neste, a energia mecânica é transformada em energia elétrica, a qual passa por uma subestação elevadora de tensão, sendo então injetada no sistema de transmissão que a fará chegar aos centros consumidores (Muller, 1996).

Os principais impactos físicos decorrentes da implantação de uma usina hidrelétrica é a diminuição da correnteza do rio alterando a dinâmica do ambiente aquático (Quadro 1), com isso o fluxo de sedimentos é alterado favorecendo a deposição destes no ambiente lótico. A temperatura do rio também é modificada, tendendo a dividir o lago da represa em dois ambientes: um onde a temperatura é mais baixa (o fundo do lago) e outro onde a temperatura é mais alta (superfície do lago). Este fato repercute, também, em outros impactos uma vez que com essa disposição há pouca mistura na água do ambiente represado, criando condições anóxicas e favorecendo a eutrofização (Ferreira & Tokarski, 2004) do mesmo e a ocorrência de reações químicas que geram compostos nocivos ao interesse humano, sendo estes os principais impactos químicos observados (Reis, 2001).

Quadro 1. Impactos do ciclo de vida de hidrelétricas em ecossistemas aquáticos.

| Causador | Receptor | Impacto | Prioridade |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| Abertura de acessos e tráfego de máquinas | Qualidade do ar | Emissões dos motores dos veículos | Baixo |
| | Vida selvagem | Perturbação pelo ruído | Baixo |
| Alteração do fluxo de água de lótico para lântico pelo barramento e atenuação dos picos de cheias e vazantes com aumento do tempo de residência da água no reservatório | Peixes e fauna aquática | Perda de habitat | Alto |
| | Vegetação | Perda de habitat | Médio |
| | Qualidade da água | Eutrofização com proliferação de algas, macrófitas flutuantes e produção de odor e sabor (acidificação) | Médio |
| | | Estratificação do meio aquático em níveis de temperatura, luz e por sólidos em suspensão/ depositados | Baixo |
| Barragem/ Reservatório | Fauna aquática | Perda de habitat | Alto |
| | Biodiversidade | Perda de biodiversidade e de material genético | Alto |
| | Mudança do clima (Efeito estufa)- Metano e CO2 | Emissões da biomassa alagada e da matéria que passa a ser depositada devido a alteração do fluxo causada pelo barramento | Médio |
| Campos eletromagnéticos | Fauna e flora | Efeitos biológicos na fauna e flora | Não provado |

Fonte: Modificado de Reis, 2001.

Os impactos biológicos relacionam-se à barreira física representada pela barragem para as espécies aquáticas, constituindo um fator de isolamento das populações antes em contato. Além deste fato, a barragem impede ou dificulta a *piracema* das espécies de peixes (Ribeiro & Petrere Jr, 1991). A transformação da dinâmica do rio bem como as alterações na qualidade da água afetam tanto a região a montante quanto a jusante da barragem. Tais impactos, geralmente, afetam a biodiversidade do rio (ELETROBRAS, 1999a).

A instalação de uma hidrelétrica, incluindo o lago formado e todas as alterações já mencionadas, repercute nas sociedades organizadas na região do projeto e além dos limites destas também (COMASE, 1994). O aumento na oferta de energia representa uma consequência global de qualquer empreendimento de hidroeletricidade. Porém, todos os

eventos desencadeados por essa forma de energia, tais como diminuição na qualidade de água, desagregação social de comunidades locais e aumento na incidência de doenças seriam conseqüências imediatas para os habitantes da região do projeto, representando os impactos sociais do empreendimento (Kudlavicz, 2005). Embora sejam mais subjetivos estes efeitos devem ser considerados por ocasião de projetos hidrelétricos.

1.3- Objetivos

O objetivo geral deste trabalho foi identificar problemas ambientais prioritários nos ecossistemas aquáticos de trechos selecionados do Rio Tocantins (referentes aos Aproveitamentos Hidrelétricos de Peixe e São Salvador) relacionados com o aproveitamento do seu potencial hidroelétrico.

Os objetivos específicos foram:

- Identificação de áreas de fragilidades e de restrições ambientais para trechos selecionados;
- Avaliação ambiental de aproveitamentos hidrelétricos no Rio Tocantins (Peixe Angical e São Salvador), com ênfase nos fatores ecológicos;
- Identificação das causas setoriais e causas raízes dos impactos identificados e análise de opções políticas para mitigação das mesmas.
- Identificação dos principais conflitos relacionados aos diferentes usos dos recursos hídricos e a sua utilização para a geração de energia nos trechos estudados;

1.4- Estrutura da dissertação

Para efetivação da análise, procede-se primeiramente no Capítulo 1 à investigação sobre o objeto, que nas ciências exatas é mais conhecido como “o conhecimento do problema”, características gerais e especificidades do Setor Hidrelétrico Brasileiro e uma visão geral dos principais impactos no meio ambiente, enfatizando suas implicações para os Ecossistemas Aquáticos.

No capítulo 2 estabelece-se o referencial teórico pertinente a Avaliação de Impactos Ambientais (AIA), abordando a revisão bibliográfica dos principais métodos utilizados para a avaliação de impactos. Neste capítulo foram considerados ainda os aspectos metodológicos que orientaram e definiram as análises do Estudo de Caso, enfatizando a utilização de indicadores e apresentando a metodologia de Análise da Cadeia Causal (ACC).

O Capítulo 3 inclui a caracterização da Bacia Hidrográfica do Tocantins-Araguaia, onde estão inseridos os aproveitamentos hidrelétricos de Peixe Angical e São Salvador, que serão objetos do Estudo de Caso. Neste capítulo é feita a descrição física (contendo elementos físicos e biológicos) e sócio-econômica da região, além de apresentar as principais instituições ligadas aos Recursos Hídricos e dispositivos legais da região.

No Capítulo 4 é realizado um Estudo de Caso, discutindo-se os principais impactos nos Ecossistemas Aquáticos decorrentes da implantação no Rio Tocantins dos Aproveitamentos de Peixe Angical e São Salvador, enfatizando as comunidades íctias como principais indicadoras dos prováveis impactos.

A análise dos impactos nos ecossistemas aquáticos é feita através da metodologia de Análise da Cadeia Causal, onde são abordados os principais problemas ambientais e impactos observados no meio ambiente decorrentes do setor hidrelétrico nesta bacia, assim como sua relação com as causas raízes associadas aos mesmos. São sugeridas neste capítulo medidas que visem compensar ou mitigar os impactos negativos.

No Capítulo 5 as principais conclusões decorrentes da pesquisa efetuada, fundamentada no texto e no Estudo de Caso, apresentando as recomendações para aplicação a pesquisa, e sugestões para o prosseguimento desta.

2. AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS

2.1-Conceitos Básicos Relacionados a Impactos Ambientais

Impacto ambiental é a alteração no meio ou em algum de seus componentes por determinada ação ou atividade. Dessa forma o impacto ambiental também pode ser entendido como parte de uma relação de causa e efeito, isto é, como a diferença entre as condições ambientais que existirão com a implantação de um projeto proposto, e as condições ambientais que existiriam sem essa ação (Maia, 1993). Ainda, segundo a Resolução CONAMA 001/86 impacto ambiental é “qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria e energia, resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: a saúde, a segurança e o bem estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e a qualidade dos recursos ambientais”.

Os impactos ambientais podem ser classificados em dois grandes grupos: naturais e antrópicos (Magrini, 1990). Os impactos naturais compreendem os fenômenos da própria Natureza sobre o meio ambiente, como terremotos, inundações, tufões e vulcões ativos.

Os impactos antrópicos compreendem os fenômenos decorrentes da ação do homem sobre a Natureza, que correspondem aos impactos provenientes de atividades de produção e consumo que modificam o Meio Ambiente, como a implantação de indústrias, os projetos de urbanização, a construção de usinas elétricas, o uso de agrotóxicos e os veículos automotores (FIRJAN, 2004).

Embora fique claro que exista uma degradação da qualidade ambiental independente da ação antrópica, na medida que essa se inicia e os ciclos naturais são rompidos temos como resultado um novo ritmo de degradação, mais acentuado que o anterior. É interessante ressaltar que a nível legal não se considera como impacto ambiental os impactos naturais.

Os empreendimentos hidrelétricos inserem-se dentro do interesse coletivo de uma sociedade uma vez que elevam, através da oferta energética, a qualidade de vida da população (Dos Santos, 2003). No Brasil, os projetos hidrelétricos assumem importância fundamental, uma vez que a hidroeletricidade é a base do suprimento energético do país, sendo na maior parte dos casos de hidrelétricas de grande porte situadas a grande distância dos centros consumidores (Müller, 1998).

De forma geral, as obras hidrelétricas produzem grandes impactos sobre o meio ambiente, que são verificados ao longo e além do tempo de vida da usina e do projeto, bem como ao longo do espaço físico envolvido. Os impactos mais significativos e complexos ocorrem nas fases de construção e de operação da usina, os quais poderão afetar o andamento das próprias obras (Souza, 2000).

Em face dos custos e impactos ambientais, para as condições brasileiras, a hidroeletricidade é considerada a melhor solução técnica e econômica, quando comparada com a energia nuclear. Mesmo comparada com a termoeletricidade a combustíveis fósseis ainda continua sendo a melhor alternativa de geração elétrica, uma vez que tem como vantagens o fato de ser renovável e disponível no país a menor custo (Pinguelli Rosa *et al.*, 1995).

Além dos benefícios energéticos devem ser considerados os efeitos prejudiciais do empreendimento. Os projetos hidrelétricos devem ter como objetivo a elevação da qualidade de vida da população promovendo o uso racional e sustentável do recurso (Revora, 1987).

Usinas hidrelétricas são empreendimentos planejados para um horizonte de tempo longo, devendo cada projeto ser considerado como de aproveitamento múltiplo, onde o energético faz parte dos diferentes outros usos da água e cuja preponderância irá depender de diversos fatores. A energia hidrelétrica é um dos sistemas que se enquadram nos conceitos de operação ou desenvolvimento sustentável. No entanto, os impactos e conseqüências também devem ser sustentáveis. Segundo Müller (1998), “ainda que a geração hidrelétrica seja sustentável, algumas regiões atingidas para que ela fosse gerada tiveram, em lugar de desenvolvimento, retrocesso insustentável”.

2.2-Classificação dos Impactos Ambientais

Segundo Goldemberg & Villanueva (2003), os impactos ambientais podem ser: **Locais** (poluição urbana do ar, poluição do ar em ambientes fechados); **Regionais** (chuva ácida) ou **Globais** (efeito estufa, desmatamento, degradação costeira e marinha).

Os impactos ambientais podem variar de acordo com diversos elementos como extensão, origem e duração fazendo com que a sua determinação e classificação não seja tarefa simples (Quadro 2).

Quadro 2. Características dos Impactos Ambientais

| Elementos dos Impactos | Possibilidades |
|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Desencadeamento | Imediato, diferenciado, escalonado |
| Frequência ou temporalidade | Contínuo, descontínua, época do ano |
| Extensão | Pontual, extensivo, linear, espacial |
| Reversibilidade | Reversível/temporário, irreversível/permanente |
| Duração | Até 1 ano, de 1 a 10 anos, de 10 a 50 anos |
| Magnitude (escala) | Grande, média, pequena |
| Importância | Importante, moderada, fraca, desprezível (significação local) |
| Sentido | Positivo, negativo |
| Origem | Direta (efeitos primários), indireta (efeitos secundários, terciários,...) |
| Acumulação | Linear, quadrática, exponencial |
| Sinergia | Presente, ausente |
| Distribuição dos ônus/ benefícios | Socializados, privatizados |

Fonte: Maia, 1993

Segundo Magrini *et al.* (1990) os impactos ambientais podem ser classificados em:

Impactos diretos e indiretos- O impacto ambiental direto (ou primário) consiste na alteração de determinado aspecto ambiental por ação direta do homem, sendo normalmente de fácil identificação. Podem ser citados como exemplos os desgastes impostos aos recursos utilizados, os efeitos sobre empregos gerados. O impacto ambiental indireto (ou secundário) é aquele que decorre do anterior. Como exemplo temos o crescimento demográfico resultante do assentamento da população atraída pelo projeto.

Impactos de longo e curto prazo- O impacto ambiental de curto prazo é aquele que ocorre logo após a realização da ação, podendo desaparecer em seguida. Como exemplo temos a produção de ruído e poeira na fase de construção de um projeto. O impacto ambiental de longo prazo é aquele que ocorre depois de um certo tempo da realização da ação. Por exemplo, a modificação do regime de rios e a incidência de doenças respiratórias causadas pela inalação de poluentes por períodos prolongados.

Impactos cumulativos e sinérgicos- Impactos cumulativos são aqueles cujos efeitos se somam no meio ambiente. Impactos ambientais sinérgicos são aqueles cujos efeitos se somam no meio ambiente e o efeito final, por efeitos de sinergia, é pior que a soma dos efeitos individuais.

Impactos reversíveis e irreversíveis- Impactos reversíveis são aqueles onde é possível a reversibilidade das alterações provocadas sobre o meio. Os irreversíveis são aqueles em que ocorre o oposto.

Impactos Físicos, Biológicos e Sociais- Os fatores ambientais que caracterizam uma determinada região são representados pelos meios físico, biológico e social. O meio físico compreende o subsolo, as águas, o ar e o clima, destacando os recursos minerais, a topografia, os tipos e aptidões do solo, os corpos d'água, o regime hidrológico, as correntes marinhas e as correntes atmosféricas.

O meio biológico (biótico) é caracterizado pelos ecossistemas naturais, englobando a fauna e a flora. Neste meio destacam-se as espécies indicadoras da qualidade ambiental, de valor científico, econômico, raras e ameaçadas de extinção e as áreas de preservação permanente.

O meio socioeconômico considera o uso e ocupação do solo, os usos da água e a socioeconomia, destacando os sítios e monumentos arqueológicos, históricos e culturais da comunidade, as relações de dependência entre a sociedade local, os recursos ambientais e a potencial utilização futura desses recursos.

2.3-Avaliação de Impactos Ambientais (AIA)

Uma avaliação tem por objetivo caracterizar e acompanhar um determinado sistema, dentro de uma realidade conceitual (Maia, 1993), dessa forma permitindo: Quantificar fenômenos complexos; Simplificar os mecanismos e lógicas atuantes na área considerada; Determinar como as ações antrópicas afetam o seu entorno; Alertar para as situações de risco e conseqüente mobilização dos atores envolvidos; Prever situações futuras; Servir como fonte de informação e guia para a tomada de decisões sobre a viabilidade de projetos, planos e políticas (Benbrook & Mallinckodt, 1994).

Para contabilizar os impactos ambientais visando à tomada de decisão sobre a viabilidade de projetos, planos, e políticas, utilizamos as Avaliações de Impacto Ambiental. A Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) é “um instrumento de política ambiental, formado por um conjunto de procedimentos, capaz de assegurar desde o início do processo, que se faça um exame sistemático dos impactos ambientais de uma ação proposta (projeto, programa, plano ou política) e de suas alternativas; de forma que os resultados sejam apresentados de forma adequada ao público e aos responsáveis pela tomada de decisão, e por outros por eles considerados (Rocha *et al.*, 2005). Além disto, os procedimentos devem garantir a adoção de medidas de proteção do meio ambiente determinadas, no caso de decisão sobre a implantação do projeto” (Maia, 1993).

O processo de Avaliação de Impactos Ambientais foi fundamentado em 1969, nos Estados Unidos, com a aprovação da “National Environmental Policy of Act”, conhecida como NEPA. Este instrumento legal dispunha sobre os objetivos e princípios da política ambiental americana, exigindo para todos os empreendimentos com potencial impactante a observação de uma série de ações. A aplicação da Avaliação de Impactos Ambientais generalizou-se rapidamente nos Estados Unidos, assim como em outros países desenvolvidos e, pouco mais tarde, junto aos países em desenvolvimento (Stamm, 2003).

A Avaliação de Impactos Ambientais pode ser operada, normalmente, nas seguintes fases (Magrini *et al.*, 1990):

- Avaliação inicial (*screening*) para identificar se um projeto pode resultar, em sua implementação, em impactos ambientais (e também sociais) significativos e, assim, merecer ser objeto de avaliação de impacto ambiental;

- Identificação dos aspectos econômicos, sociais e ambientais significativos do projeto e eliminação daqueles insignificantes para a elaboração de uma AIA (*scoping*);

- Elaboração de Estudo de Impactos Ambientais – EIA, que deve conter a descrição do empreendimento e suas diferentes alternativas, o ambiente (incluindo as pessoas) passível de ser afetado, a natureza dos efeitos no ambiente e os meios para minimizar os efeitos (impactos) negativos. Esta é uma atividade objetiva de identificação, que apresenta como dificuldades a delimitação espaço-temporal dos impactos, e o estabelecimento de um padrão comum de mensuração, uma vez que os efeitos possuem natureza diferenciada,;

- Revisão do EIA por agências governamentais e, normalmente, o público, através de um processo participativo de representatividade democrática;

- Preparação de um relatório final, que deve incluir as respostas e soluções apresentadas durante o processo de revisão do EIA;

- Implementação das ações aprovadas na revisão do EIA, que usualmente inclui medidas de mitigação e um sistema de monitoramento que objetiva verificar se as medidas de mitigação foram implementadas e averiguar como se comportará o ambiente após a implantação do empreendimento.

2.4-Métodos de Avaliação de Impactos Ambientais

Existem diversas formas de se proceder a avaliação dos impactos ambientais provocados por empreendimentos humanos. Técnicas ou métodos de avaliação de impactos ambientais são instrumentos que visam identificar, coletar, avaliar e sintetizar dados sobre os impactos de um determinado projeto ou programa, de maneira compreensível e objetiva.

As diferentes classificações para essas técnicas pressupõem fundamentações distintas que poderão ser mais ou menos úteis, dependendo de cada situação particular. Alguns desses métodos são mais sistematizados e outros mais livres, as várias metodologias e modelos de avaliação de impactos ambientais podem ser classificados em (Surehna, 1992; Morgan, 1998; Rodrigues, 1998 e Souza, 2000):

- Ad hoc;
- Listas de controle (Checklist)- Simples, descritivas, escalares, questionários, multiatributos;
- Matrizes;
- Sobreposição de mapas;
- Redes de interação;

- Diagrama de sistemas;
- Modelos de simulação;
- Métodos baseados em indicadores, índices e integração da avaliação.

A aplicação destes métodos, entretanto, mostra-se limitada pela própria dificuldade de prever a evolução de sistemas tão complexos quanto os ecossistemas. Estas limitações tornam-se ainda mais evidentes quando se enfoca os impactos sociais, onde tanto a identificação como a predição e a avaliação da dinâmica social desencadeada por uma ação ou projeto estão sujeitas a aspectos de caráter econômico, cultural e psicológico de apreensão bastante complexa (Souza, 2000).

2.5-Aspectos Legais da Avaliação de Impactos Ambientais

Os principais instrumentos legais relativos a impacto ambiental, de interesse do setor elétrico são (Schmidt *et al*, 1999):

Lei 6.938/81. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação (alterada pelas Leis 7.804/89 e 8.028/90; regulamentada pelos Decretos 89.336/84, 97.632/89 e 99.274/90; vide Lei 9.605/98).

Estabelece como instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente a avaliação de impactos ambientais e o cadastro técnico federal de atividades potencialmente poluidoras ou utilizadoras dos recursos ambientais (art. 9º, incisos III e XII); o prévio licenciamento de atividades poluidoras ou capazes de causar degradação ambiental (art. 10); como competência do IBAMA o licenciamento de atividades e obras com significativo Impacto ambiental, de âmbito nacional ou regional (art. 10, § 4º).

□ Resolução CONAMA 001/86. Define impacto ambiental e estabelece critérios básicos e diretrizes gerais para o relatório de impacto ambiental (alterada pelas Resoluções CONAMA 011/86 e 237/97, vide Resolução CONAMA 005/87). Estabelece que o licenciamento de atividades modificadoras do meio ambiente dependerá de elaboração de estudo de impacto ambiental e respectivo relatório de impacto ambiental (art. 2º), que deverão desenvolver: diagnóstico ambiental da área de influência do projeto; análise dos impactos ambientais; definição das medidas mitigadoras dos impactos negativos; e elaboração do programa de acompanhamento e monitoramento dos impactos positivos e negativos (art. 6º e incisos). Existem três tipos de licenças ambientais: (i) a Licença Ambiental Prévia, exigida na

fase de planejamento do projeto e cuja concessão está vinculada à aprovação de Estudo de Impacto Ambiental – EIA e Relatório de Impacto Ambiental – RIMA, ou outra forma de estudo ambiental; (ii) a Licença Ambiental de Instalação, que é concedida após a aprovação do projeto executivo das medidas mitigadoras previstas no EIA/RIMA; e (iii) a Licença Ambiental de Operação, que é emitida após a efetiva implantação das medidas mitigadoras e de compensação ambiental.

□ Resolução CONAMA 005/87. Institui o Programa Nacional de Proteção ao Patrimônio Espeleológico. Estabelece que seja incluída na Resolução CONAMA 001/86 a obrigatoriedade de estudo de impacto ambiental nos caso de empreendimentos potencialmente lesivos ao patrimônio espeleológico nacional (art. 3º).

□ Resolução CONAMA 006/87. Estabelece regras gerais para o licenciamento ambiental de obras de grande porte, especialmente de geração de energia elétrica.

Estabelece que o estudo de impacto ambiental deverá ser elaborado de forma que a concessionária tenha condições de apresentar ao órgão ambiental competente um relatório sobre o planejamento dos estudos a serem executados (art. 8º).

□ Resolução CONAMA 009/87. Regulamenta as audiências públicas. Estabelece que a audiência pública referida na Resolução CONAMA 001/86 tem por finalidade expor aos interessados o conteúdo do produto em análise e do seu referido RIMA, dirimindo dúvidas e recolhendo dos presentes as críticas e sugestões a respeito (art. 1º).

Poderá ser promovida pelo órgão ambiental ou quando solicitada por entidade civil, pelo Ministério Público, ou por 50 ou mais cidadãos (art. 2º), cuja ata e seus anexos servirão de base, juntamente com o RIMA, para a análise e parecer final do órgão licenciador quanto à aprovação ou não do projeto (art. 5º).

□ Constituição da República/88:

◆ □ art. 24 - determina a competência legislativa concorrente da União, dos Estados e do Distrito Federal sobre: florestas, caça, pesca, fauna, conservação da natureza, defesa do solo e dos recursos naturais, proteção do meio ambiente e controle da poluição (inciso VI); proteção ao patrimônio histórico, cultural, artístico, turístico e paisagístico (inciso VII); responsabilidade por dano ao meio ambiente, ao consumidor, a bens e direitos de valor artístico, estético, histórico, turístico e paisagístico (inciso VIII), cabendo à União a edição de normas gerais e aos Estados e Distrito Federal as normas específicas (§ 1º);

◆□art. 30 - estabelece a competência legislativa dos municípios para legislar sobre assuntos de interesse local (inciso I) e complementar a legislação federal e estadual no que couber (inciso II);

◆□art. 225 - determina que incumbe ao Poder Público exigir, na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade (§ 1º, inciso IV).

□Lei 7.661/88. Institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro. Estabelece que as atividades potencialmente causadoras de impactos ambientais na zona costeira deverão elaborar estudos de impacto ambiental e apresentação do relatório de impacto ambiental para fins de licenciamento (art. 6º, § 2º).

□Resolução CONAMA 001/88. Regulamenta o cadastro técnico federal de atividades e instrumentos de defesa ambiental. Este cadastro, previsto na Lei 6938/81, objetiva proceder o registro obrigatório de pessoas físicas ou jurídicas que se dediquem à prestação de serviços e consultoria sobre problemas ecológicos e ambientais, bem como à elaboração do projeto, fabricação, comercialização, instalação ou manutenção de equipamentos, aparelhos e instrumentos destinados ao controle de atividades poluidoras (art. 1º).

□Resolução CONAMA 005/88. Regulamenta o licenciamento de obras de saneamento básico. Estabelece que ficam sujeitas ao licenciamento as obras onde sejam possível identificar modificações ambientais significativas, como sistemas de abastecimento de água, de esgotos sanitários, de drenagem e de limpeza urbana (art. 1º e 3º).

□Decreto 97.632/89. Dispõe sobre a regulamentação do art. 2º, inciso VIII da Lei 6.938/81. Estabelece a obrigatoriedade das atividades de exploração de recursos minerais que apresentarem, junto ao EIA/RIMA, o plano de recuperação de área degradada.

□Decreto 99.274/90. Regulamenta a Lei 6.902/81 e a Lei 6.938/81, que dispõem, respectivamente, sobre a criação de Estações Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental e sobre a Política Nacional de Meio Ambiente (alterado pelos Decretos 122/91 e 2.120/97; revoga o Decreto 88.351/83 e outros). Estabelece que será exigido estudos de impacto ambiental e relatório de impacto ambiental para fins de licenciamento das atividades capazes de causar degradação ambiental (art. 17 e § 1º).

□Resolução CONAMA 013/90. Regulamenta o licenciamento de atividades em áreas circundantes às unidades de conservação. Estabelece que serão definidas as atividades que possam afetar a biota de unidade de conservação e o licenciamento das atividades em áreas circundantes às unidades de conservação num raio de 10 km (art. 1º e 2º).

□Lei 8.171/91. Dispõe sobre a política agrícola (alterada pela Lei 9.272/96; vide Decreto 1.922/96). Estabelece que as empresas que exploram economicamente águas represadas e as concessionárias de energia elétrica serão responsáveis pelas alterações ambientais por elas provocadas e obrigadas à recuperação do meio ambiente, na área de abrangência de suas respectivas bacias hidrográficas (art. 23).

□Resolução CONAMA 002/96. Dispõe sobre a implantação de uma unidade de conservação vinculada ao licenciamento de atividades de relevante impacto ambiental (revoga a Resolução CONAMA 010/87). Determina como requisito do licenciamento a implantação de unidade de conservação ou outras alternativas, a fim de reparar os danos ambientais causados pela destruição de florestas e outros ecossistemas (art. 1º e § 1º).

□Resolução CONAMA 237/97. Dispõe sobre o licenciamento ambiental (altera a Resolução CONAMA 001/86). Estabelece: definições de estudos ambientais e de impacto ambiental regional (art. 1º, incisos III e IV); que o licenciamento dependerá de EIA/RIMA, para os empreendimentos capazes de causar degradação ambiental, e estudos ambientais pertinentes, para os não potencialmente causadores de degradação (art. 3º e parágrafo único); e a realização de audiências públicas para avaliação dos estudos ambientais, quando couber e de acordo com a regulamentação (art. 3º).

□Portaria Normativa IBAMA 113/97. Dispõe sobre a obrigatoriedade do registro no cadastro técnico federal de pessoas físicas ou jurídicas que desempenhem atividades potencialmente poluidoras ou utilizadoras de recursos ambientais. Estabelece como passível deste cadastro as atividades de extração, comercialização, transporte e produção de produtos potencialmente perigosos ao meio ambiente, assim como os minerais e os produtos e subprodutos da fauna, flora e pesca.

□Lei 9.605/98. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente (altera a Lei 9.099/95; alterada pela Medida Provisória 1.710/98 e reedições; vide Lei 6.453/77). Estabelece as condutas consideradas crimes: contra a fauna (art. 29 a 37 e 54); contra a flora (art. 38 a 53 e 54); de poluição e outros crimes ambientais (art. 54 a 61); contra o ordenamento urbano e o patrimônio cultural (art. 62 a 65); e contra a administração ambiental (ar 66 a 69).

□Resolução ANEEL 393/98. Estabelece os procedimentos gerais para registro e aprovação dos estudos de inventário hidrelétrico de bacias hidrográficas. Estabelece que os titulares de registro de estudos de inventário deverão formalizar consulta aos órgãos

ambientais para definição dos estudos relativos aos aspectos ambientais e aos órgãos responsáveis pela gestão dos recursos hídricos, nos níveis estadual e federal (art. 13).

□ Resolução ANEEL 395/98. Estabelece os procedimentos gerais para registro e aprovação de estudos de viabilidade e projeto básico de empreendimentos de geração hidrelétrica; assim como dá autorização para exploração de centrais hidrelétricas até 30 MW. Estabelece que estes estudos e projetos serão avaliados segundo: o desenvolvimento adequado à etapa e ao porte do empreendimento; ao atendimento da boa técnica em nível de projetos e soluções para o empreendimento; à articulação com 172 os órgãos ambientais e de gestão de recursos hídricos, nos níveis federal e estadual, bem como junto a outras instituições envolvidas; e à obtenção do licenciamento ambiental pertinente (art. 12 e incisos).

2.6-Métodos baseados em Indicadores Ambientais

O vocábulo indicador é proveniente do Latim *indicare*, cujo significado é destacar, mostrar, anunciar, tornar público, estimar. Assim, os indicadores nos transmitem informações que nos esclarece uma série de fenômenos que não são imediatamente observáveis (Merico, 1997). As técnicas baseadas em indicadores e índices pretendem avaliar e comparar variantes para um mesmo projeto visando integrar o processo de avaliação. O pressuposto básico é que muitos parâmetros de avaliação não são quantificáveis numericamente e, desta forma, é necessário conduzir a avaliação comparando juízos subjetivos (Souza, 2000).

Segundo Abreu (2001) um indicador é uma ferramenta que permite a obtenção de informações sobre uma determinada realidade. Sua principal característica seria a sua capacidade de sintetizar um conjunto complexo de informações, retendo apenas o significado essencial dos aspectos analisados (Muller, 1996). Pode ser visto ainda como uma resposta sintomática às atividades antrópicas dentro de um determinado sistema.

Dessa forma, os indicadores são medidas da condição, processos, reações ou comportamento que fornecem confiável resumo de sistemas complexos. Uma vez que sejam conhecidas as relações entre os indicadores e o padrão de respostas dos sistemas, pode-se permitir a previsão de futuras condições (Goulart & Callisto, 2003). As medidas devem evidenciar modificações que ocorrem em uma dada realidade, principalmente as determinadas pela ação antrópica (Maia, 1993).

Magrini (1990) considera um indicador como uma medida que apenas constata uma determinada situação, e não um instrumento de previsão ou medida estatística definitiva, muito menos uma evidência de causalidade. As possíveis causas, conseqüências ou previsões que podem ser feitas seriam um exercício de abstração do observador, de acordo com a sua bagagem de conhecimento e sua visão de mundo.

Um indicador deve fornecer uma resposta imediata às mudanças efetuadas ou ocorridas em um dado sistema, ser de fácil aplicação (custo e tempo adequados e viabilidade para efetuar a medida), devendo permitir ainda um enfoque integrado, relacionando-se com outros indicadores e permitindo assim a análise dessas relações. Além disso, deverá ser compreensível e dirigido ao usuário, sendo útil e significativo para os seus propósitos. (Rodrigues, 1998).

Uma vez que um indicador não apenas se alimenta de informações, mas deve ser capaz de produzi-las, o sentido trazido pelo mesmo vai estar ligado às representações sociais, de uma leitura particular, assim como de determinantes políticos. Os indicadores determinam, em última análise, modelos de interpretação da realidade social ou visões de mundo. A avaliação de uma dada realidade, e a conseqüente determinação dos rumos a serem tomados, devem considerar a reação das pessoas frente à dada situação (Marzall, 1998)

2.7-Classificação dos Indicadores Ambientais

O sistema para se fazer a classificação dos indicadores, baseia-se na informação de que um indicador é uma única característica ou uma manipulação matemática de diversas variáveis ambientais. Assim podem-se citar os seguintes tipos de indicadores ambientais (Rufino, 2002):

- *Indicadores Geológicos e Geomorfológicos*: chamados de geoindicadores são definidos como magnitudes e tendências dos processos geológicos e fenômenos que acontecem num intervalo de tempo de um século, ou menos, na superfície terrestre, sujeitos a variações de importância para compreender as rápidas mudanças ambientais. Os geoindicadores avaliam a influência dos processos geológicos sobre o homem e vice-versa. Podem ser classificados em geoindicadores geológicos, geomorfológicos, geotécnicos e hidrogeológicos.

- *Indicadores Físico-Químicos*: são utilizados para avaliar as condições físico-químicas da água podendo ser utilizadas para algumas medições do solo e do ar. Pode-se citar: DBO, DQO, matéria orgânica, temperatura cor, turbidez, sólidos totais, metais, condutividade, salinidade, pH, oxigênio dissolvido, entre outros.

- *Indicadores Hídricos*: esses indicadores são variáveis abióticas que indicam um processo ou estado do ecossistema aquático, caracterizando-o através de variáveis físico-químicas e suas variações espaço-temporais. Podem ser: correntes, nível da água, oxigênio, temperatura, profundidade, uso do recurso hídrico, qualidade do rio tratamento de dejetos.

- *Indicadores Climáticos*: indicam variações das condições atmosféricas no que diz respeito a composição e presença de determinadas substâncias contaminantes, além de incluir, também, as variáveis do tipo meteorológicas. Estão incluídos: precipitação, temperatura, umidade relativa, ventos, evapotranspiração, balanço hídrico, classificação climática, emissões atmosféricas, qualidade do ar, variações no nível de ruídos, emissões de CO₂, SO_x e NO_x.

- *Bioindicadores*: trata-se de variáveis biológicas, ecológicas, espécies, ou populações que ao darem respostas às mudanças de um gradiente físico-químico, mostram um grau de tolerância, ou então, entra em condições de resistência, stress ou morte. Um organismo indicador é escolhido por sua sensibilidade ou tolerância a várias classes de contaminantes ou a seus efeitos. Podem ser citados: fitoplâncton, bentos, macrófitas aquáticas, peixes, macroinvertebrados litorâneos, biodiversidade, biomassa, espécies raras, espécies endêmicas, espécies em perigo de extinção, indicadores de desmatamento, usos do recurso fauna, áreas protegidas, entre outros.

- *Indicadores bacteriológicos*: indicam a presença ou a ausência de microorganismos patogênicos. Podem ser: coliformes fecais, coliformes totais, streptococos fecais, mesófilos aeróbios, mesófilos anaeróbios.

- *Indicadores edafológicos*: indicam as condições ambientais dos solos. Pode-se citar: aptidão de uso, classificação agroedafológica, características físico-químicas, cobertura vegetal, superfícies afetadas por qualidade, erosão, uso de fertilizantes.

- *Indicadores paisagísticos*: indicam o aspecto estético e cultural de um determinado local. Citam-se: contrastes cromáticos, vista panorâmica, ângulo de incidência visual.

- *Indicadores Sociais*: indicam o nível de desenvolvimento de uma determinada região. Podem ser citados: núcleos populacionais urbanos e rurais, educação, saúde, moradia,

serviços básicos, atividades agrícolas, pecuárias, minerais, organizações comunitárias, sítios arqueológicos, população, crescimento econômico, entre outros.

Os indicadores, que podem ser quantitativos ou qualitativos, devem expressar quantitativamente o estado do ambiente, descrever o seu funcionamento e permitir estimar as mudanças no ambiente, decorrentes da ação promovida (Muller, 1995). Segundo Bolea, 1984 os critérios de escolha dos indicadores devem levar prioritariamente em consideração os seguintes elementos:

- A realidade ecológica, assim como o uso dos recursos naturais de cada região, deverá ser o pré-requisito básico para a escolha dos indicadores a serem empregados na área em análise, pois devem ser representativos da situação do ambiente avaliado e das pressões exercidas sobre ele;
- Os indicadores devem ainda estar baseados em parâmetros fáceis de se coletar e recoletar e devem ser sensíveis a mudanças espaciais e temporais.

A seleção dos indicadores irá depender do objetivo que se deseja alcançar com a avaliação proposta (Bessa Junior & Muller, 2000). A escolha de muitos indicadores, ou extremamente detalhados, em lugar de dar maior precisão, geram dificuldades no processamento, na interpretação dos resultados e conclusão (escala e importância) sobre os impactos. Por outro lado, escolher poucos indicadores ou indicadores muito superficiais, pode tornar as informações insuficientes para a constatação do impacto do empreendimento.

2.8-Metodologia da Análise da Cadeia Causal

A Análise da Cadeia Causal (ACC) está fundamentada em procedimentos para Avaliação Ambiental Estratégica (AAE) propostos pelo Projeto Global International Waters Assessment (GIWA), conduzido pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) com financiamento do Global Environmental Facility (GEF) (GIWA, 2005).

O projeto GIWA teve por objetivo original conduzir em escala global uma avaliação estratégica do estado dos recursos hídricos transfronteiriços, incorporando fatores ambientais e socioeconômicos e reconhecendo a rede de relacionamentos existentes entre tais fatores, de modo a auxiliar o GEF na priorização de problemas ambientais para aplicação de recursos e proporcionar suporte aos tomadores de decisão.

Pode-se afirmar que a ACC surgiu em função do elevado nível de inter-relacionamento entre elementos naturais e socioeconômicos e suas contribuições para o surgimento e/ou agravamento de um determinado problema ambiental relacionado aos recursos hídricos.

A ACC pode ser definida como uma metodologia constituída de uma série de afirmativas que ligam diferentes causas de um dado problema ambiental. A partir de matrizes de correspondência relativas aos temas críticos, será efetuada a montagem do modelo da Cadeia Causal. Para cada tema crítico, serão analisados os elementos – causas para cada tema crítico propostos nas matrizes e estabelecidas as relações entre eles. A metodologia é constituída de uma série de afirmativas que ligam diferentes causas de um dado problema ambiental. Tais afirmativas são obtidas mediante a sucessivas respostas à questão “Porque?” ou “Qual é a causa?” visando identificar qual das possibilidades subseqüentes apresenta uma correlação mais forte com o elo anterior (Marques, 2002a).

A justificativa para a adoção de tal modelo consiste no fato de que as ações humanas são as grandes responsáveis pelo atual estágio insustentável em que se encontra o planeta, dessa maneira a identificação das causas origem seria a melhor forma para reverter tais tendências.

Para a construção do modelo conceitual da ACC encontram-se listados os seguintes componentes elementares (Figura 1):

O fluxograma referente a ACC deverá ser construído a partir dos seguintes elementos (Quadro 3):

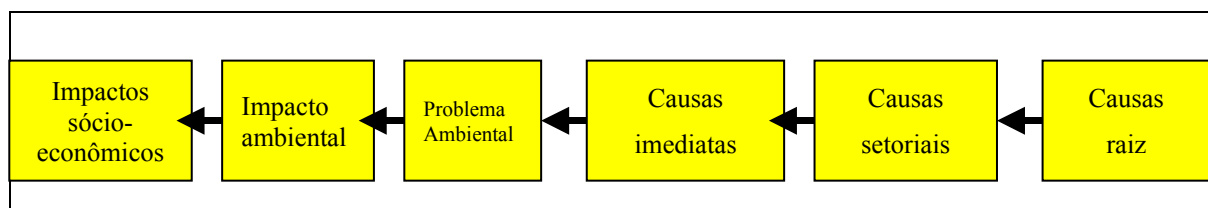


Figura 1. Componentes da Análise da Cadeia Causal.

1-Causas Imediatas - Fenômenos de natureza física, química e biológica que resultam na degradação ambiental.

Em geral as causas imediatas são os elementos de ordem natural. Neste nível se encontram incluídos os fenômenos físicos, químicos e biológicos em *strictu sensu*. Além destes fenômenos, os fenômenos naturais diretamente decorrentes desse como, por exemplo, aceleração/ intensificação de processos geomorfológicos, micro-climatológicos, erosivos dentre outros.

É importante mais uma vez destacar que não cabe a esta etapa a descrição de elementos de ocorrência natural, das quais o homem não se apresenta como elemento motivador, como por exemplo, uma atividade vulcânica. Entretanto a atuação do homem é capaz de modificar diretamente a ocorrência destes processos em corpos hídricos, intensificando e alterando o transporte de sedimentos e comprometendo a qualidade das águas, por exemplo. Esta atuação pode ocorrer de modo direto sobre as formas ou indiretamente, interferindo na dinâmica dos processos ou ainda influenciando as demais forças componentes do sistema. Desta forma, somente aqueles efeitos cuja atuação do homem seja de fato comprovada deve ser alvo de observação para a ACC.

2- Causas Setoriais - Atividades econômicas que geram tais fenômenos físicos, químicos e biológicos.

Nesta etapa, busca-se identificar os setores e/ou atividades que contribuem e de que forma contribuem para a ocorrência das causas imediatas. As causas setoriais são assim denominadas por se associarem às atividades econômicas setoriais, identificando setores específicos das atividades econômicas envolvidas na deflagração do problema ambiental.

A justificativa se pauta na idéia de que a natureza é na verdade o elemento inicial da formação econômica da sociedade. Dessa forma o meio ambiente passa a ser entendido como capital natural, onde o capital pode ser entendido como qualquer recurso empregado para a produção de bens e serviços.

3- Causas Raízes - Falhas nos instrumentos de articulação social ou falhas institucionais.

As causas setoriais podem ocorrer por uma série de fatores, via de regra de natureza institucional, as quais convencionou-se chamar causas raízes. Entretanto, estas causas raízes por vezes apresentam aspectos tão diferenciados que se torna difícil a proposição de opções políticas para a solução do problema ambiental sem o conhecimento mais detalhado sobre a natureza da causa raiz em questão e a real capacidade de atuação sobre as mesma.

Na concepção original, o termo Causa Raiz deveria se referir exclusivamente a instituições socialmente consolidadas ao longo de um tempo relativamente longo, em geral compreendendo várias gerações em intervalos seculares ou até mesmo milenares. Tal idéia equivale a dizer que estas instituições apresentam enraizamento social. Entre as causas raízes com profundo enraizamento social encontram-se as crenças, religião, etc. Entretanto causas raízes que necessitam de longo tempo para se estabelecer e consolidar devem requisitar igualmente ação contínua por um período de tempo muito prolongado para modificação, inviabilizando qualquer horizonte de planejamento (Marques, 2002b).

Baseado em Williamson (2002) as instituições que formam as causas raízes da degradação ambiental, segundo o modelo de ACC, podem ser classificadas em quatro categorias diferentes de acordo com a frequência com a qual se altera na sociedade de modo geral, sendo elas:

Alocação de Recursos-A alocação de recursos diz respeito mais especificamente ao mecanismo de mercado, incluindo todos os seus elementos, tais como preço, ingressos, investimentos setoriais, estrutura de mercado, níveis de crescimento, taxas de juros, taxas de desconto aplicadas em análise de projetos, políticas de subsídios dentre outras. Elementos estes que mudam com relativa frequência como resultado da dinâmica na sociedade. Falhas nesse conjunto de elementos são responsáveis por boa parte da degradação ambiental e são provavelmente as que necessitam menos esforço para mudanças. Em geral podem ser modificados através dos instrumentos de política macroeconômica (política fiscal, política monetária, política cambial e política comercial).

Governança- O segundo grupo de instituições em um nível imediatamente acima reúne aquelas responsáveis pelos mecanismos de governança, o qual pode ser resumido como sendo o modo como “o jogo é jogado”, ou seja, a maneira pela qual é conduzida a política governamental, sendo o conceito de governança definido como “ a maneira pela qual o poder

é exercido na administração dos recursos econômicos e sociais do país, com vista ao desenvolvimento”(World Bank, 1992).

Em linhas gerais, a boa governança se refere a quatro dimensões-chave: administração do setor público; quadro legal; participação; e informação/ transparência. A primeira diz respeito à melhora da capacidade de gerenciamento econômico e de prestação de serviços sociais. A segunda, relativa ao estabelecimento de uma estrutura judicial eficiente, face à “síndrome da ilegalidade”, elemento crítico característicos em muitos países em desenvolvimento, e finalmente a boa governança, que diz respeito a questões de transparência e participação. Essas duas dimensões, fundamentais para aumentar a eficiência econômica, envolvem a disponibilidade de informações sobre as políticas governamentais, a transparência dos processos de formulação de política e alguma oportunidade para que os cidadãos possam influenciar a tomada de decisão sobre as políticas públicas.

Este tipo de causa raiz sofre alterações quando ocorrem substituições na linhagem política corrente, geralmente se refere às respostas da sociedade de natureza reguladora, sendo encontradas associadas a diferentes causas responsáveis pela degradação dos recursos naturais. Frequentemente os fatores de governança mitigam ou fortalecem as pressões pré-existentes sobre os recursos naturais, não atuando como elemento degradante por si próprios (Marques, 2002b). Encontram-se inseridos nos fatores de governança os aspectos institucionais relacionados à habilidade de condução dos processos sociais por meio dos Poderes Executivo, Legislativo e Judiciário, incluindo a capacidade de estabelecimento de acordos de negociação entre grupos sociais; capacidade em promover cumprimento legal através de estrutura judicial adequada; competência burocrática; capacidade de implantar política de integração capazes de considerar valores ambientais.

Podem ser resumidas como falhas de governança todas as fraquezas institucionais ligadas ao aparato de funcionamento da máquina estatal, tais como fragilidade dos órgãos de fiscalização, falta de contingente treinado e de infra-estrutura.

Instituições Legais (regras do jogo)- As causas raízes relacionadas às instituições legais dizem respeito a toda infra-estrutura jurídica responsável pelos fundamentos legais de uma sociedade. Nesta causas raízes encontram-se as Constituições e as Emendas Constitucionais, Leis Ordinárias e Leis Complementares. Em geral mudanças generalizadas nesta categoria costumam ocorrer após a observação de grandes eventos históricos cujo impacto seja capaz de deflagrar mudanças bruscas, tais quais como guerras, revoluções, início ou fim de períodos ditatoriais, etc. Cabe lembrar que estas causas raízes dizem respeito ao

ciclo compreendido entre a criação e execução de uma determinada base jurídica essencialmente nova, uma vez que pequenas alterações nesta base podem ocorrer em períodos de tempo relativamente curtos, e sem a preexistência de marcos históricos visíveis, não configurando deste modo uma alteração na instituição legal como um todo.

Instituições Sócio-culturais - As instituições sócio-culturais incluem aquelas instituições sociais cujos mecanismos coercitivos se encontram fora da infra-estrutura econômica, jurídica ou política, estando relacionadas aos mecanismos de controle social pertencentes às normas morais, à percepção, às tradições, à religião, às regras de convívio social, ao estilo de vida, à conscientização e compreensão apreendida pelos diferentes grupos sociais envolvidos. Tais instituições são as mais resistentes às mudanças, sendo alteradas em intervalos que variam de 100 a 1000 anos (Williamson, 2002).

Devem ser considerados ainda os fatores catalíticos, sendo estes entendidos como elementos que amplificam ou agravam a degradação ambiental devido às falhas institucionais. Tais elementos, num contexto diferente, com instituições plenamente estruturadas e fortalecidas, não apresentariam obrigatoriamente efeito nocivo ao meio ambiente. Ao contrário das instituições apontadas pelas causas raízes, a relação causa-efeito entre fatores catalíticos e degradação ambiental é difusa e por vezes obscura, havendo necessidade de se investigar caso a caso. Encontram-se listados como fatores catalizadores mais correntes: as pressões demográficas, a pobreza, as escolhas tecnológicas e as estruturas de conhecimento.

É conveniente ressaltar que estes são os cinco elementos básicos componentes da ACC: problema ambiental, aspectos ambientais, causas imediatas, causas setoriais e causas raízes. Entretanto, eventualmente podem ser encontrados subníveis transitórios. Cada modelo deve ser desenvolvido buscando sempre como objetivo último, o estabelecimento da rede de relacionamento entre as principais causas imediatas, setoriais e raízes possibilitando assim identificar aquelas que mais contribuem para o agravamento do problema ambiental em questão.

Esta identificação é útil à formação de políticas públicas, uma vez que freqüentemente diferentes problemas ambientais têm em comum as mesmas causas raízes. A eliminação ou mitigação dessas causas, portanto, poderia resultar na mitigação de mais de um problema ambiental.

A construção de um modelo de Análise da Cadeia Causal, não se constitui em trabalho simples uma vez que busca integrar sobre uma única metodologia, conhecimentos de natureza tão diferenciadas em suas concepções e métodos. Apesar de tal dificuldade, alguns elementos

subsidiários podem se estabelecidos com intuito de fornecer adaptabilidade do modelo às mais diversas situações e uma delas diz respeito à linearidade do modelo.

O processo de construção do fluxograma de relacionamentos é na verdade um exercício de modelagem da realidade complexa, que tem como objetivo último indicar prioridades de atuação. Desta forma muitas das vezes processos complexos, dotados de mecanismos de retroalimentação são apresentados como processos lineares, o que pode apresentar muitas vezes uma representação limitada quando comparada a outras metodologias. Entretanto, a despeito de sua simplicidade e linearidade, a metodologia ACC pode e tem contribuído de forma considerável na identificação de prioridades em bacias hidrográficas ao redor do mundo (South, 2004), em particular no Brasil, nas bacias do Atlântico Sul/Sudeste e Leste (Marques, 2002a) e Pantanal e Alto Paraguai (Domingues, 2003).

Quadro 3. Elementos da Cadeia Causal

| | |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Causas imediatas | Responsáveis por cada Problema Ambiental. |
| Causas setoriais | Representadas pelas atividades econômicas organizadas por setores, responsáveis pelas causas imediatas. |
| Causas raízes | Falhas nos mecanismos de articulação social, ou seja, falhas institucionais. |

As questões básicas a serem respondidas no âmbito da Análise da Cadeia Causal (ACC) da degradação ambiental são:

(1) Quais os fenômenos de natureza física, química e biológica (causas imediatas) que resultam na degradação ambiental?

(2) Quais as atividades econômicas (causas setoriais) que geram tais fenômenos físicos, químicos e biológicos?

(3) Quais são as falhas nos mecanismos de articulação social e quais as circunstâncias que pressionam ou permitem que as atividades econômicas resultem em alterações físicas, químicas e biológicas que por sua vez levam à degradação ambiental?

(4) Finalmente, como tais forças estão interligadas e qual a importância relativa de cada uma delas?

Uma vez que a cadeia causal está construída e validada com dados e informações disponíveis (ex: indicadores), resta partir para a construção e análise das opções políticas e um Plano de Ação Estratégica PAE. Para tanto a pergunta seguinte é:

(5) Quais são as possíveis respostas a essas forças e circunstâncias que podem promover uma redução significativa das pressões sobre os sistemas naturais?

(6) Como tais ações podem ser implementadas de forma sustentável?

Montada a base da rede, são definidas as relações entre os elementos. Foi estabelecido como critério de vinculação as relações diretas de causa e efeito, ou seja, um elemento da rede só está relacionado a outro se para o primeiro for uma causa direta do segundo elemento.

As relações causa-efeito (sempre da direita para a esquerda, seguindo da raiz em direção ao problema) foram representadas por conectores diferenciados por cores.

A construção da cadeia causal é um processo contínuo e inclui melhorias sucessivas através de revisões, que pode se iniciar com a opinião de um grupo de especialistas e terminar com a validação do modelo com a participação dos diversos atores envolvidos (Marques, 2002a).

Revisões devem ser feitas tantas vezes quanto necessárias, em função de novos dados ou opinião embasada de especialistas e demais grupos envolvidos. Entretanto, quando a ACC torna-se muito extensa, sugere-se a eliminação dos *links* de menor relevância e permanência somente daqueles que serão considerados nas etapas subseqüentes de busca por opções políticas de intervenção.

3. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA BACIA TOCANTINS-ARAGUAIA

3.1- Caracterização físico-biótica da bacia Tocantins-Araguaia

A Bacia Hidrográfica Tocantins-Araguaia tem suas cabeceiras nos Estados de Mato Grosso e Goiás e no Distrito Federal, drenando a água de todo o Estado de Tocantins e de parte do Maranhão e do Pará, onde se encontra a sua foz no Oceano Atlântico (Figura 2).

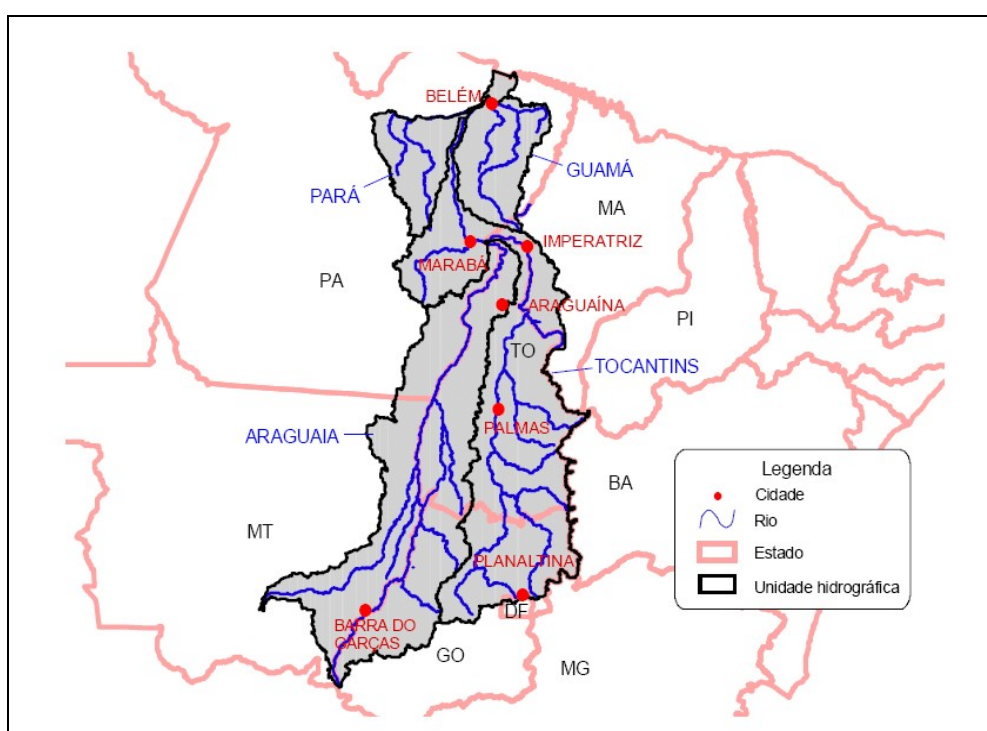


Figura 2. Limites da região hidrográfica Tocantins-Araguaia, estados componentes e principais cidades (Fonte: ANA, 2006).

Segundo dados do MMA (2005) sua área de drenagem corresponde à cerca de 9% do território brasileiro, com aproximadamente 921.921 km², o que lhe confere a posição de maior bacia hidrográfica inteiramente brasileira. A região abrange os estados de Goiás (26,8%), Tocantins (34,2%), Pará (20,8%), Maranhão (3,8%), Mato Grosso (14,3%) e o Distrito Federal (0,1%) (Tabela 3). Boa parte está situada na região Centro-Oeste, desde as nascentes dos rios Araguaia e Tocantins até a sua confluência, e daí para a jusante, adentra na Região Norte até a sua foz (ANA, 2005).

A bacia está localizada entre os paralelos 2° e 18° e os meridianos de longitude oeste 46° e 56°, estando limitada ao Norte pelo estuário do Amazonas, ao Sul pelo Planalto Central, ao Leste pela Serra Geral de Goiás e ao Oeste pela Serra de Carajás (MMA, 2005).

Tabela 3. Participação das Unidades da Federação na região.

| Unidade da Federação | Área | | População | | Municípios | |
|----------------------|-----------------|------|------------|------|------------|------|
| | km ² | % | habitantes | % | número | % |
| Pará | 279.177 | 30,3 | 4.011.453 | 55,9 | 89 | 21,3 |
| Tocantins | 278.423 | 30,2 | 1.181.374 | 16,5 | 139 | 33,3 |
| Goiás | 196.831 | 21,3 | 1.230.978 | 17,1 | 133 | 31,9 |
| Distrito Federal | 767 | 0,1 | 11.795 | 0,2 | 1 | 0,2 |
| Mato Grosso | 135.867 | 14,7 | 290.345 | 4,0 | 32 | 7,7 |
| Maranhão | 30.855 | 3,3 | 451.984 | 6,3 | 23 | 5,5 |
| Total | 921.921 | 100 | 7.177.930 | 100 | 417 | 100 |

Fonte: População: Censo IBGE, 2000.

3.1 Geomorfologia e Pedologia

A região apresenta 6 macro unidades a serem citadas: Planícies, Depressões, Tabuleiros, Chapadas, Planaltos e Patamares. Os principais tipos de solos identificados são Latossolos Vermelho-Amarelo e Vermelho, com texturas variáveis de média a argilosa, constantemente associados a Solos Concrecionais, Neossolos Quartzarênicos, Solos Podzólicos Vermelho-Amarelo e eventualmente, a outros solos (MMA, 2005).

A área considerada agricultável é estimada em 38.231.100 hectares, sendo que os Estados de Goiás e Tocantins ocupam 55% desta parcela e os Estados do Mato Grosso e Pará 41%. Os solos, embora apresentem baixa fertilidade natural, são profundos e bem drenados, como os latossolos e as areias quartzosas. Outra característica relevante é que apresentam boas características físicas, como um relevo plano a suave ondulado, que facilita o emprego de técnicas mecanizadas (SEPIN, 2005).

3.2 Hidrologia

A bacia é constituída pelos rios Tocantins e Araguaia (Figura 3). A vazão média é de 11.800 m³, fornecendo uma vazão específica média de 15,6 L/s.km². O coeficiente médio de escoamento superficial é de aproximadamente 0,30, possuindo um dos menores índices de evaporação do país: 1.169 milímetros por ano.

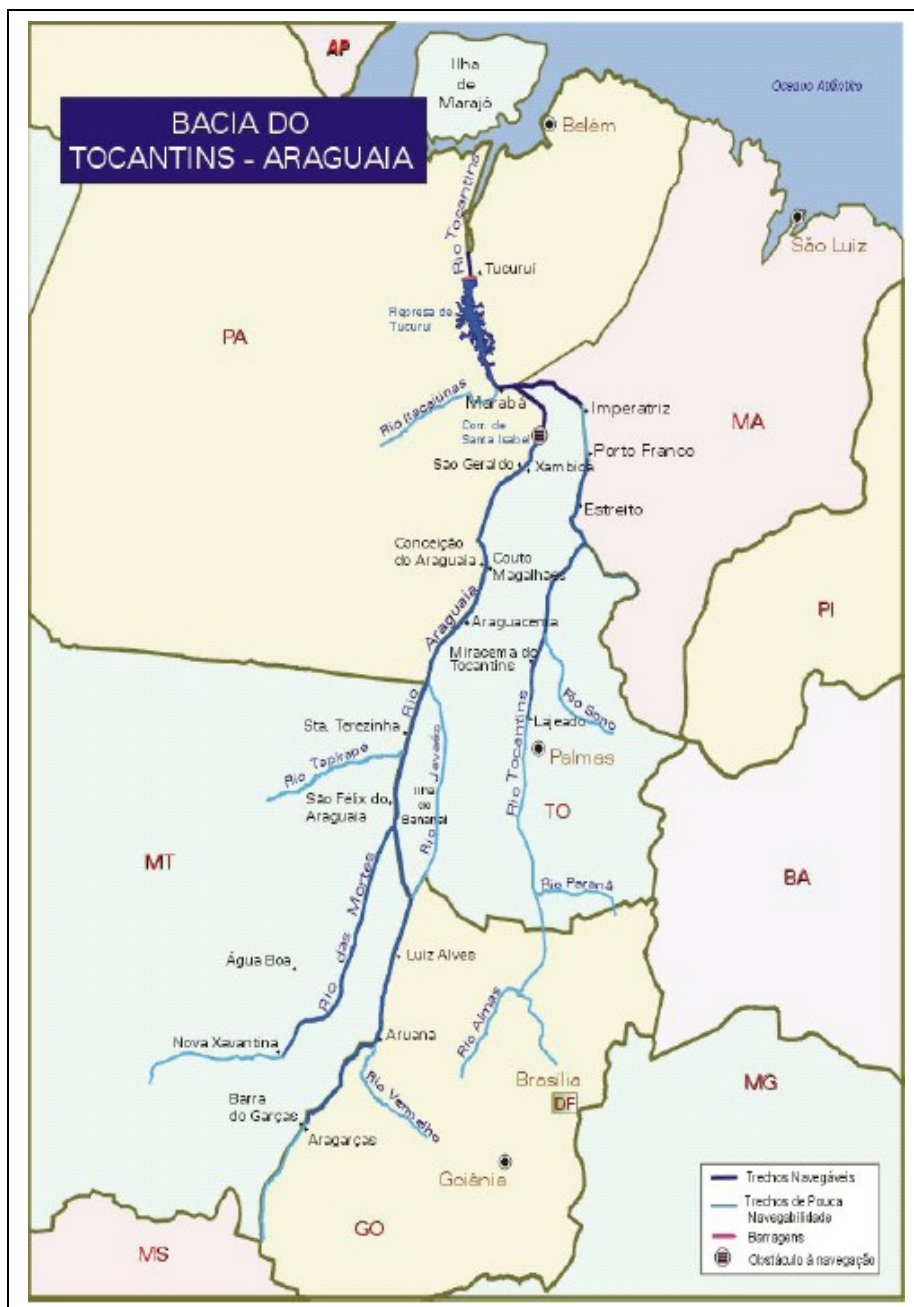


Figura 3. Principais rios que cortam a Região Hidrográfica Tocantins-Araguaia. Fonte: Brasil, 2005.

O rio Tocantins surge a partir da confluência dos rios Almas e Maranhão, cujas nascentes situam-se no interior do Distrito Federal, no Planalto de Goiás, por onde percorre 2.400 km até a sua foz na Baía de Marajó, próxima a Belém do Pará, apresentando uma área de drenagem de 380.8 mil km² (ANA, 2005). Segundo a Companhia de Saneamento do Tocantins-SANEATINS, a água do rio Tocantins poderia ser utilizada para abastecer todos os seres humanos da Terra. A capacidade das águas desse rio é tão grande, que mesmo dividindo

sua vazão diária por sete bilhões de habitantes ainda assim restariam 150 litros de água por pessoa do planeta (SANEATINS, 2006).

A altitude predominante na maior porção da bacia fica entre 500 e 200 m, podendo variar de 1000 m nas nascentes para 100 m na foz. De montante a jusante, os seus principais afluentes pela margem esquerda são os rios Araguaia e Itacaiúnas. Na margem direita encontram-se os rios Bagagem, Tocantinzinho, Paraná, Manoel Alves da Natividade, do Sono, Manoel Alves Grande e Farinha (MMA, 2005).

O rio Tocantins apresenta-se dividido em três trechos distintos (Figura 4):

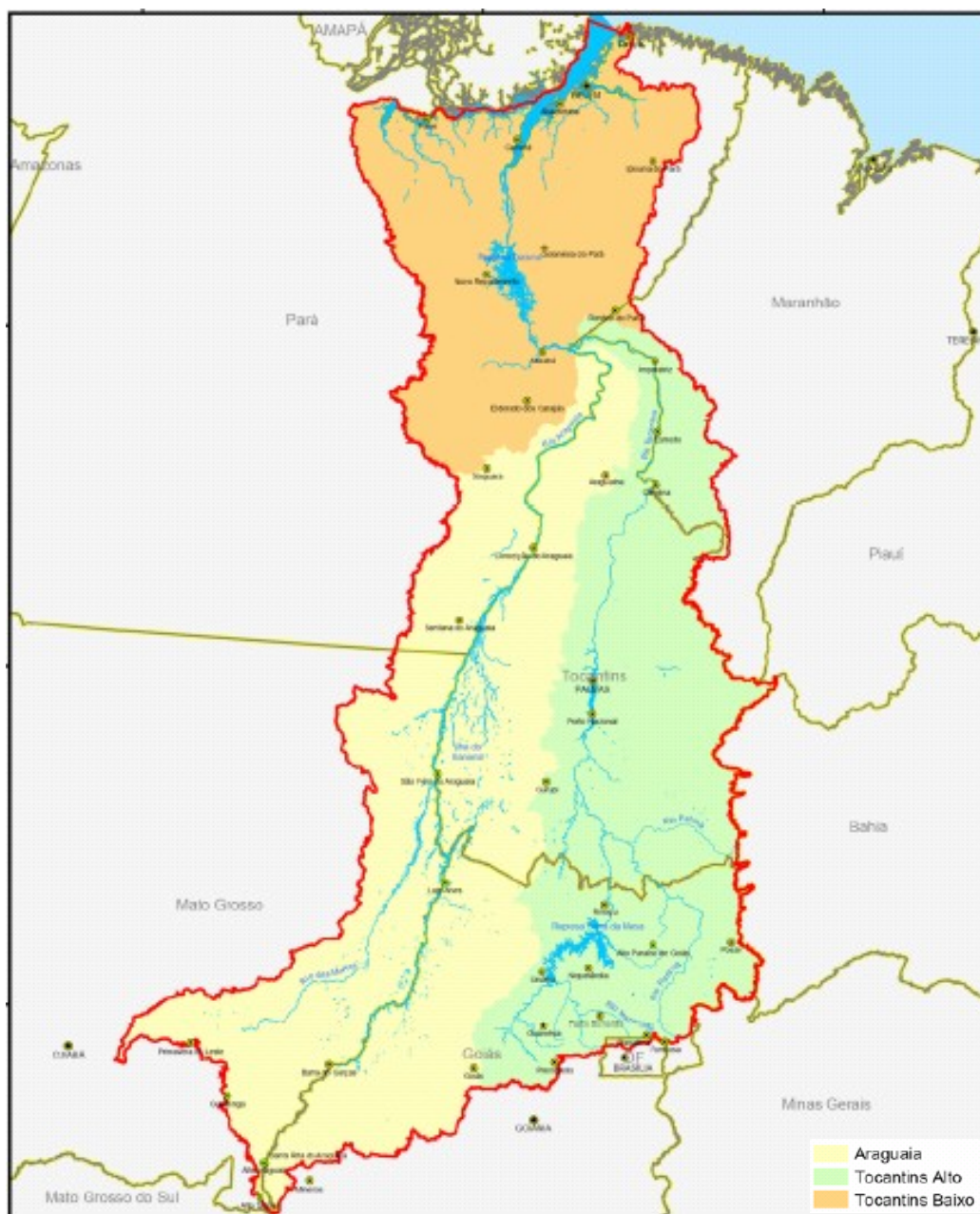


Figura 4. Região hidrográfica Tocantins Araguaia. Fonte: MMA, 2005.

3.2- Caracterização sócio-econômica da bacia Tocantins-Araguaia

3.2.1 Urbanização

Segundo dados do IBGE (2000), a população residente na Região Hidrográfica Tocantins-Araguaia em 1996 era da ordem de 4.385.000 hab, correspondendo a 2,8% da brasileira. A distribuição espacial não era homogênea, com uma densidade demográfica média de 5,39 hab/km², aonde a maior densidade foi observada no Maranhão (15,01 hab/km²) e a menor no Mato Grosso (3,42 hab/km²). Em 2000, a população já alcançava 7.890.714 habitantes (4,7% da população nacional), sendo 72% em áreas urbanas e com densidade demográfica de 8,1 hab/km², ainda bem menor que a densidade demográfica do País (19,8 hab./km²).

Há a predominância expressiva de municípios com até 5.000 habitantes, sendo a rede urbana bastante fragmentada. O número total de centros urbanos corresponde a 54,3%, embora com apenas 13% da população urbana regional.

Tabela 4 Municípios da Bacia Tocantins-Araguaia

| UF | nº municípios | com sede | área na bacia | % | pop na bacia |
|------------------|---------------|----------|---------------|-----|--------------|
| Tocantins | 139 | 139 | 278.417 | 100 | 1.157.098 |
| Goiás | 130 | 121 | 196.799 | 62 | 1.315.971 |
| Mato Grosso | 32 | 28 | 135.753 | 13 | 246.958 |
| Pará | 36 | 31 | 125.843 | 13 | 926.476 |
| Maranhão | 21 | 17 | 29.180 | 9 | 409.647 |
| Distrito Federal | 1 | 0 | 757 | 1 | 266.649 |

Fonte: MMA, 2005.

Entre as principais cidades destacam-se Belém-PA (1.280.614 hab.), Imperatriz-MA (230 mil hab.), Marabá-PA (168 mil hab.), Palmas-TO (137 mil hab.) e Araguaína-TO (113 mil hab.). A maior parte da população se concentra nas unidades hidrográficas do Tocantins e litoral do Pará (Brasil)

A região hidrográfica do Tocantins possui 359 municípios (Tabela 4), além de diversos municípios inseridos, totais ou parcialmente, no seu território. Os dados referentes à população urbana, rural e taxa de urbanização estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. População da Região Hidrográfica do Tocantins-Araguaia

| Unidade hidrográfica | População (hab.) | | | Urbanização (%) |
|----------------------|------------------|-----------|-----------|-----------------|
| | Urbana | Rural | Total | |
| Araguaia | 996.511 | 368.709 | 1.365.220 | 72,9 |
| Tocantins | 1.902.839 | 754.596 | 2.657.435 | 71,6 |
| Pará | 151.239 | 219.691 | 370.930 | 40,7 |
| Acará | 256.755 | 244.559 | 501.314 | 51,2 |
| Guamá | 341.970 | 259.978 | 601.948 | 56,8 |
| Litoral do Pará | 2.058.077 | 335.790 | 2.393.867 | 85,9 |
| Total | 5.707.391 | 2.183.323 | 7.890.714 | 67,7 |

Fonte: ANA (2002 a)

3.2.2 Estrutura da População e Composição Étnica

O processo de ocupação da Região Hidrográfica do Tocantins-Araguaia, com as primeiras investidas de colonizadores europeus, espanhóis e portugueses, teve início no final do século XVI, com a finalidade de escravização da população indígena e obtenção de riquezas minerais (Brasil, 2000)

São encontrados dois grandes grupos lingüísticos e culturais indígenas (AHITAR, 2002): Macro-Jê e Tupi. Os grupos Macro-Jê são os Karajá (Karajá do Norte, Javaé e Karajá), os Xerente e os Xavante (que formam um subgrupo específico, denominado Akuen), os Timbira (Krahô, Apinajé e Krikati) e os Bororo; o único representante do grupo Tupi é o Tapirapé (Ricardo, 1996; Dazanha, 2005). Existem alguns remanescentes dos Avá Canoeiros e uma comunidade quilombola Kalunga ao norte de Goiás (Fundação Palmares, 2005; Cruz & Valente, 2005).

Embora tenha sido observada uma drástica redução populacional e territorial sofrida ao longo dos anos de contato, estes grupos estão conseguindo manter, com alguma dificuldade, sua organização social e política, além de seus complexos sistemas rituais e suas línguas (Koifman, 2001).

3.2.3 Infra-estrutura Social e Ocupação

Esta região encontra-se inserida na área de influência do Corredor Centro-Norte, cujo contorno geográfico delimita parte dos Estados do Maranhão, Goiás, Tocantins, Mato Grosso,

Piauí e Pará, onde estão localizadas áreas produtoras de grãos, madeira e minérios que, juntamente com os derivados de petróleo, representam as principais cargas movimentadas na região. Este corredor canaliza os fluxos das cargas destinadas tanto à exportação, via porto de Itaqui e Ponta da Madeira (MA), quanto ao abastecimento dos mercados internos (AHITAR, 2002).

O processo histórico de ocupação da região apresenta algumas características pautadas principalmente pela exploração dos recursos naturais, pelo avanço da pecuária e da monocultura de soja, pela especulação do preço das terras, pela decorrente expulsão de pequenos proprietários e populações tradicionais e pela chegada de imigrantes, com origens culturais e sociais bastante diferenciadas. Esse quadro permite concluir que a convivência entre os diferentes atores envolvidos acontece em um clima de constante tensão (MMA, 2005).

3.2.4 Economia da bacia e Indicadores Sócio-econômicos

Os indicadores socioeconômicos, para a taxa de mortalidade infantil, apresentam os seguintes valores (por mil nascidos vivos) nas unidades da federação que compõe a região hidrográfica (Tabela 6): Distrito Federal (22,24), Goiás (24,65), Mato Grosso (27,03), Tocantins (32,71), Pará (34,43) e Maranhão (52,79), sendo 33,55% a média nacional. A taxa de mortalidade infantil até um ano de idade, sofreu redução de 50,8 para 36,3 por mil nascidos em 2000, enquanto a esperança de vida ao nascer passou de 63 para 67 anos (IBGE, 2000). O PIB *per capita* das unidades da federação da região hidrográfica é: Maranhão (R\$ 1.402), Tocantins (R\$ 1.832), Pará (R\$ 2.705), Goiás (R\$ 3.603), Mato Grosso (R\$ 4.695), Distrito Federal (R\$ 10.935). Apenas o PIB *per capita* do Distrito Federal é superior a média nacional (R\$ 5.570) (IBGE, 1999). O IDH nas unidades da federação da região hidrográfica é: Maranhão (0,647), Tocantins (0,721), Pará (0,721), Goiás (0,770), Mato Grosso (0,767), Distrito Federal (0,844). O valor de IDH nacional é de 0,769 (MMA, 2005).

Os indicadores de saneamento de todas as unidades hidrográficas apresentam valores inferiores às médias nacionais (Tabela 7). O percentual de abastecimento de água varia de 27% (Acará) a 61,7% (Tocantins). A média regional de atendimento da população por rede de esgoto é de apenas 7,8% e, do percentual de esgoto coletado, apenas 2,4% é coletado. Em 1998, apenas 3,2% dos domicílios da região estavam ligados à rede geral, 14,8% possuíam fossa séptica e 50,5% fossa rudimentar. Para se ter uma idéia da gravidade, o Estado do Tocantins não tinha sistema de coleta de esgoto em rede até 1991, sendo que 47% dos

domicílios possuíam fossa rudimentar e 46% não tinham qualquer tipo de esgotamento sanitário (MMA, 2005).

Tabela 6 Indicadores socioeconômicos das Unidades da Federação

| Unidade da Federação | Mortalidade infantil (%) ¹ | PIB per capita ² | IDH ³ |
|----------------------|---------------------------------------|-----------------------------|------------------|
| Pará | 34,43 | 2.705 | 0,720 |
| Tocantins | 32,71 | 1.832 | 0,721 |
| Goiás | 24,65 | 3.603 | 0,770 |
| Distrito Federal | 22,24 | 10.935 | 0,844 |
| Mato Grosso | 27,03 | 4.695 | 0,767 |
| Maranhão | 52,79 | 1.402 | 0,647 |
| Brasil | 33,55 | 5.740 | 0,769 |

Fontes: ¹ IBGE 2000; ² IBGE 1999; ³ IPEA 2000

Ao longo dos rios vivem cerca de 11 grupos étnicos distintos, totalizando mais de 14.000 pessoas. Os rios são utilizados por essa população como via de transporte, fonte de alimentação, local de banho e até correio (AHITAR, 1999). A maioria vive em casas de sapê com teto de palha. Vivem basicamente da agropecuária de subsistência e da pesca.

A taxa média de analfabetismo para pessoas a partir de 15 anos girava em torno de 35%, chegando a atingir 48,4% em alguns municípios (IBGE, 1991). Percebe-se que a taxa de alfabetização entre os anos de 1991 e 2000 alterou-se de 69,4 para 74,6 mostrando-se próximas das médias nacionais (74,85 e 82,91 respectivamente), enquanto o atendimento ao nível fundamental em 2000 representava 93%, igual à média nacional. O analfabetismo, segundo o Estudo dos Eixos Nacionais de Integração e Desenvolvimento (MMA, 2005), apresenta o terceiro maior percentual do país, entretanto o atendimento ao ensino fundamental é de 93%.

O índice de Gini (IG) mede o grau de desigualdade na distribuição de indivíduos segundo a renda domiciliar *per capita*. Seu valor varia de 0 quando não há desigualdade, a 1 quando a desigualdade é máxima. Observa-se que este índice mostra que a desigualdade social é alta tanto para o Brasil quanto para a região hidrográfica apresentando crescimento desta desigualdade entre os anos de 1991 e 2000 (IG = 0,55 em 1991 e IG = 0,60 em 2000, para a Região; e, IG = 0,61 em 1991 e IG = 0,64 em 2000 para o Brasil) (PNUD, 2004).

Tabela 7. Indicadores de saneamento

| Unidade Hidrográfica | Abastecimento de água (% pop.) | Rede de esgoto (%pop.) | Esgoto tratado (do coletado) (%) |
|-----------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------|
| Araguaia | 54,4 | 4,8 | 3,4 |
| Tocantins | 61,7 | 5,8 | 4,9 |
| Pará | 28,1 | 0,6 | 0,1 |
| Acará | 27,0 | 3,1 | 0,0 |
| Guamá | 36,9 | 1,0 | 0,0 |
| Litoral do Pará | 58,0 | 15,5 | 0,6 |
| Total | 54,5 | 7,8 | 2,4 |
| Brasil | 81,5 | 47,2 | 17,8 |

Fonte: ANA (2002 b)

Os índices de distribuição de água tratada, coleta de esgoto e lixo são insatisfatórios, sendo mais críticas no Maranhão e melhores em Goiás. O saneamento básico da maior parte da região é extremamente precário, estando sempre abaixo da média nacional, com 54% de abastecimento de água em 2000, 7,8% com rede de esgoto e apenas 2,4% com serviço de coleta e tratamento de esgoto (Brasil, 81%, 47% e 17,8%, respectivamente).

Embora ainda não ocorram restrições de ordem quantitativa nos mananciais de superfície utilizados para o abastecimento público, qualitativamente, essas águas se encontram comprometidas. É observada na região uma extensa quantidade de fontes potencialmente poluidoras, difusas e pontuais, podendo ser citadas as originadas de atividades agrícolas, principalmente devido ao uso inadequado do solo e emprego intensivo de agrotóxicos (Freitas, 2000). Essa prática assume uma maior gravidade nas áreas de rizicultura. Outras fontes de degradação ambiental são as extrações minerais, que comprometem a qualidade das águas superficiais dificultando o seu tratamento, e o lançamento *in natura* de efluentes e resíduos urbanos e da pecuária intensivas, principalmente suinocultura e avicultura (Pereira Filho, 2000).

3.2.5 Recursos Minerais e Extrativismo

A região de estudo apresenta grande extensão territorial e, em consequência, uma diversidade no aspecto geológico. Devido a isso, os recursos minerais existentes, além de grande diversificação, podem apresentar concentrações em áreas específicas. A mineração representa importante setor na economia, já que na região hidrográfica encontram-se cerca de 50% da produção de ouro do país e grande parte das reservas nacionais de amianto (92%),

cobre (88%), níquel (86%), bauxita (82%), ferro (64%), manganês (60%), prata (21%) e cassiterita (28%), merecendo destaque a atividade mineradora em Carajás, no Pará (MMA, 2005).

3.2 6-Uso e Ocupação do Solo

A visão de inesgotabilidade, favorecida pela grande disponibilidade de recursos naturais na região, se refletiu nas práticas de uso e ocupação do solo aonde o manejo e a gestão de recursos feitos de forma desordenada tornam a mesma insustentável a médio e longo prazo (Freitas, 2000). Frente a este quadro, é imprescindível a implementação de um Plano de desenvolvimento da Bacia que contemple as diferentes alternativas que a região oferece, conciliando o uso dos recursos naturais com suas aptidões e dentro de limites ambientalmente sustentáveis.

A supressão da vegetação natural por atividades agrícolas é impulsionada pela infraestrutura de transporte intermodal e portos de exportação, refletidas pela supervalorização das terras do sul do Pará e Maranhão, que extrapola a faixa de transição avançando no Bioma Amazônia. A Região Hidrográfica do Tocantins-Araguaia foi desmatada em 18,3% de sua área total (918.279 km²) (La Rovere, 2001). Apesar do decréscimo de áreas desmatadas nos últimos anos, é importante considerar o passivo ambiental da Região e os efeitos que podem vir a comprometer o aproveitamento dos recursos hídricos no futuro (Lima, 2000).

Dentre os diversos usos do solo da Região, destacam-se os projetos de irrigação, mineração, garimpos, os aproveitamentos hidrelétricos, dentre outros. O processo de urbanização também é crescente, devido à disputa de espaço destinado aos projetos de assentamentos do INCRA e às áreas prioritárias para conservação da biodiversidade.

O aproveitamento dos recursos naturais e da vocação rural da região da bacia Região Hidrográfica Tocantins-Araguaia permite, a partir do extrativismo, que o setor rural se beneficie da valoração da natureza, agregando valor e tornando comercializáveis vários produtos regionais como frutas e frutos naturais ou beneficiados; madeiras e produtos madeireiros; insumos para a indústria química e de tecnologia; carne, couro e subprodutos de animais silvestres criados em cativeiros credenciados; patrimônio genético; mel, própolis e outros produtos apícolas; doce, licores e fitoterápicos (MMA, 2005).

3.3 Uso dos recursos hídricos no canal principal

De maneira geral, há carência de informações sobre a qualidade das águas na Região Hidrográfica Tocantins-Araguaia, com poucas estações fluviométricas e pontos de coleta de amostras e monitoramento das águas (MMA, 2005).

Os potenciais conflitos na região quanto à qualidade da água se referem, principalmente, à mineração, ao lançamento de esgotos domésticos e à contaminação por fontes difusas. A poluição de origem doméstica na região ocorre de maneira localizada, próxima aos principais centros urbanos. As baixas percentagens de coleta e tratamento de esgotos domésticos fazem com que sejam relativamente significativas as cargas poluidoras (Galinkin, 2002).

Com relação ao abastecimento da população, a demanda global apresenta baixa expressividade quando comparada as disponibilidades locais. O abastecimento na área urbana e rural é provido por mananciais de superfícies. Dentre os diversos aquíferos encontrados na região hidrográfica Tocantins-Araguaia destacam-se o Ponta Grossa e o Motuca respectivamente com 1,2% e 0,1% de sua recarga na região hidrográfica; sistema aquífero Poti-Piauí com 3,4% de sua recarga na região hidrográfica; Corda com 0,9% de sua recarga na região hidrográfica; Bambuí com 3,2% de sua recarga na região hidrográfica; Barreiras com 6,4% de sua recarga na região hidrográfica; Guarani com 0,4% de sua recarga na região hidrográfica e outros (MMA, 2002).

A Tabela 8 apresenta a situação atual da Região Hidrográfica do Tocantins-Araguaia, em termos de disponibilidades e demandas, onde pode se observar que as unidades hidrográficas dos rios Araguaia e Tocantins apresentam as maiores demandas totais, decorrentes principalmente da irrigação.

Tabela 8. Disponibilidade e demanda de recursos hídricos na Região Hidrográfica do Tocantins-Araguaia

| Unidade Hidrográfica | Área (km ²) | Disponibilidade | | | | | Demanda (m ³ /s) | | | | | | Demanda/Disponib. (%) |
|----------------------|-------------------------|-----------------|-------|-----------------------|--------------------------|------------------------------------|-----------------------------|------------|-----------|-------|-------|-------|-----------------------|
| | | Q | Q | Q ₉ | Urban | Rural | Animal | Industrial | Irrigação | Total | | | |
| Araguaia | | | | Q (m ³ /s) | Q (L/s/km ²) | Q ₉ (m ³ /s) | | | | | | | |
| Araguaia | 386.477 | 1.751 | 1.233 | 6.350 | 16,4 | 1.034 | 1.31 | 1.41 | 9,25 | 0,33 | 45,25 | 45,25 | 4,38 |
| Tocantins | 380.823 | 1.700 | 1.216 | 5.841 | 15,3 | 1.205 | 3,08 | 2,36 | 5,69 | 0,52 | 14,24 | 25,89 | 2,15 |
| Pará | 91.810 | 2.400 | 1.888 | 1.490 | 16,2 | 523 | 0,12 | 0,51 | 0,34 | 0,06 | 0,01 | 1,04 | 0,20 |
| Acará | 34.806 | 2.528 | 2.016 | 565 | 16,2 | 198 | 0,19 | 0,77 | 0,21 | 0,21 | 0,08 | 1,47 | 0,74 |
| Guamá | 49.791 | 2.306 | 1.791 | 808 | 16,2 | 284 | 0,37 | 0,87 | 0,61 | 0,24 | 0,09 | 2,18 | 0,77 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|---------|-------|-------|--------|------|-------|------|------|-------|------|-------|-------|------|
| Litoral do Pará | 23.351 | 2.565 | 2.053 | 379 | 16,2 | 133 | 4,20 | 2,97 | 0,17 | 0,76 | 0,34 | 8,45 | 6,35 |
| Total | 967.059 | 1.869 | 1.365 | 15.433 | 15,9 | 3.377 | 9,27 | 8,90 | 16,28 | 2,13 | 47,70 | 84,29 | 2,50 |
| % do País | 11,3 | - | - | 9,8 | - | 4,3 | 2,0 | 7,3 | 14,1 | 0,8 | 3,9 | 3,9 | - |

Fonte: ANA (2005).

3.3.1 Agricultura

A Bacia Hidrográfica do Tocantins Araguaia no contexto econômico atual é uma região de expansão da fronteira agrícola, apresentando grande potencial para a agricultura irrigada, principalmente para o cultivo de frutíferas, de arroz e outros grãos (como o milho e soja).

A agricultura regional é pouco diversificada, destacando-se que, até 1975, as lavouras de arroz, feijão, mandioca e milho representavam quase 86,5% da superfície destinada a culturas temporárias. Em meados da década de 80, aparece a soja, hoje uma cultura de destaque regional, e o arroz irrigado. Em 1985, as áreas cultivadas com arroz, milho, feijão, soja e cana-de-açúcar representavam 84% do total das culturas temporárias e em 2002, a soja representava mais de 40% do total das culturas temporárias.

3.3.2 Pecuária

A pecuária desenvolvida na região está voltada basicamente para a produção de carne (bovinos e suínos) e, subsidiariamente, para a produção leiteira e de tração animal. O gado bovino é o principal consumidor de água na região. Só no estado de Tocantins, em 2002, o rebanho bovino era de 7.216.981 cabeças (MMA, 2005).

3.3.6 Demandas associadas aos principais usos consultivos

Demanda Residencial Urbana: A demanda é de 9,27 m³/s (17% da demanda total), é cerca de metade dela se concentra na unidade hidrográfica do Litoral do Pará, onde se localiza a cidade mais populosa da Região Hidrográfica (Belém), com 1,28 milhões de habitantes (MMA, 2005).

Demanda Residencial Rural: A demanda é de 8,90 m³/s (4% da demanda total), e se concentra nas unidades hidrográficas do Araguaia, Tocantins e Litoral do Pará (MMA, 2005).

Demanda Animal: A demanda animal é significativa (16,28 m³/s), representando 28% da demanda total; da região hidrográfica, e se concentra nas unidades hidrográfica do Araguaia e Tocantins (MMA, 2005).

Demanda Industrial: A maioria das industrias instaladas são de pequeno porte, tornando a demanda industrial pouco significativa. A demanda industrial estimada é de 2,13 m³/s, correspondendo a cerca de 4% do total da Região Hidrográfica. São observados os segmentos de metalurgia, alimentos, beneficiamento de madeira, mobiliário, couros, laticínios, cerâmicas e outros (MMA, 2005).

Demanda de irrigação: A irrigação corresponde a 47% da demanda total (47,70 m³/s), com uma demanda unitária de 0,439 L/s/ha, se concentrando na unidade hidrográfica do Araguaia devido ao cultivo de arroz por inundação. A área irrigada é estimada em 108.628 ha, sendo que a demanda de irrigação varia entre 9,75 e 161,56 m³/s nos meses de menor e maior demanda, respectivamente. As unidades do Tocantins e Araguaia apresentam as maiores demandas para irrigação e dessedentação animal (MMA, 2005).

Ao se comparar os valores demandados por setor, verifica-se que a irrigação é o maior usuário consuntivo e com a maior expectativa de crescimento em relação aos demais (Figura 5).

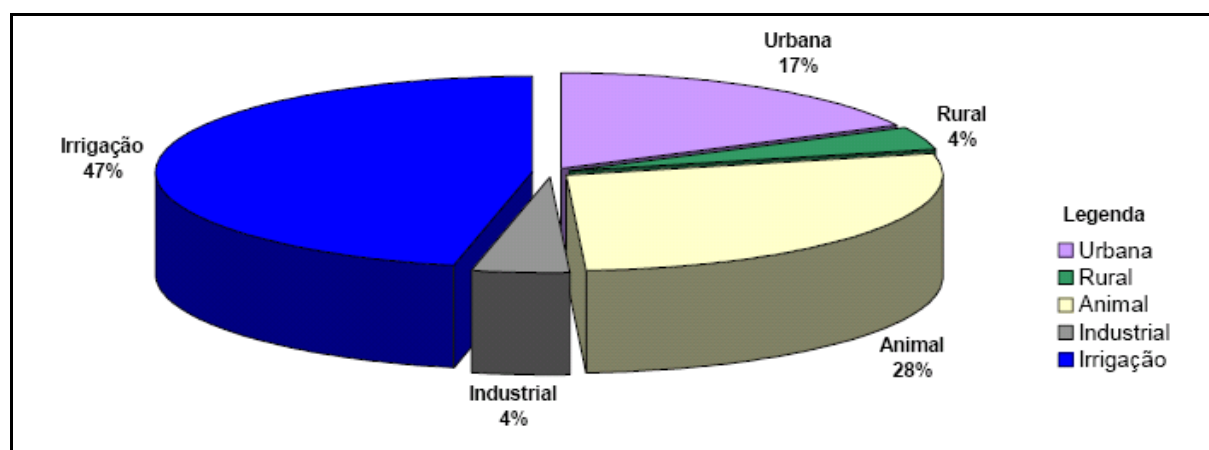


Figura 5. Distribuição Percentual das Demandas de água por Tipo de Atividade na Bacia Hidrográfica do Rio Tocantins (Fonte: SRH/MMA, 2005)

3.4 Usos não consuntivos potenciais e aspectos relacionados aos Recursos Hídricos

3.4.1 Geração de Energia Elétrica

O Potencial Hidrelétrico total da Região Hidrográfica do Tocantins-Araguaia, segundo o Plano Decenal de expansão 2003-2012 do setor elétrico, é de 26.285 MW (Tabela 9), destacando-se, em ordem de importância as bacias dos rios Tocantins, Araguaia, Paranã, Sono e Itacaiunas.

Tabela 9. Potencial na Região Hidrográfica Tocantins-Araguaia (MW)

| Sub-bacia | Remanescente | Individuado | Subtotal estimado | Inventário | Viabilidade | Projeto básico | Construção | Operação | Desativado | Subtotal invent. | Total |
|-----------|--------------|-------------|-------------------|------------|-------------|----------------|------------|----------|------------|------------------|--------|
| 20 | 332 | - | 332 | 754 | - | 37 | - | 1.277 | - | 2.068 | 2.400 |
| 21 | 907 | - | 907 | 680 | 280 | 98 | 34 | 511 | 1 | 1.604 | 2.511 |
| 22 | 323 | - | 323 | 1.409 | - | - | 452 | 934 | - | 2.795 | 3.117 |
| 23 | 123 | - | 123 | 967 | 2.415 | - | - | 1 | - | 3.384 | 3.507 |
| 24 | 124 | - | 124 | 681 | 150 | 111 | - | 3 | - | 945 | 1.069 |
| 25 | 57 | - | 57 | - | - | - | - | - | - | - | 57 |
| 26 | 7 | - | 7 | 396 | - | 132 | - | 13 | - | 541 | 548 |
| 28 | - | - | - | 960 | 1.080 | - | - | 3 | - | 2.043 | 2.043 |
| 29 | - | 128 | 128 | 2.478 | - | - | 4.125 | 4.240 | - | 10.843 | 10.971 |
| 31 | 63 | - | 63 | - | - | - | - | - | - | - | 63 |
| | 1.936 | 128 | 2.064 | 8.325 | 3.925 | 378 | 4.611 | 6.981 | 1 | 24.221 | 26.285 |

Fonte: ANA/SUM, 2004

A Bacia do Tocantins-Araguaia apresenta grande potencial hidrelétrico, totalizando mais de cinquenta aproveitamentos já inventariados, entre pequenas centrais hidrelétricas e usinas de maior porte, das quais algumas já se encontram em operação (Tabela 4) e somam-se ao potencial considerado para a área (Tabela 5). O parque gerador hidrelétrico em operação da bacia é de 8.110 MW, podendo ser esperado para o horizonte de 2012 o acréscimo de mais 8.525 M, perfazendo um total de 16.635 MW (Da Hora, 2005). A maior parte dos aproveitamentos hidrelétricos pode ser identificada nos afluentes da margem direita do rio Tocantins e nas cabeceiras dos rios Tocantins e Araguaia.

Entre as hidrelétricas destacam-se a usina de Tucuruí localizada no baixo Tocantins, e as usinas Serra da Mesa, Cana Brava e Luis Eduardo Magalhães (Lajeado), localizadas no alto Tocantins (Figura 6). Somente a usina de Tucuruí é responsável pelo abastecimento de energia elétrica de 96% do estado do Pará e 99% do Maranhão.



Figura 6. Configuração Topológica dos Principais Aproveitamentos Hidrelétricos dos Rios Tocantins e Araguaia. Fonte: ELETROBRAS, 1990.

Tabela 10. Usinas Hidrelétricas em Operação na bacia do Rio Tocantins

| Usina | Curso d'água | Sub-Bacia | Concessionário | Potencia Instalada (MW) |
|---------------|----------------|------------------------|----------------|-------------------------|
| São Patrício | Almas | Tocantins | CHESP | 3,01 |
| Serra da Mesa | Tocantins | Tocantins | FURNAS | 1.275 |
| Cana Brava | Tocantins | Tocantins | TRACTEBEL | 471,6 |
| Mambai | Corrente | Paraná/Tocantins | CELG | 0,35 |
| São Domingos | São Domingos | Paraná/Tocantins | CELG | 12 |
| Mosquito | Mosquito | Palma/Paraná/Tocantins | CELG | 0,43 |
| Taguatinga | Abreu | Palma/Paraná/Tocantins | CELTINS | 1,8 |
| Sobrado | Sobrado | Palma/Paraná/Tocantins | CELTINS | 4,82 |
| Ponte Alta | Ponte Alta | Palma/Paraná/Tocantins | CELTINS | 0,28 |
| Diacal I | Palmeiras | Palma/Paraná/Tocantins | CELTINS | 0,8 |
| Diacal II | Palmeiras | Palma/Paraná/Tocantins | CELTINS | 5,04 |
| Agro Trafo I | Palmeiras | Palma/Paraná/Tocantins | CELTINS | 5,0 |
| Agro Trafo II | Palmeiras | Palma/Paraná/Tocantins | CELTINS | 9,04 |
| Dianopolis | Manoel Alvinho | Manoel Alves/Tocantins | CELTINS | 5,5 |
| Bagagem | Bagagem | Manoel Alves/Tocantins | CELTINS | 0,48 |
| Lajeado | Lajeado | Tocantins | CELTINS | 1,8 |
| Luis Eduardo | Tocantins | Tocantins | INVESTCO | 902,5 |

| | | | | |
|-----------------------------|------------------------|--------------------------|---------------|-------|
| Magalhães (Lajeado) | | | | |
| Isamu Ikeda | Balsas | Sono/Tocantins | CELTINS | 27,6 |
| Tucuruí 1 e 2 | Tocantins | Tocantins | ELETRONORTE | 5.365 |
| Alto Araguaia I | Araguaia | Araguaia | CEMAT | 0,4 |
| Alto Araguaia II | Araguaia | Araguaia | CEMAT | 0,8 |
| São Domingos (Torixoreu) | São Domingos | Araguaia | CEMAT | 2,4 |
| Nova Xavantina | Ribeirão Galheteiro | Pindaíba/Mortes/Araguaia | CONSPAVI | 2,61 |
| Primavera | Mortes | Mortes/Araguaia | CEMAT | 2,32 |
| Salto Belo | Noidore | Mortes/Araguai | ENERCOOP | 4,0 |
| Noidore | Noidore | Mortes/Araguai | ELOI BRUNETTA | 1,0 |
| Peixe Angical | Tocantins | Tocantins | ENERPEIXE | 452 |

| Usina | Curso d'água | Sub-Bacia | Concessionário | Potencia Instalada (MW) |
|-----------|--------------|-------------------------|----------------|----------------------------|
| Água Suja | Noidore | Noidore/Mortes/Araguaia | ELOI BRUNETTA | 1,6 |
| Corujão | Lontra | Araguaia | CELTINS | 0,68 |
| Lajes | Lajes | Corde/Araguaia | CELTINS | 2,06 |
| | TOTAL | 8.110 | | |

Fonte: Da Hora, 2005.

Do total da potência hidráulica instalada no país, cerca de 10% está na região Hidrográfica Tocantins-Araguaia. O potencial desta região é limitado principalmente pelas crescentes restrições ambientais, em função da valorização de ambientes naturais e da biodiversidade, e da distância dos centros consumidores (AHITAR, 2002).

Tabela 11 Usinas Hidrelétricas em Construção, Contratadas e em Viabilidade

| Fase | Usina | Curso d'água | Sub-Bacia | Concessionário | Potência Instalada (MW) | Total (MW) |
|------------------------|------------------|---------------|-----------|----------------|----------------------------|---------------|
| Construção | Tucuruí 2 | Tocantins | Tocantins | ELETRONORTE | 3.000 | |
| Contrato de concessão | Sao Salvador | Tocantins | Tocantins | SAO SALVADOR | 241 | 2.565 |
| | Estreito | Tocantins | Tocantins | CESTE | 1.087 | |
| | Couto | Araguaia | Araguaia | ENER-REDE | 150 | |
| | Magalhaes | | | | | |
| Viabilidade em análise | Santa Isabel | Araguaia | Araguaia | GESAI | 1.087 | 2.508 |
| | Ipueiras | Tocantins | Tocantins | INVESTCO | 480 | |
| | Tupirantins | Tocantins | Tocantins | INVESTCO | 620 | |
| | Serra | Tocantins | Tocantins | ALCOA/BILINTON | 1.328 | |
| | Quebrada Mirador | Tocantinzinho | Tocantins | FURNAS | 80 | |

Fonte: Da Hora, 2005.

Dentre as Usinas Hidrelétricas instaladas a de Tucuruí merece especial atenção por ser a de maior potência instalada (4.240 MW) e área inundada na região (2.800 km²), além de se prever a duplicação de potência sem aumento do reservatório (MMA, 2005). Os principais aproveitamentos em operação na bacia são: Serra da Mesa, Cana Brava, Luís Eduardo Magalhães e Tucuruí, que juntos somam uma potência de 8014 MW (Tabelas 10 e 11).

3.4.2 Navegação

O transporte hidroviário aparece com destaque nas questões nacionais. É um modal estratégico para o escoamento da produção agrícola nacional e para propiciar ao país condições competitivas no mercado internacional. O baixo custo operacional, quando associado a impactos ambientais de menor intensidade, se comparados com outras formas de transporte, coloca este modal em posição diferenciada (AHITAR, 1999).

A hidrovía Tocantins-Araguaia detém milhares de quilômetros navegáveis sendo uma das mais promissoras vias de transporte aquaviário, por sua extensão e pela sua posição geográfica. Porém a movimentação de cargas é ainda incipiente, uma vez que a continuidade da navegação vem sendo obstruída pela protelação da conclusão das eclusas da barragem de Tucuruí e pela indefinição da construção de eclusas na barragem de Santa Isabel. Algumas obras necessárias a perenização de sua utilização estão na dependência de licenciamento ambiental (AHITAR, 2002).

3.4.3. Turismo e Pesca

A região Hidrográfica Tocantins-Araguaia apresenta inúmeros atrativos turísticos, para os mais diversos segmentos, desde o turismo de eventos, nos grandes centros urbanos, até o ecoturismo e turismo de aventura, passando pela pesca esportiva. Dentre as atrações destacam-se os rios Tocantins e Araguaia, com inúmeras praias em toda sua extensão (Freitas & Rivas, 2006).

A formação de praias durante o período de estiagens constitui-se em importante fator de lazer para as populações da região, e de turismo interno para as suas economias. O reconhecimento dos atrativos oferecidos pelas praias do Araguaia alcança os mais variados

públicos e regiões do país e mesmo do exterior. Embora a área de maior procura esteja localizada nas proximidades de Conceição do Araguaia, a formação das praias estende-se por todo o leito do rio, até o seu encontro com o rio Tocantins, na região do bico do papagaio (MMA, 2005).

A atividade do ecoturismo está crescendo em toda região e abrange em sua conceituação, a dimensão do conhecimento da natureza, a experiência educacional interpretativa, a valorização das culturas tradicionais locais e a promoção do desenvolvimento sustentável (AHITAR, 1999).

A região possui uma extensa rede hidrográfica, detendo um potencial pesqueiro significativo, entretanto, a pesca é uma atividade de pequena expressão econômica. Restringe-se, em grande parte, as populações ribeirinhas e indígenas dos principais cursos d'água, para as quais, dada a facilidade de captura e à abundância de pescado, se constitui em uma atividade essencial, sendo complementar à agricultura de subsistência, ao extrativismo e a caça, o que torna a proteção dos recursos hídricos e do equilíbrio ecológico dos rios de fundamental importância para essas atividades. A atividade só assume caráter comercial na proximidade dos maiores centros urbanos, onde se verifica a presença de comunidades pesqueiras ribeirinhas, prevalecendo a pesca artesanal (THEMAG, 2000).

O Rio Araguaia, entre Aruanã e Luiz Alves, recebe anualmente cerca de 18.000 pescadores amadores, principalmente na alta temporada que tem seu pico no mês de julho, onde centenas de acampamentos são montadas nas praias, ao longo do curso do rio. As principais espécies capturadas pela pesca amadora são pacu-caranha, matrinxã, pirarucu, piau-cabeça-gorda, piau-flamengo, pacu-manteiga, pacu-prata, sardinha, corvina, traíra entre os peixes de escama; e, filhote, cachara, barbado, pirarara, jaú, mandubé ou fidalgo, surubim-chicote, bico-de-pato, mandi entre os peixes de couro (THEMAG, 2000). O rio Tocantins também já é um destino de pescadores amadores. O reservatório de Tucuruí, no baixo Tocantins, promove anualmente o Torneio de Pesca da Amazônia - TOPAM e o reservatório de Serra da Mesa, no alto Tocantins, também está atraindo grande número de pescadores amadores. Outros reservatórios estão previstos para a bacia, principalmente no rio Tocantins. (AHITAR, 1999).

Uma vez que a região possui cerca de 300 espécies de peixes a pesca pode ser uma tendência para o desenvolvimento econômico sustentável da região. Em vista que a região apresenta uma diversidade de atrativos naturais (lagoas, praias, rios, cachoeiras, grutas e cavernas), a mesma oferece oportunidades para o turismo de lazer e para o ecoturismo. Podem ser

destacadas as utilizações múltiplas dos lagos formados pelos barramentos das hidroelétricas de Serra da Mesa, Peixe Angical, Lajeado ou Luís Eduardo Magalhães e Tucuruí. O Rio Araguaia, no seu período de estiagem, forma praias de areias brancas que atraem milhares de turistas (ENGEVIX, 2001).

3.4.4. Transposição da Bacia

O projeto de transposição do Rio Tocantins idealizado pelo Governo Federal tem como objetivo a captação das águas da sua bacia e bombeamento das mesmas para a bacia do rio São Francisco, no estado da Bahia. O valor do projeto seria estimado em cerca de US\$ 1,2 bilhões. Segundo a proposta apresentada pelo Ministério da Integração Nacional – MI, a região do Jalapão seria o local ideal para a transposição, pois aí estão situadas as nascentes do rio do Sono, e especificamente, a Lagoa dos Três Rios, local escolhido topograficamente para galgar o divisor de águas (Mamede *et al.*, 2002). A região do Jalapão é constituída por extensas coberturas coluviais arenosas, muito suscetíveis à erosão. A maior parte das águas das chuvas é absorvida e a infiltração gera a lixiviação do solo, com conseqüente empobrecimento do mesmo, podendo ser associada à vegetação baixa e escassa (MMA, 2005).

O projeto tem por objetivo transpor uma vazão máxima de até 70 m³/s para reforço à bacia do rio São Francisco. Os estudos hidrogeológicos elaborados indicaram que a vazão $Q_{7,10}$ no local é da ordem de 83,7 m³/s. Portanto, após a transposição, a vazão remanescente no rio será de cerca de 15% da $Q_{7,10}$, insuficiente para a manutenção da biota aquática (AHITAR, 1999).

3.5- Instituições Governamentais relacionadas com RHs e Meio Ambiente

As principais instituições governamentais relacionadas com os Recursos Hídricos na região são (EPE, 2005):

No Distrito Federal a Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Distrito Federal – SEMARH executa a Política Ambiental do Distrito Federal. A atividade de fiscalização ambiental realiza-se, muitas vezes, em conjunto com outras entidades do Governo do Distrito Federal e Governo Federal. A Agência Reguladora de Água e de Saneamento do Distrito Federal (ADASA), tem como finalidades básicas regular, controlar e fiscalizar a

qualidade e a quantidade da água, bem como o serviço de abastecimento de água e de esgotamento sanitário.

No Estado de Goiás a Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos – SEMARH constitui-se em órgão da administração direta do Poder Executivo atuando como organismo operativo para implementar as decisões do Conselho. A SEMARH atua como órgão seccional, coordenador do Sistema Nacional do Meio Ambiente – SISNAMA. A Agência Ambiental de Goiás tem a missão de garantir a qualidade ambiental, através do monitoramento, fiscalização e do licenciamento de atividades potencialmente poluidoras.

No Estado do Maranhão a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Naturais – SEMA é responsável pela coordenação e execução de ações e planejamentos voltados para o meio ambiente. Não existe nenhum Consórcio entre municípios, atuando na região hidrográfica do Tocantins-Araguaia e o estado ainda não elaborou o Plano Estadual de Recursos Hídricos. A outorga ainda não está legalmente implantada, estando a Secretaria emitindo autorizações em caráter precário. Em curto prazo, não estão previstas ações da SEMA, na Região Hidrográfica Tocantins-Araguaia.

No Estado do Mato Grosso existe o Conselho Estadual de Meio Ambiente e a Fundação Estadual do Meio Ambiente do Mato Grosso - FEMA. Os licenciamentos e a fiscalização ambiental, de empreendimentos em geral, são de responsabilidade desta Fundação, que também desenvolve estudos relativos às bacias hidrográficas.

No Estado do Pará a Secretaria Executiva de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente – SECTAM é o órgão do governo estadual encarregado de coordenar, executar e controlar as atividades relacionadas ao desenvolvimento científico e tecnológico e à proteção e conservação do meio ambiente.

No Estado do Tocantins a Secretaria de Planejamento-SEPLAN é responsável pela coordenação de políticas de Planejamento e Orçamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, e Gestão do território Tocantinense, dando suporte às tomadas de decisão, bem como subsidiando o desenvolvimento do Estado. O Instituto Natureza do Tocantins (NATURATINS) é a autarquia do Governo do Estado do Tocantins responsável pelo controle, fiscalização, monitoramento e licenciamento de atividades geradoras de poluição.

3.6.- Dispositivos legais relacionados à bacia hidrográfica

Embora apresentem falta de uniformidade nas estruturas, os estados que compõem a Região Hidrográfica do Tocantins-Araguaia contemplam na sua maioria os órgãos normatizadores, gestores e executores de política ambiental. Entretanto, a base desse Sistema que é formado pelos Órgãos executores municipais e Conselhos Municipais de Meio Ambiente, ainda estão muito incipientes merecendo especial atenção para a ampla participação da sociedade na elaboração e acompanhamento das políticas ambientais, desde os municípios (EPE, 2005).

Os principais dispositivos legais relacionados à bacia hidrográfica do Tocantins-Araguaia são listados no Anexo 3.

4. ESTUDO DE CASO (UHE SÃO SALVADOR E UHE PEIXE ANGICAL)

4.1-Definição da área de estudo

O AHE Peixe Angical foi projetado para ser implantado no Rio Tocantins, à jusante da confluência do Rio Paranã, 30km ao sul da cidade de Peixe. O reservatório afetará terras dos municípios de Peixe, São Salvador, Paranã e Palmeirópolis, no Estado do Tocantins (THEMAG, 2000). Iniciada em abril de 2002, a construção foi interrompida por quase um ano. A usina, com previsão de iniciar a geração da primeira das três unidades em maio de 2006, tem um investimento de R\$ 1,5 bilhão. Deste montante, R\$ 670 milhões são financiados pelo BNDES e um consórcio de bancos privados (FURNAS, 2005). A Aneel publicou dia 02/08/2006 o despacho que autoriza a entrada em operação comercial do segundo conjunto gerador do aproveitamento hidrelétrico de Peixe Angical (ELETROBRAS, 2006).

O Aproveitamento Hidrelétrico de São Salvador deve ser construído no Rio Tocantins, cerca de 12 km a montante do município de São Salvador do Tocantins. A área de influência é constituída pelo território ocupado pelos municípios de São Salvador do Tocantins, Paranã, Palmeirópolis, Cavalcante e Minaçu (ENGEVIX, 2001). A ANEEL, através da Resolução Autorizativa nº 536, de 20 de abril de 2006, declarou de utilidade pública, para fins de desapropriação, em favor da Companhia Energética São Salvador - CESS, as áreas de terra que específica, necessárias à implantação da UHE de São Salvador (ANEEL, 2006).

O Rio Tocantins pode ser compartimentado segundo os seguintes conjuntos ambientais (ENGEVIX, 2001):

Leito do Rio Tocantins e dos tributários de maior porte - Compreende o canal principal do rio e seu canal secundário aonde se distinguem os sistemas de corredeiras e de praias;

Formações lânticas - Engloba lagoas, brejos e demais alagadiços;

Rios e riachos - Reúne os sistemas fluviais afluentes ao Tocantins na área de influência.

O tipo de fundo predominante no Rio Tocantins e nos tributários (exceto riachos) é caracterizado por seixos e areia. Em alguns trechos há uma variação entre rochoso e lodoso. O leito do Rio Tocantins, embora consista um ambiente limitante para diversas espécies de peixes de pequeno porte, reúne grande riqueza de taxa, notadamente de formas de médio e grande porte e de grupos de importância econômica local (THEMAG, 2000).

As áreas marginais, por exibirem maior riqueza de ambientes, gerado especialmente pelas macrófitas fixa ou flutuantes favorecem a manutenção de taxa de pequeno porte e formas juvenis de vários grupos. Pequenos riachos, que formam a maior parte das redes de drenagem associadas aos reservatórios mantêm um conjunto muito diversificado de espécies, refletindo a heterogeneidade de ambientes que se estabeleceram ao longo dos gradientes lóticos. Ambientes de corredeiras estabelecidas no alto curso dos riachos ou em áreas nos quais há súbita mudança no relevo exibem diversos cardumes de pequeno porte, os quais tendem a se concentrar nos poços logo abaixo de pequenas quedas d'água (ENGEVIX, 2001).

A área guarda arranjos ictiofaunísticos de especial valor bioconservacionista sendo destacada, tanto no que se refere ao Alto Tocantins como ao Médio Tocantins (em especial os afluentes da margem direita) como áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade aquática (BIODIVERSITAS, 1999).

Deslocamentos ao longo do canal se desenvolvem entre outubro e fevereiro. Neste processo, as áreas nas quais se planeja a implantação dos empreendimentos em estudo constituem a principal rota migratória de tais taxa (THEMAG, 2000).

Na área em estudo, os canais principais dos rios Tocantins e Paranã atuam como principal centro de biodiversidade da fauna de peixes. Esta condição deriva, especialmente das condições intermitentes de grande parte de seus tributários menores, aspecto este, possivelmente relacionado com o assoreamento dos sistemas devido às atividades antrópicas estabelecidas na bacia (THEMAG, 2000).

Inventário Faunístico

Com relação ao inventário ictiofaunístico, estudos realizados na região (THEMAG, 2000) resultaram na captura de 173 espécies de peixes, pertencentes a 103 gêneros e 32 famílias. Dentre as sete ordens de peixes representadas, Characiformes (57,22%), Siluriformes (31,21%) e Perciformes (9,64%) foram as mais representativas em número de espécies (Figura 7). Dentro do arranjo de espécies da região, que inclui diversos taxa de valor ornamental, inserem-se grupos de peixes com hábitos migratórios, uma característica bionômica que torna estas espécies particularmente sensíveis ao estabelecimento de empreendimentos de geração hidrelétrica (Godinho, 2000). A atividade migratória tem início no período das águas baixas (março a setembro), quando as espécies migram das áreas de inundação e de tributários, deslocando-se para o canal principal do Rio Tocantins (THEMAG, 2000).

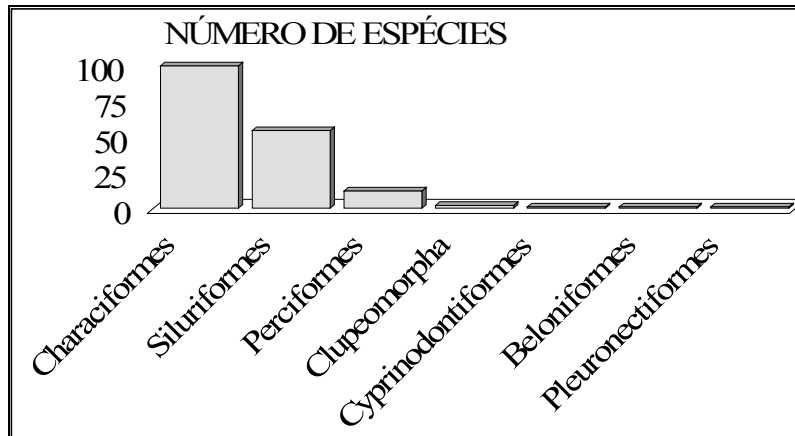


Figura 7. Número de espécies capturadas em cada ordem

As aves aquáticas ou de alguma forma associadas aos cursos d'água ocupam diversos habitats nas margens dos corpos d'água ou áreas alagadiças (Tabela 12).

Os Crocódilia estão representados por três espécies de jacarés, ambas escassas e de vida quase exclusivamente aquática, e que ocorrem ao longo dos corpos d'água e da vegetação que ocupa as margens dos rios (Tabela 13) (IUCN, 1982). Estudos demonstram que existe uma relação entre os tipos de habitat utilizados pelas diferentes espécies de crocodilianos e sua suscetibilidade à extinção, sendo que para algumas delas a conservação dos ambientes aquáticos parece ser relativamente suficiente para a manutenção da espécie (Magnusson, 1986, 2002).

As espécies de Chelonia são escassas no cerrado, agrupadas em três famílias: Pelomedusidae (tartarugas) de hábitos aquáticos, Chelidae (cágados) e Testudinidae (jabutis) de hábitos terrestres. No caso das espécies aquáticas (*Podocnemis expansa*, *Podocnemis unifilis*), a presença de extensas praias de areia na época seca mostram-se como os principais condicionantes ambientais para a reprodução dessas espécies. Nenhuma destas espécies encontra-se na lista oficial da fauna brasileira ameaçada de extinção, porém *P. expansa* pode ser considerada vulnerável, em decorrência da depleção populacional sofrida pela caça predatória em décadas passadas, bem como devido à destruição de ambientes adequados à sua reprodução (Malvasio *et al.*, 2001).

O levantamento taxonômico da comunidade fitoplânctônica da área de influência do AHE Peixe Angical permitiu a identificação de 71 táxons em 50 gêneros, dos quais foram identificadas 48 espécies (THEMAG, 2000). Esta análise demonstrou a ocorrência de

organismos pertencentes às classes: Chlorophyceae e Zygnemaphyceae (Divisão Chlorophyta); Chrysophyceae, Diatomophyceae (Divisão Chromophyta ou Chrysophyta); Cyanophyceae (Divisão Cyanophyta ou Cianoprocariontes); Euglenophyceae (Divisão Euglenophyta); Dinophyceae (Divisão Pirrophyta).

Tabela 12. Aves aquáticas associadas aos cursos-d'água

| | |
|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| <i>Gallinula chloropus</i> (frango-d'água) | <i>Neochen jubata</i> (pato-corredor) |
| <i>Porphyryla martinica</i> (frango-d'água-azul) | <i>Gallinago gallinago</i> (narceja) |
| <i>Ardea cocoi</i> (maguari) | <i>Cairina moschata</i> (pato-do-mato) |
| <i>Butorides striatus</i> (socó) | <i>Phalacrocorax olivaceus</i> (biguá) |
| <i>Amazonetta brasiliensis</i> (marreca-pé-vermelho) | <i>Syrigma sibilatrix</i> (maria-faceira) |
| <i>Dendrocygna viduata</i> (irerê) | <i>Nycticorax nycticorax</i> (socó-dorminhoco) |
| <i>Podylimbus podiceps</i> (mergulhão) | <i>Pilherodius pileatus</i> (garça-real) |
| <i>Cairina moschata</i> (pato-do-mato) | <i>Ceryle torquata</i> (martin-pescador) |
| <i>Aramus guarana</i> (carão) | <i>Chloroceryle americana</i> (martin-pescador) |
| <i>Rothramus sociabilis</i> (gavião-caramujeiro) | <i>Chloroceryle amazona</i> (martin-pescador) |
| <i>Donacobius atricapillus</i> (japacanim) | <i>Pseudoleistes guirahuro</i> (chopin-do-brejo) |
| <i>Certhiaxis cinnamomea</i> (curutiê) | <i>Anthus lutescens</i> (caminheiro) |
| <i>Tachycineta albiventris</i> (andorinha) | <i>Tringa solitaria</i> (maçarico-solitário) |
| <i>Anhinga anhinga</i> (Biguatinga) | <i>Himantopus himantopus</i> (maçarico-pernilongo) |

Fonte: THEMAG, 2000.

Tabela 13. Espécies de jacarés encontrados no Rio Tocantins

| Espécie | Nome popular | Avaliação IUCN |
|--------------------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| <i>Melanosuchus niger</i> | Jacaré-açú | Risco de extinção |
| <i>Caiman crocodilus (Caiman sclerops)</i> | Jacaretinga | Baixo risco de extinção |
| <i>Paleosuchus palpebrosus</i> | Jacaré-coroa, Jacaré-pagua | Baixo risco de extinção |

Fonte: BIODIVERSITAS, 2005.

Tabela 14. Abundância relativa (%) da comunidade fitoplanctônica por classe e por ponto de coleta na área de influência do AHE Peixe

| CLASSE | RIO PALMA | PARANÁ (MONT. PALMA) | TOCANTINS S.SALVADOR | PARANÁ (MONT. TOCANTINS) | TOCANTINS (MONT. PARANÁ) | TOCANTINS (EIXO ANGICAL) |
|----------------|-----------|----------------------|----------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | % | % | % | % | % | % |
| Chlorophyceae | 11,54 | 8,20 | 31,72 | 89,76 | 13,50 | - |
| Zygnemaphyceae | 61,01 | 89,20 | 60,36 | 8,68 | 22,34 | 16,63 |

| | | | | | | |
|----------------|-------|------|------|-------|-------|-------|
| Diatomophyceae | 26,88 | 2,30 | 4,80 | 1,54 | 63,54 | 77,74 |
| Chrysophyceae | - | 0,05 | - | 0,010 | 0,54 | 2,87 |
| Euglenophyceae | 0,19 | 0,14 | 1,13 | - | - | - |
| Cyanophyceae | 0,09 | 0,06 | - | - | - | - |
| Dynophyceae | 0,29 | 0,05 | 1,99 | 0,01 | 0,08 | 0,09 |

Fonte: THEMAG: 2000

Tabela 15. Indicador-Composição da comunidade zooplanctônica

| | | |
|------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| Rotifera | <i>Brachionus patulus</i> | <i>Keratella cochlearis</i> |
| | <i>Conochilus</i> sp | <i>Keratella lenzi</i> |
| | <i>Filinia</i> sp | <i>Keratella tropica</i> |
| | <i>Keratella americana</i> | <i>Lecane closterocerca</i> cf |
| | <i>Lecane luna</i> | <i>Lepadella</i> sp |
| | <i>Lecane lunaris</i> | <i>Platyas</i> sp |
| | <i>Lecane papuana</i> | <i>Polyarthra</i> sp |
| | <i>Lecane</i> sp | <i>Ptygura</i> sp |
| | <i>Vonoyella</i> sp | |
| Cladocera | <i>Bosmina</i> sp | <i>Bosmina</i> sp |
| | <i>Bosminopsis deitersi</i> | |
| Copepoda | Nauplios de calanoida | Copepoditos de calanoida |
| | Nauplios de ciclopoidea | Copepoditos de |

Fonte: THEMAG, 2000.

As diatomáceas são normalmente descritas como as mais abundantes em ambientes lóticos. As clorofíceas constituíram o maior componente do fitoplâncton nos rios ingleses. Em geral as algas verdes e diatomáceas predominam em ambientes oligotróficos e mesotróficos. Tal análise demonstrou a ocorrência de organismos pertencentes às classes: Chlorophyceae e Zygnemaphyceae (Divisão Chlorophyta); Chrysophyceae, Diatomophyceae (Divisão Chromophyta ou Chrysophyta); Cyanophyceae (Divisão Cyanophyta ou Cianoprocariontes); Euglenophyceae (Divisão Euglenophyta); Dinophyceae (Divisão Pirrophyta).

A maioria das algas encontradas foram consideradas cosmopolitas euritérmicas, com preferência por águas quentes (THEMAG, 2000).

Quanto aos organismos zooplanctônicos, os rotíferos apresentaram maior ocorrência em todos os pontos com abundância relativa acima de 90% (Tabela 15).

Quanto à composição zooplancônica, registrou-se a presença de 23 espécies das quais 19 espécies pertencentes ao grupo dos Rotifera, quatro ao grupo dos Cladocera sendo que o grupo dos Copepoda não apresentou espécies adultas, apenas copepoditos e nauplios de ciclopoidea e calanoida foram observados.

4.2-Agregação dos indicadores de impactos nos ecossistemas aquáticos

A primeira etapa no processo de análise dos impactos ambientais é a identificação das ações do setor ou empreendimento que promoverão interferência no ambiente. Uma vez identificadas, a origem dos impactos pode ser representada através da Matriz de Interação, relacionando as diversas ações geradoras de impacto com os fatores ambientais (La Rovere, 2001). Dessa forma podem ser conhecidas as ações propostas que causam o maior número de impactos e aquelas que afetam os fatores ambientais mais relevantes.

Seguindo esse tipo de abordagem pode-se concluir que o desvio do rio e o enchimento do reservatório na fase de implantação são as principais ações responsáveis por impactos em todos os fatores ambientais considerados (Tabela 16).

Na fase seguinte, a ação mais impactante é a operação da usina, uma vez que causa interferências em grande número de fatores ambientais. Embora diversos fatores continuem a sofrer interferências a natureza é distinta daquela provocada pela implantação do empreendimento.

Tradicionalmente a avaliação de impactos ambientais em ecossistemas aquáticos tem sido realizada através da medição de alterações nas concentrações de variáveis físicas e químicas. O monitoramento de variáveis físicas e químicas traz algumas vantagens na avaliação dos impactos, tais como a identificação imediata de modificações nas propriedades físicas e químicas da água; detecção precisa da variável modificada e determinação destas concentrações alteradas(Goulart & Callisto, 2003).

Tabela 16. Matriz de Interação de Impactos ambientais em ecossistemas aquáticos

| FATORES AMBIENTAIS | AÇÕES GERADORAS DE IMPACTO | | | | | | | | | |
|---------------------------------|----------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------|--------------------------------------------------------------------|----------------------------|---------------------|---------------------------------|
| | Planejamento | Aquisição das áreas para implantação do aproveitamento | Adequação de acessos e instalação do canteiro | Operação do canteiro e acampamento | Abertura e exploração de jazidas e áreas de empréstimo | Desvio do rio | força Construção da barragem, vertedouros, tomada d'água – casa de | Enchimento do reservatório | Conclusão das obras | Operação da barragem e da usina |
| Regime de escoamento fluvial | | | | | | X | | | | |
| Transporte fluvial d sedimentos | | | X | | X | X | X | X | | X |
| Alterações do nível freático | | | | | | X | | X | | X |
| Limnologia | | | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Ictiofauna | | | X | | X | X | X | X | X | X |

Fonte: Themag, 2000

A inundação de grandes áreas de floresta e a decomposição do material orgânico ocasionam um depleciamento do oxigênio dissolvido (OD) nas camadas mais profundas do reservatório, uma vez que se observa uma alta demanda bioquímica de oxigênio (DBO) durante e pouco depois do represamento (Junk & Mello, 1990).

Quando os níveis de oxigênio dissolvido (OD) na água caem abaixo de 5,0 mg/l, a vida aquática é fortemente estressada, por exemplo, é suposto que o crescimento dos peixes é afetado quando os níveis de oxigênio na água ficam abaixo da pressão crítica da espécie (Baldisserotto, 2002).

Essa alteração no nível físico (abiótico) vai se refletir por toda comunidade biótica que compõe esses ecossistemas. A implantação dos empreendimentos deverá promover alterações na qualidade das águas do futuro reservatório e nas primeiras extensões do Rio Tocantins, situado à jusante do eixo da barragem da UHE de São Salvador.

Tabela 17. Resultados das análises físicas, químicas e biológicas dos sistemas aquáticos da área de influência direta do AHE Peixe Angical

| Variáveis | Pontos de Amostragem | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 | P7 | P8 | P9 | P10 | P11 | P12 |
| Sólidos Tot. Suspensão (mg/l) | 3,00 | 5,00 | 4,50 | 16,00 | 4,50 | 2,86 | 5,71 | 4,38 | 3,13 | 1,00 | 3,00 | 2,00 |
| Oxigênio Consumido (mg/l) | 2,85 | 1,90 | 1,52 | 2,47 | 1,43 | 2,38 | 1,14 | 3,33 | 2,38 | 1,43 | 1,43 | 2,28 |
| Oxigênio Dissolvido (mg/l) | 8,07 | 7,76 | 8,17 | 7,56 | 7,57 | 7,56 | 7,77 | 7,97 | 7,87 | 8,37 | 7,97 | 8,02 |
| DBO ₅ (mg/l) | 0,99 | 0,42 | 0,42 | 0,46 | 0,68 | 0,51 | 0,42 | 0,16 | 0,26 | 0,36 | 0,36 | 0,31 |
| Fósforo Total (mg/l) | 0,001 | 0,017 | 0,002 | 0,010 | 0,007 | 0,009 | 0,004 | 0,007 | 0,00 | 0,004 | 0,007 | 0,012 |
| Hora | 11h50 | 10h30 | 12h25 | 10h55 | 08h55 | 08h40 | 12h55 | 10h15 | - | 11h30 | 11h40 | 09h40 |
| Data | 02/07 | 02/07 | 03/07 | 02/07 | 07/07 | 03/07 | 03/07 | 04/07 | 04/07 | 03/07 | 04/07 | 04/07 |

Relação dos pontos: P1 (Rio Paranã-montante da Foz do Rio Palma); P2 (Rio Paranã-jusante da Foz do Rio Palma); P3 (Rio Paraná - montante Rio Tocantins); P4 (Rio Palma); P5 (Rio Lajes); P6 (Rio Tocantins –São Salvador); P7 (Rio Tocantins-montante Rio Paranã); P8 (Rio Tocantins-Eixo Santa Cruz); P9 (Rio Tocantins-Eixo Angical); P10 (Rio das Pedras); P11 (Rio das Almas); P12 (Rio Santa Cruz)

Fonte: THEMAG, 2000.

A qualidade da água do Rio Tocantins no trecho à jusante ficará condicionada aos níveis de qualidade observados no corpo do reservatório de São Salvador (ENGEVIX, 2001). Após esta fase de transição, os níveis de oxigênio dissolvido deverão ser restabelecidos aos limites naturais (Tabela 17). A maior parte do oxigênio entra nos reservatórios pelos afluentes, conseqüentemente a extensão da camada anóxica e o tempo de existência dela serão fortemente influenciados pelo tempo de retenção da água no reservatório. Um gradiente horizontal de oxigênio do afluente para o efluente é um fenômeno freqüentemente observado em represas tropicais (Ferreira & Tokarski, 2004).

Embora seja muito utilizado para a análise de impactos em ecossistemas aquáticos, o sistema de variáveis físico-químicas apresenta algumas desvantagens, tais como a descontinuidade temporal e espacial das amostragens (Goulart & Callisto, 2003). A amostragem de variáveis físicas e químicas fornece somente uma fotografia momentânea do que pode ser uma situação altamente dinâmica (Whitfield, 2001). Além disso, o monitoramento físico e químico da água é pouco eficiente na detecção de alterações na diversidade de habitats e microhabitats e insuficientes na determinação das conseqüências da alteração da qualidade de água sobre as comunidades biológicas.

Uma outra forma de se avaliar e estudar os impactos ambientais em ecossistemas aquáticos é através das comunidades biológicas (Souza, 2001), que refletem a integridade ecológica total dos ecossistemas, integrando os efeitos dos diferentes agentes impactantes e fornecendo uma medida agregada dos impactos (Barbou *et al.*, 1999). As comunidades biológicas de ecossistemas aquáticos são formadas por organismos que apresentam adaptações evolutivas a determinadas condições ambientais e apresentam limites de tolerância a diferentes alterações das mesmas (Alba-Tercedor, 1996). Desta forma, o uso de indicadores biológicos constituiu-se como uma ferramenta na avaliação das respostas destas comunidades biológicas a modificações nas condições ambientais originais.

Os principais grupos comumente utilizados na avaliação de impactos ambientais em ecossistemas aquáticos são os organismos bentônicos, planctônicos, peixes e comunidade perifítica. Os organismos bentônicos e planctônicos são importantes componentes dos ecossistemas aquáticos, formando um elo entre os produtores primários e servindo de matéria orgânica e ciclagem de nutrientes (Callisto, 2001).

De modo geral, o maior número de representantes zooplanctônicos foi observado no rio Tocantins, na região de São Salvador. O rio Tocantins, a montante do rio Paranã, apresentou a maior densidade de organismos, com a presença principalmente de *Vonoyell sp.* e *Keratella cochlearis* (Tabela 15).

Quanto às comunidades fitoplanctônicas, verificou-se o predomínio de algas clorofíceas e diatomáceas em todos os pontos estudados. As diatomáceas tiveram maior representatividade no rio Palma, no rio Tocantins tanto a montante do Paraná como nas proximidades do eixo Angical (Tabela 15). Já as clorofíceas apresentaram-se freqüentes em todos os pontos (THEMAG, 2000).

Em rios de velocidade média a rápida (lóticos) normalmente a comunidade planctônica é reduzida, porém a maior ocorrência observada nas áreas estudadas deve-se, provavelmente às condições de temperatura, pH e transparência nos sistemas estudados. Embora também sejam de extrema importância para a avaliação de impacto em ecossistemas aquáticos, os organismos bentônicos não tiveram dados disponíveis.

Um dos grupos que se destaca como indicador de impacto ambiental em ecossistemas aquáticos decorrentes de barragens é o dos peixes, devido às grandes alterações que as hidrelétricas causam no meio aquático e conseqüentemente a ictiofauna. A região do Tocantins possui diversas espécies de localização restrita (Tabela 18) e que serão diretamente afetadas com as modificações de seus habitats, sendo assim ótimas indicadoras da

manutenção da integridade ambiental da região, uma vez que quanto maior o grau de raridade ictiofaunística maior é a fragilidade do ambiente (Camargo *et al.*, 2005).

Tabela 18. Espécies de peixes endêmicas do Rio Tocantins

| | |
|---------------------------------|-----------------------------|
| <i>Laemolita petiti</i> | <i>Rhinopetitia myersi</i> |
| <i>Leporinus affinis</i> | <i>Tocantinsia depressa</i> |
| <i>Sartor tucuriensis</i> | <i>Serrasalmus geryi</i> |
| <i>Mylesinus paucisquamatus</i> | <i>Crenicichla sp.</i> |

Fonte: THEMAG, 2000.

Os principais peixes brasileiros de água doce podem ser reunidos em dois grandes grupos. No primeiro grupo situam-se as espécies reofílicas ou de ambientes lóticos, dos quais são encontrados no rio Tocantins os dourados (*Salminus hilari*), as braunas (*Curimata sp.*), os curimatás (*Prochilodus nigricans*), as caranhas (*Colossoma brachypomum*), os tambaquis (*Colossoma macropomum*), o piaú (*Leporinus frederici*) e os pacus, presentes em todas as bacias brasileiras, mas contando com muitos endemismos e sendo representados em diversos gêneros e numerosas espécies, tais como o pacu-manteiga (*Mylossoma duriventre*), o pacu-branca (*Myleus torquatus*) e o *Metynnis hypsauchen* (THEMAG, 2000).

Todas as espécies acima mencionadas são espécies de escamas, mas entre as reofílicas encontra-se também grande número de espécies de couro, muitas delas de grande porte e importância comercial (Pinto, 2007) pelo sabor de sua carne, como o jaú (*Paulicea lutkeni*) e algumas na lista de espécies em extinção (BIODIVERSITAS, 2005), como é o caso do pintado (*Pseudoplatistoma fasciatum*), que tem grande valor comercial (Tabela 19).

Os peixes deste grupo fazem migrações durante as épocas reprodutivas, subindo o rio em grandes cardumes, no processo conhecido por piracema. A piracema tem duas fases distintas: na primeira, os cardumes de peixes sobem o rio ao se iniciarem as chuvas de verão e durante esta migração suas gônadas se preparam para a desova que se processa durante as grandes enchentes, quando se estabelece a conexão com os alagados e lagoas marginais.

Acompanhados por outras espécies com o mesmo comportamento, os peixes nadam contra a correnteza em direção à cabeceira dos rios. O grande esforço para vencer as corredeiras e cachoeiras faz com que as fêmeas queimem gordura, o que estimula a hipófise, o hormônio da reprodução. Somente aqueles que vencem todos os obstáculos e atingem os locais propícios à desova conseguem se reproduzir. Com isso, formação de um reservatório não só gera uma barreira física, segregando as comunidades em áreas distintas, como também

interfere no principal estímulo para a reprodução dessas espécies (Tabela 20) que em muitos casos também irão sofrer com a pressão de pesca, uma vez que diversas possuem valor comercial.

Tabela 19. Indicador-Peixes com valor comercial

| | |
|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| <i>Boulengerela cuvieri</i> (Bicuda) | <i>Pseudoplatystoma fasciatum</i> (surubim) ^{1,4} |
| <i>Brachyplatystoma filamentosum</i> (Piraíba) ⁴ | <i>Brachyplatystoma flavicans</i> (Dourada) ^{2,4} |
| <i>Brachyplatystoma vailantii</i> (Piramutama) | <i>Hypostomus sp.</i> (Cari) |
| <i>Crenicichla sp.</i> (Joaninha) ³ | <i>Psectrogaster amazônica</i> (Branquinha) |
| <i>Leporinus, Schizodon</i> (Piaus) | <i>Semaprochilodus brama</i> (Jaraqui) ² |
| <i>Myleus spp.</i> (Pacu-branco) | <i>Prochilodus nigricans</i> (Papa-terra) |
| <i>Pachyurus sp.</i> (Pescada) | <i>Cichla sp</i> (Tucunaré) |
| <i>Paulicea luetkeni</i> (Jaú) ⁴ | <i>Pseudoplatystoma fasciatum</i> (Surubim) ¹ |
| <i>Piaractus mesopotamicus, Mylesinus sp.</i> (Pacu) ⁴ | <i>Plagioscion sp</i> (Curvina) |
| <i>Pirinampus pirinampu</i> (Barbado) ⁴ | <i>Rhaphiodon vulpinus</i> (Cachorra-facão) |
| <i>Prochilodus sp.</i> (Curimatá) ⁴ | <i>Brycon sp.</i> Piabanha |
| <i>Pseudodoras niger</i> (Bacu) ⁴ | <i>Hydrolycus armatus</i> (Cachorra-verdadeira) |

1-Espécie ameaçada de extinção (IUCN); 2-Espécie sobrexplotada; 3-Espécie endêmica; 4-Espécie migradora. Fontes: THEMAG (2000) e (BIODIVERSITAS, 2005)

O processo reprodutivo é comandado por características ambientais, como elevação do nível do rio, temperatura da água elevada e constante, fotoperíodo favorável, pequena turbidez das águas e os descritos processos hormonais, altamente complexos e intrínsecos ao peixe. O aumento da turbidez, provocado pelo assoreamento do rio é fator prejudicial à desova, pois a argila em suspensão dificulta a absorção de oxigênio pelos peixes adultos e interfere desfavoravelmente na incubação dos ovos (Baldisserotto, 2002). Além a ausência de picos de inundação provocada pela formação da barragem causará ainda a desorientação desses peixes na época de desova.

Tabela 20. Espécies de peixes que efetuam deslocamentos reprodutivos

| | | |
|--------------------------------------------|------------------------------|--------------------------------------------------|
| <i>Metynis spp.</i> | <i>Ageneiosus. dentatus</i> | <i>Pseudoplatistoma fasciatum</i> ^{1,3} |
| <i>Colossoma brachypomum.</i> ³ | <i>Ageneiosus brevifilis</i> | <i>Leiarinus pictus</i> |
| <i>Salminus hilarii</i> ³ | <i>Curimata acutirostris</i> | <i>Platynemateichthys</i> |

| | | |
|---------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------|
| | | <i>punctulatus</i> |
| <i>Myleus spp.</i> ^{1,3} | <i>Curimata cyprinoides</i> | <i>Platystomatichthys sturio</i> |
| <i>Brycon spp.</i> ¹ | <i>Curimata sp.</i> | <i>Phractocephalus hemioliopus</i> ³ |
| <i>Leporinus spp.</i> ³ | <i>Hassar sp.</i> | <i>Hemiodopsis argenteus</i> |
| <i>Mylesinus sp.</i> ³ | <i>Hypophthalmus sp.</i> | <i>Surubim lima</i> |
| <i>Schizodon vittatum</i> | <i>Platidoras costatus</i> | <i>Hemiodopsis unimaculatus</i> |
| <i>Prochilodus spp.</i> ³ | <i>Pterodoras sp.</i> | <i>Pauliecea luetkeni</i> ³ |
| <i>Brachyplatystoma filamentosum</i> ³ | <i>Rhinodoras sp</i> | <i>Pimelodus sp.</i> |
| <i>Acnodon normani</i> | <i>Utiaritchthys sennaebregai</i> | |

1-Espécie ameaçada de extinção (IUCN); 2-Espécie sobreexplotada; 3-Espécie com valor comercial. Fontes: THEMAG (2000) e (BIODIVERSITAS, 2005)

Ao atingirem em seu processo de migração o ápice de suas condições e o encontro de um ambiente propício, como um local de água turbulenta abaixo de um obstáculo natural ou artificial, ocorre a reprodução. Os ovos são arrastados aos milhares rio abaixo pela correnteza, adentrando nos alagados e lagoas marginais. Estes ecossistemas são excelentes criadouros de peixes, principalmente de piracema, pois reúnem disponibilidade alimentar na forma de fito e zooplâncton (incomparavelmente mais abundantes do que no rio), proteção contra predadores e água com características ideais à eclosão dos ovos e ao crescimento das larvas e futuros alevinos. Após a desova, os peixes adultos retornam aos seus locais de origem, no que se constitui na segunda fase da piracema, denominada de “rodada”.

As espécies migradoras que ocorrem na região podem estar utilizando a região como local de alimentação, descanso ou para preparação das gônadas para reprodução. A ocorrência de jovens e de adultos de algumas espécies em estádios avançados de reprodução sugere que a região pode ser utilizada como local de reprodução por algumas espécies, mesmo no período de seca (Figura 8).

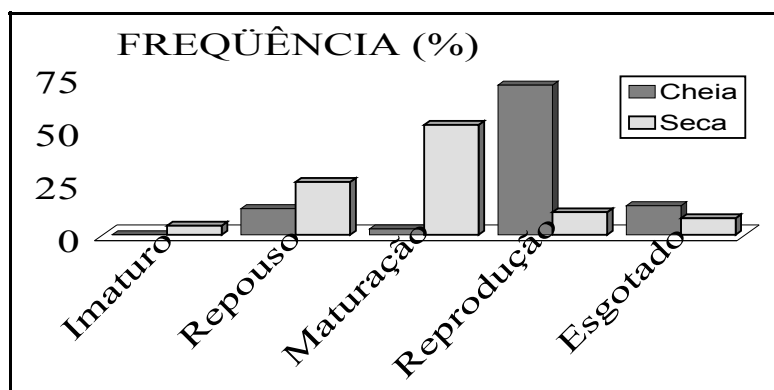


Figura 8. Frequência de indivíduos por estágio de maturação gonadal na cheia e na seca.

Do segundo grupo fazem parte os peixes de águas paradas ou ambientes denominados lânticos, entre os quais podem ser mencionados a traíra (*Hoplias malabaricus*), os tucunarés (*Cichla sp.*), as marianas (*Crenicichla sp.*) e os acarás (*Geophagus sp.*, *Cichlasoma sp.*, *Retroculus sp.*).

Os peixes de piracema são, em geral, mais ágeis e bons nadadores, enquanto que os lânticos são mais calmos e de natação mais lenta.

Tabela 21. Matriz de Caracterização de Impactos no Meio Ambiente

| IMPACTOS AMBIENTAIS | CARACTERIZAÇÃO DOS IMPACTOS | | | | | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------|------------|-------|---------|---------------|-----------------|-------------|-----------|-------------|--------------------------|
| | Natureza | Ocorrência | Forma | Duração | Temporalidade | Reversibilidade | Abrangência | Magnitude | Importância | Compensável/Mitigável ou |
| 1-Queda na qualidade dos Recursos Hídricos | NEG | CER | DIR | PER | CP | REV | REG | MED | GDE | SIM |
| 2-Perda e alteração de habitats | NEG | CER | DIR | PER | CP | REV | LOC | MED | GDE | SIM |
| 3-Mudanças na estabilidade dos ecossistemas | NEG | CER | DIR | PER | MLP | IRR | LOC | MED | GDE | SIM |
| 4-Redução de espécies de valor econômico | NEG | MPV | IND | PER | MLP | REV | REG | MED | MED | SIM |
| 5-Interferência com as comunidades de bentos e microorganismos | NEG | CER | DIR | TEM | CP | REV | REG | MED | GDE | SIM |
| 6-Alteração nas cadeias alimentares | NEG | MPV | IND | TEM | MLP | REV | REG | MED | GDE | SIM |
| 7-Aumento nas populações de bactérias patogênicas | NEG | MPV | IND | TEM | MLP | REV | LOC | PEQ | PEQ | SIM |
| 8-Interferência na dispersão de comunidades íctias de mamíferos | NEG | CER | DIR | PER | CP | REV | REG | GDE | GDE | SIM |
| 9-Proliferação de vetores de doenças tropicais | NEG | MPV | IND | TEM | MLP | REV | LOC | MED | PEQ | SIM |

Tabela 22. Matriz de Caracterização de Impactos Sócio-Econômicos

| IMPACTOS SOCIO-ECONÔMICOS | CARACTERIZAÇÃO DOS IMPACTOS | | | | | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|------------|-------|---------|---------------|-----------------|-------------|-----------|-------------|--------------------------|
| | Natureza | Ocorrência | Forma | Duração | Temporalidade | Reversibilidade | Abrangência | Magnitude | Importância | Compensável/Mitigável ou |
| 1-Perda econômica devido á inundação de áreas agriculturáveis. | NEG | CER | DIR | PER | CP | IRR | LOC | PEQ | PQE | SIM |
| 2-Expansão geográfica de doenças de veiculação hídrica. | NEG | MPV | IND | TEM | MLP | VER | REG | PEQ | PEQ | SIM |
| 3-Gasto com indenizações devido ao deslocamento e relocação de comunidades. | NEG | CER | DIR | TEM | CP | IRR | LOC | PEQ | PEQ | SIM |
| 4-Redução de valor econômico de residências e propriedades próximas a lagos , rios ou represas eutrofizadas. | NEG | MPV | IND | TEM | MLP | REV | LOC | PEQ | PEQ | SIM |
| 5-Aumento dos custos para tratamento de água. | NEG | CER | DIR | PER | CP | IRR | REG | MED | MED | SIM |
| 6-Perdas econômicas associadas à queda de recursos pesqueiros tradicionais. | NEG | MPV | IND | PER | MLP | REV | REG | MED | MED | SIM |
| 7-Aumento da capacidade de fornecer usos múltiplos pelo sistema aquático | POS | CER | IND | PER | MLP | VER | LOC | PEQ | PEQ | SIM |
| 8-Aumento do conhecimento ds populações íctias | POS | MPV | IND | TEM | MLP | IRR | LOC | GDE | GDE | SIM |
| 9-Criação de praias artificiais com finalidade recreacional. | POS | MPV | IND | PER | MLP | REV | LOC | PEQ | PEQ | SIM |

Esta classificação não é completa, pois existem espécies que não se enquadram em nenhuma das duas classes. Um terceiro grupo engloba espécies que, embora possam viver em perfeitamente bem em águas paradas utilizam-se dos riachos formados pelas chuvas de verão para fazerem pequenas migrações e se reproduzirem. Dentre estes se destacam os lambaris (*Astyanax* sp.).

A partir do quadro exposto e utilizando a comunidade íctia como principal indicadora das condições e modificações ambientais pode ser elaborada uma matriz de caracterização dos principais impactos de ocorrência provável para a região, em decorrência da implantação dos Aproveitamentos Hidrelétricos de Peixe e São Salvador (Tabelas 21 e 23). Também foi montada uma Matriz de caracterização composta pelos principais impactos sócio-econômicos.

Tabela 23. Matriz de Caracterização das Causas dos Impactos

| CAUSAS | CARACTERIZAÇÃO DAS CAUSAS DOS IMPACTOS | | | | | | | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|------------|-------|---------|---------------|-----------------|-------------|-----------|-------------|--------------------------|
| | Natureza | Ocorrência | Forma | Duração | Temporalidade | Reversibilidade | Abrangência | Magnitude | Importância | Compensável/Mitigável ou |
| 1-Alteração na vazão devido à contenção de fluxo do rio | NEG | CER | DIR | PER | CP | IRR | REG | GDE | GDE | NÃO |
| 2-Aumento de sólidos suspensos, turbidez e material particulado à montante do aproveitamento | NEG | CER | DIR | PER | CP | IRR | LOC | ME D | ME D | SIM |
| 3-Aumento na carga de nutrientes e compostos orgânicos no corpo hídrico (Eutrofização) | NEG | MPV | IND | CIC | MLP | VER | LOC | ME D | GDE | SIM |
| 4-Barramento e formação de reservatórios | NEG | CER | DIR | PER | CP | IRR | LOC | GDE | GDE | SIM |
| 5-Redução da zona eufótica | | | | | | | | | | |
| 6-Redução da concentração de Oxigênio Dissolvido (OD) | NEG | MPV | IND | PER | CP | VER | LOC | GDE | GDE | SIM |
| 7-Perda da zona tampão entre sistemas terrestres e aquáticos | NEG | CER | DIR | TEM | MLP | VER | LOC | GDE | ME D | SIM |
| 8-Criação de barreiras reprodutivas | NEG | CER | DIR | PER | CP | VER | REG | GDE | GDE | SIM |
| 9-Remoção de espécies críticas | NEG | MPV | IND | TEM | MLP | VER | LOC | ME D | ME D | SIM |
| 10-Liberação de gases de efeito estufa | NEG | MPV | IND | TEM | MLP | REV | LOC | PEQ | PEQ | SIM |
| 11-Aproveitamentos Hidrelétricos | NEG | CER | DIR | PER | CP | IRR | REG | GDE | GDE | SIM |
| 12-Ocupação Humana | NEG | CER | DIR | PER | CP | IRR | LOC | GDE | GDE | SIM |
| 13-Aumento da pesca e caça predatória | NEG | CER | DIR | PER | CP | REV | LOC | ME D | ME D | SIM |
| 14-Baixo investimento em fontes alternativas (renováveis) de energia | NEG | MPV | IND | TEM | MLP | VER | REG | GDE | GDE | SIM |
| 15-Desenvolvimento populacional | NEG | CER | DIR | PER | CP | IRR | REG | GDE | GDE | SIM |
| 16-Aumento da demanda energética | NEG | CER | DIR | PER | MLP | IRR | REG | GDE | GDE | SIM |
| 17-Fragilidade institucional dos órgãos ambientais | NEG | CER | IND | TEM | CP | VER | REG | ME D | ME D | SIM |
| 18-Carência de conhecimento científico e de informações por parte dos usuários dos RHs | NEG | CER | IND | TEM | MLP | VER | REG | ME D | ME D | SIM |
| 19-Dificuldade na implementação das Leis Ambientais | NEG | CER | IND | TEM | CP | VER | REG | ME D | ME D | SIM |
| 20-Despreparo da comunidade para participar das soluções para as questões ambientais | NEG | MPV | IND | TEM | CP | REV | REG | ME D | ME D | SIM |

A classificação e hierarquização dos impactos foram feitas a partir da atribuição dos seguintes critérios qualitativos e quantitativos:

- Natureza: critério utilizado para definir se o impacto tem efeitos benéficos ou adversos sobre o meio ambiente (POS: Positivo, 1; NEG: Negativo, 2);
- Ocorrência: critério utilizado para indicar a probabilidade do empreendimento provocar o impacto (PPV: Pouco Provável, 1, MPV: Muito Provável 2; CER: Certa, 3);
- Forma: critério que permite distinguir os impactos que decorrem diretamente das ações necessárias ao empreendimento, daqueles de ocorrência indireta (DIR: Direta, 2; IND: Indireta, 1);
- Duração: critério utilizado para distinguir os impactos permanentes dos temporários, ou seja, aqueles cujos efeitos se manifestam definitivamente daqueles cujos efeitos se manifestam durante um período determinado (PER: Permanente, 3; CIC: Cíclico, 2; TEM: Temporário, 1);
- Temporalidade: critério utilizado para distinguir os impactos que se manifestam imediatamente após a intervenção daqueles cujos efeitos só se fazem sentir após um período de tempo a partir da intervenção que os provocou (CP: Curto Prazo, 2; MLP: Médio, e Longo Prazo, 1);
- Reversibilidade: critério utilizado para distinguir os impactos que podem ser revertidos daqueles que são de caráter irreversível (IRR: Irreversível, 2; VER: Reversível, 1);
- Abrangência: critério utilizado para distinguir impactos cujos efeitos se fazem sentir em porções pequenas do território, localizadamente, daqueles que podem afetar áreas mais extensas, a nível regional (LOC: localizado, 1; REG: Regional, 2);
- Magnitude: critério que permite classificar o grau de incidência de um impacto sobre determinado fator ambiental, em relação ao universo deste fator ambiental tal como se apresenta na área de estudo. A magnitude de um impacto é tratada exclusivamente em relação ao fator ambiental em questão, independentemente da sua importância, por afetar outros fatores ambientais (PEQ: Pequena, 1; MED: Média, 2; GDE: Grande, 3);
- Importância: critério que permite classificar o grau de interferência de um impacto sobre outros. A importância do impacto será grande ou pequena, segundo tenha maior ou menor influência sobre o conjunto da qualidade ambiental local (PEQ: Pequena, 1; MED: Média, 2; GDE: Grande, 3);
- Mitigável ou compensável: critério que indica se há alternativas para diminuir ou compensar os impactos adversos por meio dos programas ambientais (SIM, 1; NÃO, 2).

A partir do somatório dos valores observados para cada impacto, os mesmos foram classificados de acordo com a sua relevância em alta, média e baixa, sendo representados na ACC, respectivamente, pelas cores vermelho, amarelo e verde. O critério de relevância foi obtido a partir da média aritmética entre o somatório do maior e menor valor. Foram considerados de Alta relevância todos os impactos listados na tabela 21, com exceção do aumento nas populações de bactérias patogênicas e proliferação de vetores de doenças tropicais, que apresentaram média relevância.

4.3-Análise da Cadeia Causal

A análise de Cadeia Causal tem como finalidade promover o relacionamento entre os principais problemas ambientais encontrados no sistema ambiental em foco (bacia hidrocráfia, área de proteção ambiental, bioma, espécie em extinção, etc), seus aspectos físicos, bem como os fatores sócio-econômicos responsáveis pela sua origem ou ampliação de magnitude. Tendo como modelo a realidade da região de influência dos aproveitamentos hidrelétricos de São Salvador e Peixe, inseridos na Bacia do Tocantins-Araguaia, busca-se demonstrar as relações causais mais evidentes existentes entre impactos nos ecossistemas aquáticos (mundo físico) e a principal atividade impactante identificada, setor hidrelétrico (universo social).

No modelo de ACC utilizado no presente trabalho, as Causas Raízes, referem-se às falhas na articulação social (ou falha institucional) que geram desenvolvimento dos setores econômicos de forma não-sustentável, que por sua vez geram Causa Imediatas (fenômenos do mundo físico, como por exemplo, modificação da vazão de um rio), gerando Problemas Ambientais que por sua vez, resultam em Impactos Ambientais e estes se traduzem em Impactos Sócio-Econômicos (Marques *et al*, 2004).

Originalmente o Rio Tocantins e seus tributários podem ser classificados como um rio de águas claras, pobres em nutrientes e com baixa concentração de íons e carga de sedimentos (ELETRONORTE, 2007). A exploração dos recursos hídricos para produção de energia promove diversas modificações de ordem qualitativa e quantitativa nos ecossistemas aquáticos (Fearnside, 2002), assim como da qualidade da água para usos consuntivos. Portanto, os problemas ambientais priorizados, relacionados aos empreendimentos em foco, tema da presente dissertação são *Degradação dos Ecossistemas Aquáticos e Queda na Qualidade da Água enquanto Recursos Hídricos*

4.3.1-Causas imediatas

Redução de oxigênio dissolvido (OD) - Uma das causas imediatas dos impactos sobre ecossistemas aquáticos é a redução do oxigênio dissolvido (OD) nas camadas mais profundas do reservatório ocasionado pela destruição e inundação de áreas florestais extensas e conseqüente decomposição do material orgânico (Kikuchi, 2006).

Nas fases de enchimento e pós-enchimento do reservatório é esperada a ocorrência de incorporação e biodegradação da biomassa inundada, resultando em liberação de nutrientes e

compostos orgânicos (Bianchini, 1999). Com isso haverá um favorecimento ao processo de eutrofização, cuja magnitude ficará condicionada aos tempos de residência e às concentrações de nutrientes presentes no meio líquido. Isto torna a água inadequada para diversas espécies de peixes (ENGEVIX, 2001) e reduz a qualidade para usos consuntivos.

Aumento na carga de nutrientes e compostos orgânicos no corpo hídrico - Com o desenvolvimento das atividades humanas em torno dos reservatórios o processo de eutrofização tende a se intensificar. O represamento de um rio em um reservatório novo normalmente leva a um aumento considerável do teor de nutrientes por causa da lixiviação do solo inundado e da decomposição da vegetação terrestre afogada (INVESTICO, 2002).

Isto pode aumentar a concentração dos nutrientes até um ponto que acarrete o crescimento maciço de macrófitas aquáticas, se existirem espécies adequadas presentes (Pompêo, 1999). Os nutrientes liberados em consequência da decomposição e lixiviação do solo inundado são usados pelo fitoplâncton, perifiton e macrófitas aquáticas, que produzem de novo materiais de fácil decomposição (Bianchini, 1999).

Barramento e formação de reservatórios - - O barramento do rio e as mudanças no ambiente (a exemplo da velocidade da corrente e tipo de substrato de fundo) resultam em uma alteração na estrutura das comunidades aquáticas, em especial na composição ictiofaunística, em função das modificações do regime hidrodinâmico que passa de lótico para lântico (Junk & Mello, 1990).

Embora a região já apresente um certo grau de antropização (ENGEVIX, 2001), a formação dos reservatórios irá contribuir gradualmente para o processo de redução da biodiversidade e da variação genética (Fearnside, 2002; Luiz *et al.* 2003). Apesar de poder ocorrer um aumento significativo de biomassa, com o desenvolvimento de espécies de amplo espectro ecológico, o reservatório deverá levar a um empobrecimento ictiofaunístico em termos de diversidade (Junk & Mello, 1990; Oliveira & Lacerda, 2004).

Aumento de sólidos suspensos, turbidez e material particulado nos rios - Segundo Leopold & Maddock (1953) os rios tendem a atingir um equilíbrio dinâmico entre a sua descarga, velocidade média, carga sedimentar e a morfologia de seu leito que combinados vão constituir a geometria hidráulica do rio. A formação de uma represa em um rio significa a interrupção de um sistema aberto e de transporte por um sistema mais fechado e de

acumulação (Fearnside, 2002). Como consequência, há uma modificação da geometria hidráulica do rio que afetará não só a área do próprio reservatório como também a área a jusante da represa (Junk & Mello, 1990).

No que se refere aos processos de sedimentação e assoreamento, em função da dinâmica atual da bacia hidrográfica contribuinte dos reservatórios das UHE de Peixe e São Salvador, estima-se que a maior contribuição ao assoreamento dos futuros reservatórios será proveniente do próprio Rio Tocantins, visto que esse rio, nos trechos enfocados, encontra-se sob regime de transferência de detritos, principalmente de material de fundo, constituído por areias e cascalho fino (ENGEVIX, 2001).

Algas, sedimentos suspensos e matéria orgânica na água aumentam a turbidez a níveis não salubres para determinados organismos. A turbidez é importante pois um alto nível de partículas suspensas no rio é capaz de difundir a luz solar e absorver calor, o que aumenta a temperatura e reduz a luz disponível para as plantas (Sá, 2003).

Remoção de espécies críticas - Durante a formação e ao longo da operação de um reservatório pode haver a remoção de espécies críticas, que têm uma importância fundamental para as cadeias alimentares e para a manutenção da biodiversidade sustentada dos ecossistemas aquáticos (Luiz *et al.*, 2003). A remoção de várias espécies de vegetação ripária produz grandes alterações no sistema aquático, por exemplo, a remoção de espécies de vegetação cujos frutos servem de alimento para peixes pode causar modificações fundamentais na estrutura da comunidade biológica desses ecossistemas aquáticos (Mérona, 2001; Resende, 2002).

Alteração na vazão devido à contenção de fluxo do rio - As flutuações do nível do rio abaixo da represa sofrerão modificações de forma que os padrões naturais do ciclo hidrológico serão mantidos com uma amplitude reduzida. Alterações na vazão do rio interferem diretamente na qualidade das águas, principalmente em relação a alguns parâmetros como turbidez, pH, alcalinidade, cor e matéria orgânica (Fritzsons *et al.*, 2003). Os diferentes tempos de residência da água durante o ciclo estacional, propiciam modificações na altura do nível de água, interferindo na estrutura e na composição da comunidade (Tundisi, 1985).

Redução da zona eufótica - A quantidade de luz disponível no ecossistema aquático influencia diretamente no seu metabolismo (Pereira Filho, 2000). A porção iluminada da

coluna d'água é denominada zona eufótica, região onde a atividade biológica é mais intensa e que pode variar desde alguns centímetros até dezenas de metros. O aumento do material em suspensão na água pode promover a redução da zona eufótica. (Tundisi, 1999).

Perda da zona tampão entre sistemas terrestre e aquático - Áreas alagadas, florestas ripárias e interfaces entre sistemas terrestres e aquáticos são regiões tampão que removem nitrogênio (por desnitrificação) e fósforo (por precipitação e complexão no sedimento e agregado em partículas nas raízes de macrófitas). Além disso, precipitam metais pesados e complexam estes elementos, removendo material em suspensão e impedindo o seu transporte para os sistemas aquáticos (Silva, 2005).

Os desmatamentos (especialmente a destruição e fragmentação das matas ciliares) e obras de terraplanagem para a implantação dos canteiros de obras, dos acessos e para a implantação da infra-estrutura e dos alojamentos, realizados junto aos ambientes aquáticos podem causar o desaparecimento das zonas tampão (Felfili, 2002), com a conseqüente perda ou alteração de habitats disponíveis a toda biocenose da região e afetando negativamente diversas espécies, especialmente as de ocorrência restrita (Attanasio *et al.*, 2006; Salati *et al.*, 2006).

O desaparecimento destas regiões tampão por remoção e alteração do regime hidrológico, além de acelerar a deterioração dos sistemas aquáticos contribui para o processo de eutrofização (Attanásio *et al.*, 2006).

Criação de barreiras reprodutivas - O barramento dos rios é reconhecido como uma das principais causas da redução dos peixes em diversas partes do mundo (Martinez, 2000; Godinho, 2000) uma vez que provoca a segregação de comunidades em áreas distintas (Oliveira & Lacerda, 2004).

Uma boa parcela das espécies íctias de valor para o consumo humano são migratórias (espécies de piracema). Elas realizam grandes migrações durante as quais o desenvolvimento das gônadas é estimulado. Além das migrações reprodutivas, elas fazem migrações tróficas rio acima (Junk & Mello, 1990). Para essas espécies as barragens representam um obstáculo muitas vezes insuperável (Martins & Tamada, 2000).

Liberação de gases de efeito estufa - Hidrelétricas podem emitir significativas quantidades de gases relacionados ao efeito estufa (Nobre, 2001), através da liberação de dióxido de carbono (CO₂) oriundo da decomposição aeróbia de biomassa de floresta morta nos reservatórios que se projeta para fora da água (Fearnside, 1995; 2002), e pela liberação de metano (CH₄) proveniente da decomposição anaeróbia de matéria não-lignificada (plantas herbáceas das zonas de despalacamento e macrófitas). A maior parte do metano é emitido pela água que passa pelas turbinas e pelo vertedouro (Junk & Mello, 1990). Emissões pela superfície da represa, que é o único componente do impacto atualmente incluído nas estimativas oficiais brasileiras é uma parte relativamente pequena do impacto total (Fearnside, 2004).

4.3.2-Impactos Ambientais Prioritários

Perda e alteração de habitats - Uma vez que a região se apresenta composta por um mosaico de tipos de fundo, diferenças na velocidade da água e na densidade da vegetação das encostas e pela constituição geomorfológica diferenciada, a grande variedade de habitats contribui para a manutenção da diversidade ictiofaunística (THEMAG, 2000). A execução do desvio do Rio Tocantins e a construção de ensecadeira, na fase de implantação do empreendimento, interferem negativamente na ictiofauna. As atividades de enrocamento, de terraplanagem e de concretagem da barragem principal causam modificações físicas locais severas e irreversíveis. O desvio do canal principal do rio modifica radicalmente o ambiente bentônico, formando ensecadeiras que podem funcionar como armadilhas para a ictiofauna (THEMAG, 2000).

Este tipo de impacto, caso não seja acompanhado de planos de monitoramento e salvamento, pode causar a mortandade de peixes no desvio do rio e no seu retorno ao leito principal para entrada da usina em operação. O estudo da diversidade de habitats é uma ferramenta para avaliação dos níveis de impactos antrópicos, uma vez que alterações da comunidades aquáticas pela perda ou alteração de habitats não necessariamente estão associadas com a qualidade da água dos ambientes em estudo.

Mudanças na estabilidade dos ecossistemas - A ausência de picos de inundação causará a desorientação de peixes migradores, como o pacu (*Mylesinus sp.*) a pirarara (*Phractocephalus hemiliopterus*) e o curimatá (*Prochilodus sp.*), na época da desova

(Martins & Tamada, 2000). A mudança de regime de rio reflete sobre a comunidade íctia com alteração radical na abundância relativa de peixes nos diferentes níveis tróficos (Luiz *et al.*, 2003; Miranda & Mazzoni, 2003; Oliveira & Lacerda, 2004).

Caso o regime passe a ser lento, as espécies adaptadas a este regime, como cardumes de *Bryconamericus sp.* e *Creagutus sp.*, terão crescimento de população e aumento na frequência em que são observadas. Por outro lado, as populações mais adaptadas ao regime rápido das águas, assim como aquelas que necessitam subir o rio para reprodução, a exemplo dos curimatás (*Prochilodus sp.*), tendem a diminuir uma vez que passarão a ter mais um bloqueio para sua migração (Oliveira & Lacerda, 2004; Pompeu & Martinez, 2006).

Interferência com as comunidades de bentos e de microorganismos -

A formação do reservatório poderá causar a perda ou a alteração de habitats para a fauna de microorganismos dos bentos, de fitoplânctons e de zooplânctons (Matsumura, 1999; Piedras *et al.* 2006). Os ambientes naturais das comunidades bentônicas são sítios rochosos ou ambientes sedimentados de fundo de rios e lagos (Ramos, 2002). Com o estabelecimento do reservatório, estes locais poderão receber um significativo incremento de sedimentos que refletirá diretamente nas comunidades bentônicas (Petruccio, 2003).

Dada a repercussão em termos de alteração na cadeia trófica dos organismos aquáticos, nas características físico químicas da água que o empreendimento pode gerar, tais impactos podem ser considerados de alta importância.

Aumento nas populações de bactérias patogênicas - A construção de hidrelétricas, com a formação de reservatórios, leva a um desequilíbrio ecológico nos sistemas aquáticos, que contribui para o aumento populacional de bactérias patogênicas de vida livre ou agregadas ao material em suspensão que é potencializado com o aumento populacional e incremento de despejo de esgoto doméstico.(Junk & Mello, 1990).

Alteração nas cadeias alimentares - A morte ou afugentamento dos indivíduos afeta diretamente a dinâmica das populações, alterando o nicho, o habitat e o tamanho das populações. Com a diminuição da diversidade de peixes na represa pode haver uma alteração radical da abundância relativa de peixes nos diferentes níveis tróficos (Luiz *et al.*, 2003). Muitas dessas espécies são detritívoras ou parcialmente herbívoras. Embora ambos os itens alimentares encontrem-se em grandes quantidades nos reservatórios a utilização adequada dos mesmos pode ser afetada (Junk & Mello, 1990).

Redução de recursos pesqueiros - As comunidades de peixes de reservatórios são o resultado de um processo de reestruturação daquelas comunidades que ocupavam o segmento fluvial represado, sendo marcadas por extinções locais de alguns componentes e por alterações drásticas na abundância da maioria, incluindo espécies de valor econômico (Agostinho, 1992; Araújo *et al.*, 1995).

Merona (1986) previu a redução do número de espécies no reservatório de Tucuruí no rio Tocantins, principalmente devido à redução dos habitats e à interrupção de rotas migratórias. Albino (1987) relata redução de 158 espécies no rio Jacaré-Guaçu para 77 espécies após a construção de dois barramentos. Romanini (1989) relata redução de 81 espécies para aproximadamente 33 espécies no reservatório de Americana, SP, enquanto Castro (1997) encontrou apenas 35 espécies no reservatório de Barra Bonita, SP, das 59 registradas antes do represamento. Vieira & Darwich (2000) encontraram menor número de espécies próximo à barragem dentro do reservatório de Curuá-Uma (Pará) e o maior número fora da área de influência do reservatório.

Interferência na dispersão de comunidades íctias e de mamíferos - A formação do reservatório provocará o alargamento da calha do rio Tocantins e de seus tributários, podendo facilitar a dispersão dos mamíferos cetáceos dos gêneros *Inia geofroensis* e *Sotalia*, registrados no ribeirão Cana Brava, no rio Manuel Alves Pequeno e na Ilha dos Botes (THEMAG, 2000). Por outro lado é esperada uma redução de biodiversidade ictiológica e da variação gênica, além da fragmentação de populações, devido a intransponibilidade da barragem (Barthem, 1991; Martins & Tamada, 2000; Martinez, 2000).

As espécies migradoras que ocorrem na região podem estar utilizando a região como local de alimentação, descanso ou para preparação das gônadas para reprodução (THEMAG, 2000). A ocorrência de jovens e de adultos de algumas espécies em estádios avançados de reprodução sugere que a região pode ser utilizada como local de reprodução por algumas espécies, mesmo no período da seca.

Proliferação de vetores de doenças tropicais: Devido a alterações substanciais nas cadeias tróficas e mudanças na estrutura e funções dos sistemas aquáticos poderá haver a expansão de organismos vetores de doenças tropicais como o *Anopheles* (vetor da malária), do *Aedes* (vetor da dengue e febre amarela), do *Culex* (vetor de filarioses) e de moluscos do

gênero *Biomphalaria* que servem de hospedeiros intermediários para a efetivação do ciclo da eschistosomose (Thiengo *et al.*, 2005).

4.3.3-Impactos Sócio-econômicos

4.3.3.1-Impactos Sócio-econômicos Negativos

Os impactos sócio-econômicos associados, direta ou indiretamente, aos impactos ambientais identificados foram:

- (1) Perda econômica devido à inundação de áreas agriculturáveis;
- (2) Expansão geográfica de doenças de veiculação hídrica e de doenças tropicas transmitidas por vetores;
- (3) Gasto com indenizações devido ao deslocamento e relocação de comunidades;
- (4) Redução do valor econômico de residências e propriedades próximas a lagos, rios ou represas eutrofizadas;
- (5) Aumento dos custos para o tratamento de água.
- (6) Perdas econômicas associadas à queda de recursos pesqueiros tradicionais

Perda econômica devido à inundação de áreas agriculturáveis - Embora na região de estudo a agricultura seja pouco expressiva em termos de área, uma vez que ocupa espaços dispersos, ao longo dos terraços do rio Tocantins é praticada uma agricultura de subsistência, sem mecanização, com utilização de implementos manuais e raramente com tração animal. As principais culturas são milho, feijão, mandioca e arroz. Com a formação dos reservatórios haverá o alagamento de diversas propriedades inviabilizando a sua utilização para práticas agrícolas (ENGEVIX, 2001).

A barragem de Tucuruí é um exemplo, aonde milhares de famílias que moravam abaixo da barragem perderam seus meios de pesca e a fertilidade dos terrenos e das áreas fluviais. Muitos acharam refúgio nos morros dentro da represa de Tucuruí, e agora estão sendo ameaçados com uma cheia de dois metros na represa quando a capacidade geradora da barragem é duplicada (Fearnside, 1999; Almeida & Régis, 2003). A oposição local cresceu, baseada no reconhecimento difundido de que a grande barragem vai fazer pouco para resolver os grandes problemas dos pequenos agricultores e pescadores da região (Rede Social de Justiça e Direitos Humanos, 2007).

Expansão geográfica de doenças de veiculação hídrica - A construção de reservatórios, canais e mudanças no regime dos rios e áreas alagadas produzem impactos relacionados com a expansão de vetores de doenças tropicais de veiculação hídrica (Zheng *et al.*, 2002). Podem ser observados relacionados com aumento da população de mosquitos (*Culex sp.*) ou com mau cheiro provocado por gás sulfídrico (Junk & Mello, 1990).

Ocasionalmente o crescimento exagerado de algas cianofíceas e a decomposição de macrófitas em grande escala resultam em uma perda da qualidade da água, podendo gerar problemas gastro-intestinais. Em diversas represas tropicais foi reportado o aumento de casos de malária (Brown & Deom, 1973).

O aparecimento da esquistossomose é uma preocupação uma vez que a condição básica para sua existência é a presença do molusco do gênero *Biomphalaria* nas represas. Em rios com água branca, eles são muito freqüentes quando macrófitas aquáticas oferecem boas condições para o seu desenvolvimento. O rio Tocantins tem águas neutras e relativamente ricas em cálcio (Santos, 1984) e embora seja colonizado por muitos moluscos, tanto bivalvíos quanto caramujos, *Biomphalaria* não têm sido observados, porém existem registros de sua presença na bacia hidrográfica (Goodland, 1978).

Na fase de construção das usinas e barragens, operários oriundos de diversas regiões, muitas delas endêmicas para a esquistossomose, são atraídos pela oportunidade de emprego. Na fase de operação, o lago formado estimula atividades de lazer, atraindo permanentemente migrantes e turistas. Essas condições associadas à contaminação por fezes de indivíduos parasitados criam os pré-requisitos necessários ao fechamento do ciclo e manutenção da esquistossomose (Thiengo *et al.*, 2005).

Gasto com indenizações devido ao deslocamento e relocação de comunidades - É estimado que aproximadamente 32.500 ha de terrenos deverão ser desocupadas para a implantação da Hidrelétrica de Peixe Angical. O deslocamento das 223 famílias rurais e das 56 famílias urbanas residentes representa um impacto significativo na vida desses habitantes, particularmente considerando que se trata de pessoas com baixa renda e capacitação para o trabalho. No caso da população rural esta característica é particularmente importante, visto que a realização do empreendimento atinge também a fonte de trabalho e renda das famílias rurais (THEMAG, 2000).

Redução do valor econômico de residências e propriedades próximas a lagos, rios ou represas eutrofizadas - A eutrofização de reservatórios provoca mal cheiro devido a produção do gás metano e a matéria orgânica em decomposição, além de criar um ambiente adequado para a reprodução de mosquitos (Junk & Melo, 1990). Os impactos provocados vão além das regiões rurais, pois a população que se dirige para trabalhar nas obras e os desalojados tendem a ocupar as cidades próximas, formando favelas e sobrecarregando a infra-estrutura local (Almeida e Régis, 2007).

Aumento dos custos para o tratamento de água - Considerando-se que lagos, represas e áreas alagadas têm uma interação permanente e dinâmica com as bacias hidrográficas às quais pertencem, os desenvolvimentos das atividades humanas na bacia tende a aumentar as funções de transferências de sistemas terrestres para sistemas aquáticos, e acelerar os coeficientes de exportação (Junk & Mello, 1990).

O represamento de um rio num reservatório novo leva normalmente a um aumento considerável do teor de nutrientes por causa da lixiviação do solo inundado e da decomposição da vegetação terrestre afogada (Pereira Filho, 2000). Esse quadro pode ser considerado altamente problemático uma vez que a eutrofização acelera o aumento de matéria orgânica nos sistemas, produz concentrações indesejáveis de fitoplâncton e permanente crescimento de macrófitas aquáticas gerando um aumento nos custos para a manutenção dos padrões de qualidade de água para abastecimento da população (Tundisi, 1999).

A má qualidade da água também afeta as turbinas e as construções, criando gastos elevados de manutenção. Um exemplo é a represa hidrelétrica de Curuá-Una que apresentou um bloqueio do sistema de refrigeração devido ao desenvolvimento em massa de bactérias, forçando a parada temporária das turbinas (Darwich, 1982).

Perdas econômicas associadas à queda de recursos pesqueiros tradicionais – A pesca constitui-se em atividade econômica artesanal para subsistência de populações ribeirinhas que consomem o produto na sua alimentação cotidiana e vendem o excedente para os demais núcleos e cidades _a beira dos rios que compõem a região hidrográfica.

A formação de barragens pode fazer com que algumas das principais espécies utilizadas na atividade sofram uma redução, ou até mesmo desapareçam da região. É caso do jaú (*Paulicea luetkeni*) e da dourada (*Brachyplatystoma flavicans*) que realizam movimentos migratórios, sendo a última incluída na Lista Nacional das Espécies sobreexploradas. Ainda

podem ser citadas a piabanha (*Brycon spp.*) e o pacu-prata (*Myleus spp.*) que são espécies que realizam deslocamento reprodutivo, além de estarem incluídas na categoria IUCN como em perigo de extinção e vulnerável, respectivamente (BIODIVERSITAS, 2005).

4.3.3.2- Impactos sócio-econômicos indiretos positivos

Aumento da capacidade de fornecer usos múltiplos pelo sistema aquático - Os usos múltiplos dos reservatórios deverão ampliar-se e diversificar-se à medida que a sócio-economia local e regional adaptar-se e integrar-se com o novo sistema aquático que substituiu o rio Tocantins. Assim um novo ciclo hidrosocial deverá ser organizado em função da represa. Entretanto usos múltiplos representam também oportunidades de múltiplos impactos que se somam e têm efeitos sinérgicos, nos tributários e no reservatório (INVESTCO, 2002).

Os seguintes usos múltiplos deverão fazer parte do processo deste novo ciclo hidrosocial: abastecimento público para pequenas localidades; pesca; irrigação em pequena escala; irrigação em larga escala (agronegócio); recreação em pequena e em larga escala; turismo e atividades relacionadas; navegação e transporte em escala limitada e em larga escala dentro de alguns anos; usos industriais diversificados, além da produção de energia elétrica; aquicultura em condições limitadas e sob controle deverá ocorrer após estabilização (ENGEVIX, 2001; INVESTICO, 2002).

Aumento do conhecimento das populações íctias - A partir da década de 80 em decorrência da regulamentação da atividade ambiental no âmbito do setor elétrico, com o surgimento de legislação específica no país e do fortalecimento das cobranças da sociedade passaram a ser desenvolvidos estudos de previsão dos impactos a serem causados pelos empreendimentos e, conseqüentemente, implantadas medidas de mitigação e os respectivos monitoramentos (ELETROBRAS, 1999a).

Esse esforço resultou, além das orientações de procedimentos para o setor elétrico, em um significativo volume de material obtido nas campanhas de campo e incorporado aos acervos de importantes museus e instituições de pesquisa nacionais (ELETROBRAS, 1999b). Esse material vem sendo trabalhado pelas próprias entidades onde se encontra ou por pesquisadores independentes e tem propiciado a publicação de numerosos trabalhos científicos (Santos *et al.*, 2004).

Criação de praias artificiais com finalidade recreacional - Os resultados sugerem que, se mantidos os padrões comportamentais das águas dos rios Paranã e Tocantins, em termos de qualidade, não existe risco iminente decorrente da implantação dos empreendimentos. No entanto, apesar de serem consideradas adequadas para manutenção da vida aquática, segundo os padrões estabelecidos por Pádua (1997), as águas destes rios devem receber tratamento convencional que confira potabilidade para utilização humana (ENGEVIX, 2001).

Uma das compensações previstas para os impactos ambientais consistirá na criação de praias artificiais em locais estratégicos dos reservatórios, em substituição às praias naturais dos rios Tocantins, Paranã e Palma, que são intensamente utilizadas nos períodos de estiagem (THEMAG, 2000).

As praias artificiais do reservatório poderão ter um uso contínuo, além das temporadas especiais de férias, pela regularização dos níveis d'água e pela permanente condição de água com pouco sedimento em suspensão propiciado pelos grandes volumes de água represados.

4.3.4-Causas Setoriais

As causas setoriais mais relevantes responsáveis pela degradação dos ecossistemas aquáticos identificadas na região foram: (1) Aproveitamentos hidrelétricos; (2) Ocupação Humana.

(1) Aproveitamentos hidrelétricos

A área referente ao presente estudo, apresenta como principal agente impactante o setor hidrelétrico, com a implantação dos aproveitamentos hidrelétricos de Peixe Angical e São Salvador. A relação existente entre a política de desenvolvimento, com a ampliação da rede de produção de energia hidrelétrica e a política de conservação ambiental é potencialmente um dos principais conflitos observados na região (THEMAG, 2000).

(2) Ocupação Humana

Os impactos relacionados com a ocupação humana na região vão estar diretamente relacionados com o setor hidrelétrico. Estes impactos tornam-se importantes na medida que os empreendimentos se inserem em uma região com baixa oferta de postos de trabalho, pequenos

contingentes populacionais urbanos e conseqüentemente estrutura social vulnerável e limitada infra-estrutura de saúde, educação e habitação. A atração de novos habitantes pode causar sérios impactos nesses núcleos urbanos. É esperado um aumento significativo de população, normalmente de baixa renda, aumentando a demanda habitacional e por serviços básicos de infra-estrutura social.

(3) Aumento da pesca e caça predatória

Com a implantação do empreendimento a região deverá apresentar um incremento da pesca e caça predatória devido ao crescimento populacional. Este fato irá gerar um aumento da pressão antrópica sobre as comunidades de médio e grandes mamíferos, aves, répteis e anfíbios, além da redução de matrizes e peixes adultos (Fundação Djalma Batista, 2001)

A pesca de reservatórios é uma modalidade que surgiu na Amazônia a partir da formação de grandes reservatórios para geração de hidroeletricidade. Sua sustentabilidade vem sendo discutida, uma vez que a alta produtividade dos anos imediatamente após a formação da barragem é, em geral substituída por valores situados em um patamar inferior ao observado antes do fechamento da represa (Freitas & Rivas, 2006).

4.3.5-Causas Raízes

As causas raízes responsáveis pela degradação ambiental são na realidade falhas nos mecanismos de articulação social, ou seja, falhas institucionais ou nos elementos constituintes da organização social: mercados, legislação, estrutura do aparato estatal, política, dentre outras que contribuem para que determinado setor de atividade econômica se comporte de modo prejudicial aos recursos hídricos contribuindo para a ocorrência do problema ambiental identificado, conforme descrito no capítulo 2.6.

Foram identificadas as seguintes causas raízes para os trechos estudados: (1) Baixo investimento em fontes alternativas (renováveis de energia); (2) Desenvolvimento populacional; (3) Aumento da demanda energética (4) Pobreza; (5) Fragilidade institucional dos órgãos ambientais; (6) Dificuldade na implementação das Leis Ambientais; (7) Carência de informações e conhecimento científico; (8) Usuários dos Recursos Hídricos desinformados; (9) Despreparo da comunidade para participar das questões ambientais.

(1) Baixo investimento em fontes alternativas (renováveis de energia)

Na região considerada observam-se faixas ao longo da porção leste dos Estados de Goiás e Tocantins com ventos superiores a 5m/segundo (CBEE, 2002), o que justifica o investimento na área de fontes de energia eólicas ao invés de hidráulicas ou térmicas. Embora o governo brasileiro tenha instituído incentivo ao fomento de energia oriunda desse tipo de fonte, através da lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002, sua efetiva implementação ainda é necessária. Essa legislação cria o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Eólica (PROINFA), a Conta de Desenvolvimento Energético (CDE) e altera dispositivos legais que interferem no aproveitamento de fontes alternativas e cogeração de energia, destacando-se o estabelecimento de mecanismos que induzam à eficiência econômica e energética, à valorização do meio ambiente e à utilização de recursos energéticos locais (Galinkin, 2007).

(2) Desenvolvimento populacional

A determinação dos níveis de pressão antrópica da região pode ser evidenciada pelo Índice de Pressão Antrópica (IPA). O IPA revela que a área do Tocantins, classificada como alta importância biológica, atinge 100% de pressão (MMA, 2005).

É possível perceber que a principal motivação para a produção e transmissão de energia está voltada para as necessidades dos centros mais desenvolvidos do país (Almeida & Régis, 2003), que precisam dos recursos que possam ser retirados da região aqui enfocada possuidora de um Índice Municipal de Desenvolvimento Humano (IDH-M) médio igual a 0,483, caracterizando seu baixo desenvolvimento. Governo e empresas afirmam que o maior benefício será a criação de empregos diretos e indiretos. Todos eles obedecem a lógica que preconiza o desenvolvimentismo da região, com reflexo na melhoria de vida das populações nativas (Pires, 2001, Dos Santos, 2003; Goldemberg & Moreira, 2005).

Entretanto o que constantemente pode ser observado é que as populações locais, suas condições de vida atual e futura não são objeto de preocupações das equipes setoriais de planejamento, exceto pelo estereótipo de que são pobres e precisam ser “desenvolvidas”. Na verdade essas populações acabam sendo excluídas dos benefícios do progresso econômico, social, tecnológico e científico.

(3) Aumento da demanda energética

Dentro de uma perspectiva histórica recente o consumo de energia elétrica segue uma trajetória de acréscimo permanente superior a evolução da economia e do consumo de energia global (ECONOMIA & ENERGIA, 2005). De um lado a elasticidade-renda (relação do consumo e do PIB) tem decrescido nos últimos anos, indicando alterações estruturais na economia, e de outro uma componente inercial da dinâmica do mercado de eletricidade, que explica seu maior crescimento relativo. O primeiro aspecto é a provável utilização de tecnologias mais eficientes no uso final da eletricidade, e o segundo que pode ser associado à penetração crescente de energia elétrica em razão da modernização dos diversos setores da economia, do crescimento populacional e da extensão das redes elétricas.

(4) Fragilidade institucional dos órgãos ambientais

Um dos pontos mais frágeis do licenciamento é a qualidade dos EIA/Rimas. A grande maioria dos estudos ambientais realizados pelos empreendedores são superficiais, desconexos e muitas vezes trazem informações falsas ou desatualizadas. Isso passou a ser uma praxe porque os empreendedores e as equipes especializadas em realizar os EIA/Rimas sabem que do outro lado nos órgãos de controle ambiental responsáveis pelo licenciamento muito dificilmente haverá alguém para analisar com cuidado, rigor e conhecimento técnico os estudos realizados, de forma que pequenos ou grandes erros, intencionais ou não, passarão despercebidos (Prochnow, 2005).

No Brasil, as exigências para avaliação de impactos de hidrelétricas e outros projetos de desenvolvimento são vagas com respeito a diversos aspectos, como por exemplo, os impactos sociais. Estes ditames seguem a Lei no. 6.938 de 31 de agosto de 1981 e o Decreto no. 8.835 de 10 de junho de 1983, que criam o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), e a regulamentação desta lei em 21 de janeiro de 1986 (Resolução de CONAMA 001/86). As empresas envolvidas sempre se aproveitam da linguagem vaga para interpretar uma inclusão mínima de aspectos sociais (Sigaud, 1990).

Procedimentos de tomada de decisões ainda precisam de reformas substanciais para que os impactos ambientais sejam plenamente considerados nas tomadas de decisões sobre projetos de desenvolvimento, e para que, quando projetos forem considerados dignos de implementação, os impactos que eles provocam sejam mitigados com justiça (Fearnside, 1999).

(5) Dificuldade na implementação das Leis Ambientais

Há reconhecido progresso na consolidação de leis e normas que regem a conservação e uso sustentável da biodiversidade, a começar pela Constituição Brasileira, contudo, há nítida dificuldade de implementar a legislação na prática (Lima, 2000). Esse aspecto é considerado como fator institucional destacando, além da questão da implementação, outros elementos como fiscalização, assistência técnica, insuficiência de dados e necessidade de pesquisa científica (Freitas, 2000).

O Código Florestal e a Lei de Crimes Ambientais são constantemente violados, com os desmatamentos de cabeceiras e ocupação de outras áreas de rios. Enfim, há um conflito em se constatar que a legislação é adequada, mas sua implementação é falha, sendo a deficiência de fiscalização uma porta aberta para a transgressão (Brito & Barreto, 2004).

(6) Carência de informações e conhecimento científico

O estudo da biodiversidade e da sua distribuição espacial é de grande importância, qualquer projeto ligado à conservação ou ao uso sustentável requer conhecimentos mínimos de sistemática e ecologia dos organismos e um conhecimento prévio das variáveis ao nível dos ecossistemas (Scott *et al.*, 1987).

A conservação e recuperação de ecossistemas aquáticos demandam a existência de conhecimento científico para promover programas de conservação e recuperação (INVESTICO, 2002). Entretanto, o tempo disponível para a obtenção desses dados, e as limitações de recursos econômicos justapõem-se com uma grande diversidade de espécies comuns às áreas tropicais fazendo com que muitas vezes as informações necessárias para o manejo de áreas impactadas seja insuficiente (Crafft, 1995).

(7) Usuários dos Recursos Hídricos desinformados

A inexistência de organismos articulados e atuantes, somada à falta de informação dos próprios usuários da região a respeito dos princípios da gestão integrada e participativa dos recursos hídricos, potencializa a possibilidade de conflitos entre usuários que, na grande maioria dos casos, sequer conhece os instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos (Dos Santos, 2003).

Na Região Hidrográfica do Tocantins-Araguaia ainda não foi implantado nenhum Comitê de Bacia, apesar dos esforços de organismos de bacia, em especial o CONÁGUA Alto Tocantins, no estímulo à criação do Comitê do Rio Tocantins.

São poucos os atores e usuários dos recursos hídricos da região que reconhecem a água como um bem de valor econômico, o que reflete o baixo nível de instrução alcançado pelos habitantes da região e identificado no perfil socioeconômico da população residente (THEMAG, 2000; ENGEVIX, 2001).

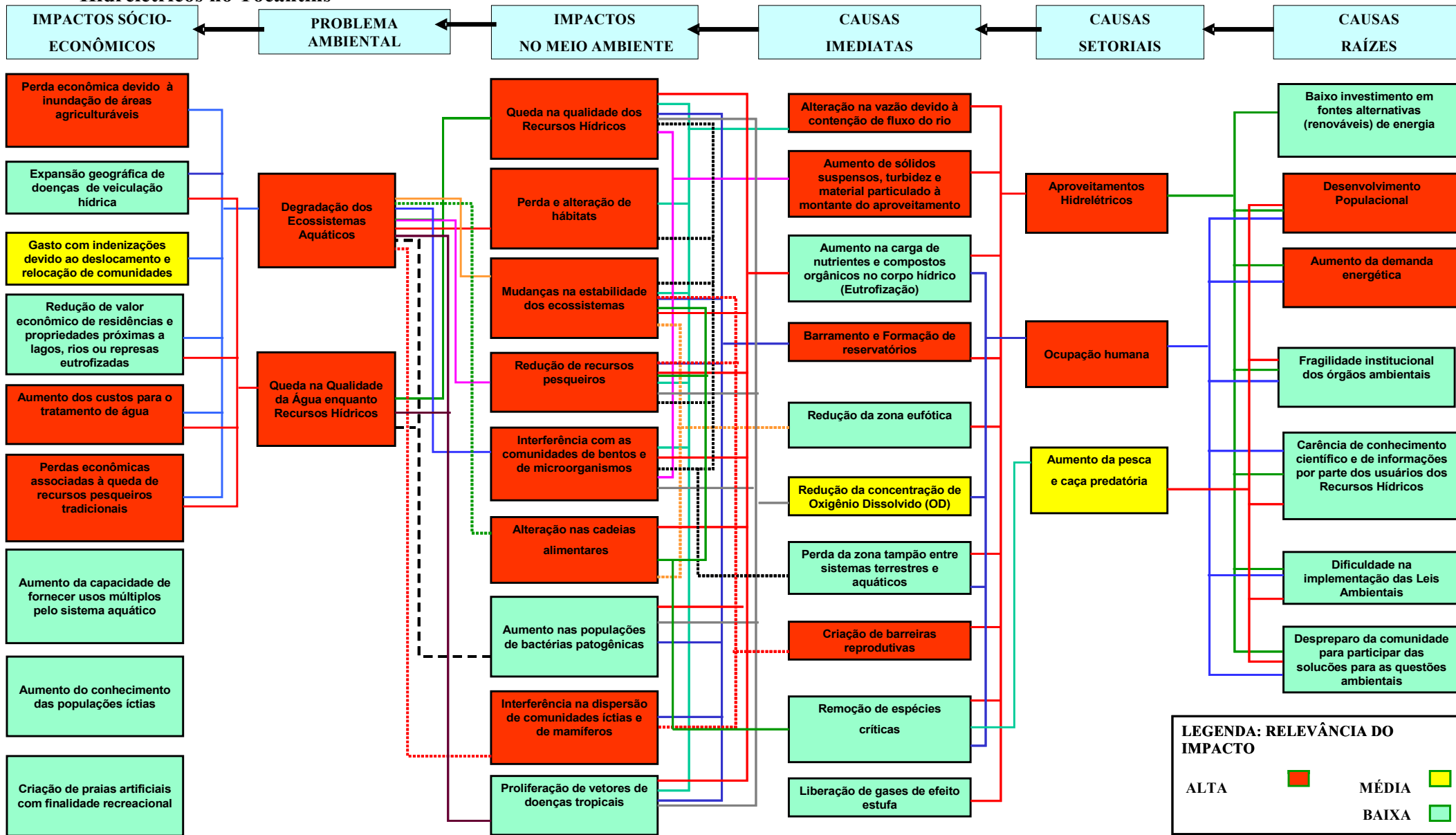
(8) Despreparo da comunidade para participar das questões ambientais

O despreparo da comunidade para participar de forma efetiva, por sua vez, acentua os problemas ambientais existentes, na medida em que as pessoas deixam de assumir os papéis de agente de mudança e transformação, e tendem a se comportar de forma omissa ou assumindo atitudes que se contrapõem ao que seria desejado para a gestão sustentável da região (Lima, 2001).

A participação comunitária é um balizador e impulsionador das ações de gestão (IBAMA, 1994; Souza, 2002); quando as populações não participam, ou o fazem de forma insuficiente ou inadequada, deixam de praticar a cidadania a que têm direito, deixando de oferecer aos gestores as informações sobre suas demandas e prioridades, fiscalizando ações, e exigindo o cumprimento do que lhes é devido (Galinkin *et al*, 2003).

O processo de organização social da Região Hidrográfica Tocantins-Araguaia conta com alguns movimentos ligados às questões sociais e ambientais que surgiram a partir da década de 70. A principal organização atuante, MAB (Movimento dos Atingidos por Barragens), tem destacado papel nos encaminhamentos das reivindicações e negociações da população impactada diretamente pelos reservatórios (MMA, 2005).

Quadro 4- Análise da Cadeia Causal de Impactos nos Ecossistemas Aquáticos decorrentes da implantação de Aproveitamentos Hidrelétricos no Tocantins



4.3.6-Opções políticas para eliminação/mitigação das causas e dos impactos

Considerando a necessidade de minimizar os danos à integridade dos ecossistemas aquáticos e dos recursos hídricos, a partir do presente estudo são recomendadas as seguintes ações na bacia:

- Implantação de sistema de tratamento de efluentes com remoção de fósforo em reservatórios;
- Ampliação e modernização do sistema de monitoramento de recursos hídricos na bacia, com o monitoramento dos níveis sedimentológicos e dos níveis de água;
- Criação de programas de recuperação e conservação de áreas degradadas com recomposição das matas ciliares e de manejo e conservação do solo;
- Desenvolvimento do manejo sustentável de espécies nativas e implantação de empreendimentos para produção de peixes regionais adaptados às potencialidades da região;
- Criação de biopassagens ou Sistema para Transposição de Peixes (STP) para organismos que realizam migração reprodutiva, trófica ou simplesmente deslocamento;
- Regularização da pesca regional a partir da regulamentação com o estabelecimento de cotas de captura, períodos de defeso e a criação de unidades de conservação aquáticas e áreas de exclusão de pesca. A proibição total de captura só caberia nos casos de espécies criticamente ameaçadas de extinção. Dessa forma, cada espécie listada pode ser objeto de medidas específicas de proteção e fiscalizações apropriadas ao seu manejo e conservação;
- Criação de mecanismos que melhorem as condições sócio-econômicas das populações locais e conseqüentemente o manejo dos recursos hídricos;
- Implementação de ações que visem proteger os núcleos urbanos e rurais de inundações decorrentes do enchimento dos reservatórios;
- Fortalecimento das instituições locais, com a organização das principais entidades envolvidas e maior participação da população através da mobilização social e fortalecimento de associações e cooperativas;
- Definição de um programa de fomento à criação de comitês da bacia hidrográfica e maior divulgação do PNRH para participação e controle social;
- Ampliação da comunicação, intercâmbio de informações, educação e conscientização ambiental entre o poder público e as comunidades.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O desenvolvimento sustentável surgiu como um conceito fundamental que visa unir desenvolvimento econômico e proteção ambiental. Esse conceito não postula a preservação da natureza em seu estado natural, mas a melhoria de vida mediante o gerenciamento racional das intervenções sobre o meio ambiente, com ou sem transformação da estrutura e das funções dos ecossistemas, distribuindo de forma equitativa e eticamente justificável os custos e benefícios entre as populações envolvidas (Reis, 2001). Nesse contexto o termo “sustentável” significa conservar a capacidade em gerar bem-estar para as próximas gerações.

O principal objetivo do presente trabalho foi identificar problemas ambientais prioritários nos ecossistemas aquáticos de trechos selecionados do Rio Tocantins relacionados com o aproveitamento do seu potencial hidroelétrico. Buscou-se também, a identificação das principais causas imediatas, setoriais e causas raízes responsáveis pelos impactos identificados e a listagem de opções políticas para mitigação dos mesmos.

Os problemas ambientais selecionados como relevantes para o presente estudo, resultantes da exploração do potencial hidroelétrico da bacia do Tocantins e da ocupação humana – que se apresentam intensamente relacionados - foram a queda na qualidade da água, enquanto recurso hídrico, e a degradação dos ecossistemas aquáticos.

A partir da Análise da Cadeia Causal observa-se que a alteração na vazão, devido à contenção de fluxo do rio, o aumento de sólidos suspensos, turbidez e material particulado, resultante do barramento e formação de reservatório com a criação de barreiras reprodutivas foram as principais causas imediatas responsáveis pelos impactos.

Pode-se inferir que o padrão de correlações múltiplas entre os diferentes impactos e suas causas imediatas reflete a complexidade de interações físico-bióticas observadas nos ecossistemas aquáticos continentais. Cada impacto não pode ser considerado separadamente pois eles podem se apresentar como fatores catalíticos e de efeito sinérgico. Um impacto isolado causa um determinado problema, entretanto esse mesmo problema será agravado quando esses impactos se somam. A perda de uma única espécie crítica, por exemplo, pode ser o suficiente para desestabilizar todo o ecossistema. Neste sentido, estudos de acompanhamento constante de espécies indicadoras (bioindicadoras) são de extrema relevância, pois permitem a quantificação do aumento ou recuo temporal das ações antrópicas no meio ambiente. Neste estudo foram apresentadas diversas espécies íctias que podem ser

utilizadas como indicadoras, uma vez que respondem de forma rápida às diferentes modificações no meio ambiente. Por exemplo, espécies que realizam movimentos migratórios e que também estão submetidas à pressão de pesca, como é o caso do surubim (*Pseudoplatystoma fasciatum*). Os impactos ambientais considerados de maior relevância foram: (i) Queda na qualidade dos recursos hídricos; (ii) perda e alteração de habitats; (iii) mudanças na estabilidade dos ecossistemas; (iv) redução de recursos pesqueiros, (v) interferência com as comunidades de bentos e de microorganismos, (vi) alteração nas cadeias alimentares e (vii) interferência na dispersão de comunidades íctias e de mamíferos.

Os principais reflexos sociais desses impactos foram (i) a perda econômica devido à inundação de áreas agriculturáveis; (ii) o aumento dos custos para o tratamento da água e perdas no setor pesqueiro, e (iii) a redução na abundância dos recursos pesqueiros.

As principais causas setoriais identificadas foram o Setor Hidrelétrico e a Ocupação Humana. As principais Causas Raízes foram: (i) o desenvolvimento populacional decorrente da disponibilidade elétrica e (ii) o aumento da demanda energética, reafirmando a interligação e sinergia decorrentes da ocupação humana e do setor hidrelétrico.

Uma vez que o crescimento do país, acompanhado pelo aumento da demanda por recursos energéticos de matriz hidrelétrica, é uma realidade, o bom conhecimento dos impactos, causas e suas correlações é de primordial relevância para que haja progresso e desenvolvimento de forma sustentável e justa.

O presente estudo evidencia a necessidade de adoção de políticas de planejamento integrado, aonde a gestão ambiental e seus elementos é apenas parte da gestão e planejamento geral, que tem como principal elemento as atividades humanas e seu disciplinamento dentro de um cenário de desenvolvimento sustentável. Para que as partes funcionem, o todo tem que ser considerado.

O presente trabalho ilustra a utilização com flexibilização de um modelo conceitual (ACC) útil no diagnóstico ambiental e sócio-econômico cujo foco não são os impactos ambientais em si mesmos, mas as atividades e escolhas humanas, assim como falhas e fragilidades institucionais que levam a tais impactos como forma de melhor posicionar os tomadores de decisão para formulação de opções políticas efetivas.

A principal recomendação deste trabalho é que sejam realizados na região focalizada, estudos posteriores à implantação dos empreendimentos de São Salvador e Peixe Angical, que ainda não teve a sua obra iniciada, de forma a avaliar e monitorar o grau e a amplitude dos impactos provocados, uma vez que os impactos abordados aqui são de ocorrência provável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, M. C. S. Modelo de avaliação da estratégia ambiental: uma ferramenta para a tomada de decisão. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 218p, 2001.
- AHITAR - Administração das Hidrovias do Tocantins–Araguaia. EIA/RIMA HIDROVIA TOCANTINS – ARAGUAIA. 2002. Disponível em http://www.ahitar.com.br/site/modulos/site2/rima_diagnostico.php?pagina=4. Acesso em 01/07/05.
- AHITAR/FADESP/UFPA. Estudos de impacto ambiental, Hidrovia Tocantins-Araguaia. Ministério dos Transportes/ Cia Docas do Pará, 8 volumes, Belém, março 1999.
- ALBA-TERCEDOR J. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. IV SIAGA, Almeria, 2: 203-213, 1996.
- ALBINO, A.L.D. Estudo sobre a fauna de peixes da bacia do rio Jacaré-Guaçu (Estado de São Paulo) com uma avaliação preliminar dos efeitos de dois barramentos. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de São Carlos - UFSCar. 169 p, 1987.
- ALMEIDA, R. & RÉGIS, M. Águas sem Barragens: Campanha Interestadual Contra a Implantação de Barragens na Bacia Araguaia-Tocantins. São Luiz, 11p, 2003. Disponível em: http://www.forumcarajas.org.br/forum/cartilha_barragens.pdf?id=10. Acesso em 15/02/2007.
- ALVIM, C. F.; VARGAS, J. I. ; SILVA, O. L. P.; FERREIRA, O. C.; EIDELMAN, F. Um “porto de destino” para o sistema elétrico brasileiro. Economia e Energia, 49: 5-68, 2005.
- AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS- ANA-A Região Hidrográfica dos Rios Tocantins e Araguaia , 2006. Disponível em <http://www.ana.gov.br>. Acesso em 01/8./06
- AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS- ANA- Agência Nacional das Águas- Cadernos de Recursos Hídricos Aproveitamento do potencial hidráulico para geração de energia. Brasília, 2005. Disponível em <http://www.ana.gov.br>. Acesso em 01/02./06
- AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS- ANA. A evolução da gestão dos Recursos Hídricos no Brasil. Brasília, 32p., 2002a. Disponível em <http://www.ana.gov.br>. Acesso em 01/01/06.
- AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS- ANA. Evolução da organização e implementação da Gestão de Bacias no Brasil. Conferência Internacional de Órgãos de Bacia, CIOB, Madri. 24p. 2002b.

- ANA/UNESCO. Avaliação de Programas Nacionais Versão final- Síntese, Comentários e Recomendações. Disponível em http://www.ana.gov.br/pnrh_novo/docs/Avaliacao_Programas_Nacionais.pdf. Acesso em: 01/08/2006.
- ANEEL. 2004a. Resumo Geral dos Novos Empreendimentos de Geração, situação 15/10/2004, Brasília. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/>. [Out. 19, 2004]
- ARAUJO-LIMA, C.A.R.M.; A.A. AGOSTINHO & N.N. FABRÉ 1995. Trophic aspects of fish communities in brazilian rivers and reservoir. In: TUNDISI, J.C.; C.E.M. BICUDO & T. MATSUMURA-TUNDISI. (Eds). *Limnology in Brazil*. Rio de Janeiro: p 105-136, 1995.
- ATTANASIO, C. M.; LIMA, W. ALTER P., GANDOLFI, S., ZAKIA, M. J. B.; VENIZIANI JÚNIOR, J. C. T. Método para a identificação da zona ripária: microbacia hidrográfica do Ribeirão São João (Mineiros do Tietê, SP) *Cientia Florestalis*, 71: 131-140, 2006.
- BALDISSEROTTO, B. *Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura*, Editora da UFSM, 2002.
- BARBOUR, M.T.; GERRITSEN, J.; SNYDER, B.D.; STRIBLING, J.B.. *Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish*, 2ª ed. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water; Washington, D.C., 1999.
- BARTHEM, R. B.. Life Strategies of some Long-Distance Migratory Catfish in Relation to Hydroelectric Dams in the Amazon Basin. *Biological Conservation* 55: 339-345, 1991.
- BENBROOK, C. & MALLINCKODT, F. Indicators os Sustainability in the Food and Fiber Sector, 1994. Disponível em: http://tdg.uoguelph.ca/www/fsr/collection/indicators/food_fiber.txt. Acesso em 28/06/06.
- BENEDITO, C. E.; MINTE, V. C. V.; ZAWADZKI, C. H.; PAVANELLI, C. S.; RODRIGUES, F. H. G.; GIMENES, M. F. Ichthyofauna from the Emas National Park region: composition and structure. *Brazilian Journal of Biology*, 64 (3a) São Carlos, 2004.
- BESSA JUNIOR, O. & MULLER, A. C. P. Indicadores Ambientais Georeferenciados para a Área de Proteção Ambiental de Guaraqueçaba. *Revista paranaense Desenvolvimento Curitiba*, 99: 105-119, 2000.

- BIANCHINI Jr, I. Aspectos do processo de decomposição nos ecossistemas aquáticos continentais. In: M. L. M. Pompêo. (Org.). *Perspectivas da Limnologia no Brasil*. 1 ed. São Luís, Maranhão: Gráfica e Editora União, p. 21-43, 1999.
- BIODIVERSITAS. Lista da fauna brasileira ameaçada de extinção. Organização de Ângelo B. Machado. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2005.
- BOLEA, M. E.; .Evaluación de impacto ambiental., Fundación MAFPRE, Madrid, 1984.
- BRASIL, Ministério dos Transportes. Relatório de estatística hidroviária: bacia Tocantins Araguaia. 2000. Departamento de hidrovias interiores. <http://www.transportes.gov.br> . acesso em 25/06/2006.
- CALLISTO, M.M. Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde dos riachos. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Florianópolis, 1(6): 71-82, 2001.
- CAMARGO, M.; GIARRIZZO, T.; CARVALHO JR, J.. Levantamento Ecológico Rápido da Fauna Ictica de Tributários do Médio-Baixo Tapajós e Curuá. *Boletim. Museu Para. Emílio Goeldi, série. Ciências Naturais*, Belém, v. 2, (1): 229-247, 2005.
- CASTRO, A.C.L. de. Aspectos ecológicos da comunidade ictiofaunística do reservatório de Barra Bonita, SP. *Rev. Brasil. Biol.*, 57(4): 665-676. 1997.
- CEBRAC - Fundação Centro Brasileiro de Referência e Apoio Cultural, Projeto de Criação da Bolsa de Mercadorias do Cerrado, 2001. Disponível em http://www.cebrac.org.br/v2/projetos_download/projeto CEAraguaia.pdf em 20/02/07.
- CEBRAC- Fundação Centro Brasileiro de Referência e Apoio Cultural. Projeto Corredor ecológico- Bananal Araguaia. 2000. Disponível em http://www.cebrac.org.br/v2/projetos_download/projeto CEAraguaia.pdf em 20/05/07.
- COMASE- Comitê Coordenador Das Atividades De Meio Ambiente Do Setor Elétrico. Processos de interação do setor elétrico brasileiro com a sociedade. Rio de Janeiro, 1994.
- CRARAFT, J.. The urgency of building global capacity for biodiversity science. *Biodiversity and Conservation*, 4: 463-475, 1995.
- CRUZ, K. C. M. S. & VALENTE, A. L. E. F. A cachoeira do Poço Encantado: empreendimento familiar e presença Kalunga na cadeia do ecoturismo em Teresina de Goiás. *RER*, Rio de Janeiro, 43 (4): 779-804, 2005.
- DA HORA, M.A.G.M. Metodologia para a compatibilização da geração de energia em aproveitamentos hidrelétricos com os demais usos dos recursos hídricos. Estudo de

- caso: Bacia Hidrográfica do Rio Tocantins. Tese de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 120p. 2005.
- DAZANHA, G. Diagnóstico sócio-econômico e avaliação de impactos nas terras indígenas krahô, krikati e apinajé, situadas na área de influência do corredor de transporte multimodal centronorte. CTI- Centro de Trabalho Indigenista. Disponível em: <http://www.trabalhoindigenista.org.br/papers.asp>. Acesso em 25/03/2005.
- DOMINGUES, A. F.. Implementação de práticas de gerenciamento integrado de bacia hidrográfica para o Pantanal e Bacia do Alto Paraguai. ANA/GEF/PNUMA/OEA . ANA/GEF/PNUMA/OEA, Relatório Executivo, 103p. 2003.
- DOS SANTOS, S. C. A geração hídrica de eletricidade no sul do Brasil e seus impactos sociais. *Etnográfica*, 7 (1): 87-103, 2003.
- ECONOMIA & ENERGIA. O futuro do Sistema Elétrico Brasileiro. *Economia & Energia*, 49, 2005
- ELETOBRAS. A contribuição do setor elétrico ao conhecimento de novos peixes/ Centrais Elétricas Brasileiras, S.A. Área de meio Ambiente, Rio de Janeiro: Eletrobrás. 32p, 1999a.
- ELETOBRAS. Manual de Estudos de Efeitos Ambientais dos Sistemas Elétricos. 2ª Edição - Outubro 2002
- ELETOBRAS. O tratamento do impacto das hidrelétricas sobre a fauna terrestre. Centrais Elétricas Brasileiras, Rio de Janeiro, 1999b.
- EMBRAPA,. Cerrado:ambiente e flora. EMBRAPA-CPAC, 556p, 1998.
- ENGEVIX. Aproveitamento Hidrelétrico São Salvador. Descrição do empreendimento e diagnóstico ambiental. 299p. 2001.
- EPE- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Avaliação ambiental integrada dos aproveitamentos hidrelétricos na bacia do rio Tocantins. Termo de referência para o estudo. 31p. 2005.
- FAVARETTO, J. A. *Biologia Uma abordagem evolutiva e ecológica*. Editora Moderna. São Paulo: 1997. Disponível na Internet: <http://www.moderna.com.br/moderna/fisica/faces/Cap.43.pdf>. Acesso em 06/05/2006.
- FEARNSIDE, P.M. Os impactos ecológicos das grandes barragens. p. 100-115. In: L.P. Rosa, L. Sigaud & E.L. La Rovere (eds.) *Estado, Energia Elétrica e Meio Ambiente: O Caso das Grandes Barragens*. Coordenação dos Programas de Pós- Graduação em

- Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ), Rio de Janeiro, RJ. 184 p, 1995.
- FEARNSIDE, P.M.. Social Impacts of Brazil's Tucuruí Dam. *Environmental Management*, 24(4): 485-495, 2002.
- FELFILI, J. M. Padrões de diversidade do Cerrado do Centro-Oeste brasileiro. In: ARAUJO, E.L.; MOURA, A. N.; SAMPAIO, E.V.S.B.; GESTINARI, L.M.S.; CARNEIRO, J.M.T. Biodiversidade, conservação e uso sustentável da flora do Brasil. Recife, UFRPE, Imprensa Universitária: 298p., 2002.
- FERREIRA, E.A.B.; TOKARSKI, D.J. Aspectos relevantes da saúde do RIO TOCANTINS sob o impacto da UHE de Serra da Mesa. Relatório Circular, Conágua Alto Tocantins. Brasília, 7p. il., 2004.
- FIRJAN-FEDERAÇÃO DAS INDUSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. Manual de licenciamento ambiental: guia de procedimento passo a passo. Rio de Janeiro, 23p., 2004.
- FREITAS, A.J. (2000). Gestão de Recursos Hídricos. In: Silva, D.D., Pruski, F.F. (eds) Gestão de Recursos Hídricos; Aspectos Legais, Econômicos e Sociais. Brasil. Ministério do Meio Ambiente, 1-82.
- FREITAS, C. E. C. & RIVAS, A. A. F. A pesca e os recursos pesqueiros na amazônia ocidental. *Ciência e. Cultura*, 58(3): 30-32. São Paulo, 2006.
- FREITAS, Vladimir Passos de. A Constituição Federal e a Efetividade das Normas Ambientais. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2000.
- FUNDAÇÃO DJALMA BATISTA. Estudo das espécies ícticas e opções de manejo piscícola no Parque Estadual do Cantão - Estado do Tocantins". Manaus, 2001. Disponível em: http://www.seplan.to.gov.br/dma/areas_protegidas/Parque_Estadual_do_Cantao/Ictiofauna.pdf. Acesso em 02/07/07.
- FUNDAÇÃO PALMARES. MINISTÉRIO DA CULTURA. Disponível em www.palmares.gov. Acesso em 20/04/05.
- FURNAS. Peixe Angical entra na fase final com desvio do rio Tocantins. *Revista FURNAS*, 320: 6-7, 2005.
- GALINKIN, M. GEO Goiás 2002. ed. Goiânia: Agência Ambiental de Goiás: Fundação CEBRAC: PNUMA:Semarh. 272p, 2003.
- GALINKIN, M. Dossier sobre os riscos sócio-ambientais dos projetos de energia e infraestrutura no Brasil apresentados como oportunidades de negócio a investidores

- internacionais. 51p, 2003. Disponível em : <http://www.riosvivos.org.br/arquivos/2062474447.pdf>. Acesso em 22/05/2006.
- GAMA, C.S. & CARAMASCHI, E.P. Alimentação de *Triportheus albus* (Cope, 1971) face à implantação do AHE Serra da Mesa no rio Tocantins. Revista Brasileira de Zootecias, 3(2): 159-170, 2001.
- GIWA. Global International Waters Assessment Methodology. 2005. Disponível em: <http://www.giwa.net/methodology/methodology.phtml>. Acesso em 10 agosto 2006.
- GODINHO, A. L. Centro de Estudos de Mecanismos de Transposição de Peixes. II Simpósio Sobre Pequenas e Médias Centrais Hidrelétricas, Canela, RS, Brasil, abril, 2000.
- GOLDEMBERG, J.; MOREIRA J. R. Política Energética no Brasil. Estudos Avançados, 19(55): 215-228, 2005.
- GOLDEMBERG, J; VILLANUEVA, L. D. Energia, Meio Ambiente & Desenvolvimento. Edusp. São Paulo, 2003.
- GOULART, M. & CALLISTO, M. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. Revista da FAPAM, 2(1), 2003.
- IBAMA. INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. Diretrizes de Pesquisa Aplicada ao Planejamento e Gestão Ambiental/ Ministério do Meio Ambiente e da Amazônia Legal, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - Brasília, 101 p, 1994.
- IBAMA. INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE EDOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS Espécies do Cerrado. Disponível em <http://www.ibama.gov.br>. Acesso em 20/05/06.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em 01/jul./05.
- INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE AND NATURAL RESOURCES (IUCN). The IUCN Amphibia-Reptilia red data book. Part 1. Testudines, Crocodilia, Rhynchocephalia, 1982.
- JF RIBEIRO, MT WALTER - Cerrado ambiente e flora, Fitofisionomias do bioma Cerrado. Edusp, SP 1998.
- JUNK, WOLFGANG J. & MELLO, J. A. S. N. Impactos ecológicos das represas hidrelétricas na bacia amazônica brasileira. Estudos Avançados, 4(8):126-143, 1990.

- KIKUCHI, R.M. Impacto da implantação da Usina Hidrelétrica Luís Eduardo Magalhães (UHE Lajeado) no Rio Tocantins, com ênfase na comunidade bentônica. Tese de Doutorado, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 127p., 2006.
- KOIFMAN, S, Electric power generation and transmission: the impact on indigenous peoples in Brazil, *Caderno Saúde Pública*, Rio de Janeiro, 17(2):413-423, 2001.
- KUDLAVICZ, M. Usinas hidrelétricas: impacto sócio-ambiental e desagregação de comunidades. *Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros – Seção Três Lagoas Três Lagoas-MS*, V 2 (2): 87-115, 2005.
- LA ROVERE, E. L. Instrumentos de planejamento e gestão ambiental para a Amazônia, cerrado e pantanal : demandas e propostas : metodologia de avaliação de impacto ambiental . Brasília : Ed. IBAMA, 54p. 2001.
- LIMA, L. H. M. O Controle Externo do Patrimônio Ambiental Brasileiro. Tese de Mestrado- Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, 150p., 2000.
- LUIZ, E. A.; GOMES, L. C., AGOSTINHO, A. A.; BULLA, C. K.. Influência de processos locais e regionais nas assembléias de peixes em reservatórios do Estado do Paraná, Brasil. *Acta Scientiarum: Biological Sciences*, 25(1): 107-114, 2003.
- M'ERONAA, B. G. M. S. & ALMEIDA, R. G. Short term effects of Tucuru'í Dam (Amazonia, Brazil) on the trophic organization of fish communities. *Environmental Biology of Fishes*, 60: 375–392 2001.
- MAGNUSSON, W. E. The peculiarities of crocodylian population dynamics and their possible importace for management strategies. In: *Crocolile Specialist Group-Venezuela. FUDENA/ IUCN*. p: 434-442, 1986.
- MAGNUSSON, W.E. A conservação de crocodylios na América Latina. In: Larriera, A Verdade, L.M. (ed.). *La conservacion y el manejo de caimanas y cocodrilos de America Latina*. Piracicaba: CN Editora, p. 5-17, 2002.
- MAGRINI, A.; TEIXEIRA, M. G. C.; SOUZA, R. C. R. Metodologia de Avaliação de Impacto Ambiental. In: *Análise da implementação de grandes projetos energéticos*, 1990.
- MAIA, Manual de Avaliações de Impactos Ambientais, SEMA-PR / IAP / GTZ, 2.ed, Paraná, 1993.
- MALVASIO, A. Aspectos do mecanismo alimentar e da biologia reprodutiva em *Podocnemis expansa* (SCHWEIGGER,1812), *Podocnemis unifilis* (TROSCHER,1848) e *P. sextuberculata* (CORNALIA, 1849) (Testudines, Pelomedusidae). São Paulo,

- Universidade de São Paulo. 199p. Tese de doutorado em Zoologia, Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, 2001.
- MAMEDE, F; GARCIA, P.Q; SOUSA JÚNIOR, W.C. Análise de Viabilidade Sócio-Econômico-Ambiental da Transposição de Águas da Bacia do Rio Tocantins para o Rio São Francisco na Região do Jalapão/TO, 2002.
- MARQUES, J. F. Elementos para uma abordagem ambiental integrada. In: Engenharia Ecológica e Agricultura Sustentável. Exemplos de uso da metodologia energética-ecossistêmica. Enrique Ortega (Organizador), UNICAMP, 2003.
- MARQUES, M. Análise de Cadeia Causal da degradação dos Recursos Hídricos: Proposta de Modelo Conceitual- Projeto GIWA UNEP/ GEF. In: Simpósio sobre Recursos Hídricos. Anais. Campo Grande, SIMPORH, 2002a.
- MARQUES, M. Proposal of the Causal Chain Analysis Methodology for the Global International Waters Assessment Project. Kalmar: GIWA UNEP/ GEP, 30 p, 2002b.
- MARQUES, M.; COSTA, M.F.; MAYORGA, M.I.O. and PINHEIRO, P.R.C. The water environment: Anthropogenic pressures and ecosystem changes in the Atlantic drainage basins in Brazil. *AMBIO*, vol. 1, 33:672-681. 2004.
- MARTINEZ, C. B. Mecanismos de Transposição de Peixes. II Simpósio Sobre Pequenas e Médias Centrais Hidrelétricas, Canela, RS, Brasil, abril, 2000.
- MARTINS, S. L & TAMADA, K. Sistemas para a Transposição de Peixes. São Paulo: EPUSP. 30 p. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, 2000.
- MATSUMURA, T.T. Diversidade de zooplâncton em represas do Brasil. In: HENRI, R. Ecologia de reservatórios, São Paulo:FAPESP/ FUNDIBIO, p: 41-54, 1999.
- MERICO, L. F. K. Proposta metodológica de avaliação do desenvolvimento econômico na região do Vale do Itajaí (SC) através de indicadores ambientais. In.: Revista Dynamis, 5(19): 59-67, Blumenau, FURB, 1997.
- MERONA, B. de.. Aspectos ecológicos da ictiofauna no baixo Tocantins. *Acta Amazonica*, 16/17: 109-124. 1986.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Recursos Hídricos: Conjunto de Normas Legais. Secretaria de Recursos Hídricos (SRH), 100p, 2002.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Estudo Regional da Região Hidrográfica do Tocantins-Araguaia Caderno regional, 193p., 2005.

- MIRANDA, J.C. & MAZZONI, R. Composição da ictiofauna de três riachos do Alto Rio Tocantins-GO. *Biota Neotropica*, 3(1), 2003.
- MORGAN, Richard K.. *Environmental Impact Assessment*. Dordbrecht: Kluwer Academic Publishers,. 307 p. 1998.
- MÜLLER, A.C. *Hidrelétricas Meio Ambiente e Desenvolvimento*, 1.ed., Curitiba, Makron Books, 412p, 1996.
- MÜLLER, C. *Conservação e manejo da biodiversidade do Bioma Cerrado*, Instituto Sociedade, População e Natureza- ISPN, Brasília, 1998.
- NOBRE, C. A. Mudanças climáticas globais: possíveis impactos nos ecossistemas do país. *Parcerias estratégicas*, 12, 2001.
- ODUM, E.P. *Ecologia*, 1.ed., Rio de Janeiro, Editora Guanabara Koogan, 434p, 1988.
- OLIVEIRA, A. A.; FERREIRA, L.V.; PEREZ, E.L.; NELSON, B.W.; ALMEIDA, S.S. In: ARAUJO, E.L.; MOURA, A. N.; SAMPAIO, E.V.S.B.; GESTINARI, L.M.S.; CARNEIRO, J.M.T. *Biodiversidade, conservação e uso sustentável da flora do Brasil*. Recife, UFRPE, Imprensa Universitária: 298p. 2002.
- OLIVEIRA, J.C. & LACERDA, A.K.G. Alterações na composição longitudinal da ictiofauna na área de influência do reservatório de Chapéu d’Uvas, bacia do rio Paraíba do Sul (MG), pouco depois da sua implantação. *Revista Brasileira de Zoociências*, 6(1), p: 45-60, 2004.
- PEREIRA FILHO, W. *Influência dos diferentes tipos de uso da terra em bacias hidrográficas sobre sistemas aquáticos da margem esquerda do reservatório de Tucuruí – Pará*. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo. São Paulo, 138p. 2000.
- PETRÚCIO, M.M. *Produtividade bacterioplânctônica do trecho médio da bacia do Rio Doce-MG*. Tese de Doutorado, Universidade Federal de São Carlos, SP, 128p. 2003.
- PIEDRAS, S. R. N.;BAGER, A.; MORAES, P. R. R.;ISOLDI, L. A.;FERREIRA, O. G. L.;HEEMANN, C. Macroinvertebrados bentônicos como indicadores de qualidade de água na Barragem Santa Bárbara, Pelotas, RS, Brasil. *Ciência Rural*, 36(2), 2006.
- PINTO, L. G. Q. *Especies icticas amazonicas promisorias para la acuicultura nacional*. Disponível em: http://www.iiap.org.pe/publicaciones/CDs/MEMORIAS_VALIDAS/pdf/Quintero.pdf. acesso em 28/04/07.

- PIRES, L. F. A. Gestão ambiental da implantação de sistemas de transmissão de energia elétrica estudo de caso: interligação Norte/Sul. Tese de Mestrado, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 143p. 2005.
- PIRES, S. H. M. Planejamento ambiental da expansão da oferta de energia elétrica: subsídios para a discussão de um modelo de desenvolvimento sustentável para a Amazônia. Parcerias estratégicas, 12, 2001.
- PNUD Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. Relatório do Desenvolvimento Humano, 2004. Disponível em: http://www.pnud.org.br/pobreza_desigualdade/reportagens/index.php?id01=2128&lay=pde Acesso em: 07/10/2005.
- POMPÊO, M.L.M. (ed.). Perspectivas da Limnologia no Brasil, São Luís: Gráfica e Editora União, 198 p., 1999.
- POMPEU, P. S. & MARTINEZ, C. B. Variações temporais na passagem de peixes pelo elevador da Usina Hidrelétrica de Santa Clara, rio Mucuri, leste brasileiro. Revista Brasileira de Zoologia, 23(2), Curitiba, 2006.
- PRANCE, G.T. "The Vegetation Types of the Brazilian Amazon" em G.T. Prance e Lavejoy, T.E. Key environments: Amazonia (Oxford: Pergamon Press), p: 109-145, 1985.
- PROCHNOW, M. Barra Grande - A hidrelétrica que não viu a floresta. Rio do Sul-SC: APREMAVI, 104p. 2005.
- RAMOS, M. E. C. Diagnóstico da comunidade zoobentônica do infralitoral da Baía de Garapuá, Cairu - Ba. Monografia de Bacharelado, Universidade Federal da Bahia, 93p. 2002.
- REDE SOCIAL DE JUSTIÇA E DIREITOS HUMANOS. Homepage. Disponível em: <http://www.social.org.br/relatorio2001/relatorio015.htm>. Acesso em 15/02/2007.
- REIS, M. M. Custos Ambientais Associados à Geração Elétrica: Hidrelétricas x Termelétricas à Gás Natural. Tese de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE 200p. 2001.
- RESENDE, E. .K; PEREIRA, R.A.C.; ALMEIDA, V.L.L.de. Peixes herbívoros da planície inundável do rio Miranda, Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brasil. Corumbá: EMBRAPA-CPAP, 24p. 1998.
- REVORA, S. A. Manual de gestion ambiental para obras hidráulicas de aproveitamento energético, Buenos Aires, Secretaria de Energia da República Argentina, 1987.

- RIBEIRO, M. C. L. B.; PETRERE JR M. Life Strategies of some Long-Distance Migratory Catfish in Relation to Hydroelectric Dams in the Amazon Basin. *Biological Conservation*, 55: 339-345, 1991.
- RICARDO, C. A. A sociodiversidade nativa contemporânea no Brasil. In: Povos Indígenas no Brasil 1991/1995 (C. A. Ricardo, org.), p:1-11. São Paulo: Instituto Socioambiental, 1996.
- ROCHA, E. C.; CANTO, J. L.; PEREIRA, P. C. Avaliação de impactos ambientais nos países do Mercosul. *Ambiente & Sociedade*, 8(2): 147- 162, 2005.
- RODRIGUES, G. S. Avaliação de impactos ambientais em projetos de pesquisas: fundamentos, princípios e introdução a metodologia. Jaguariaúna: EMBRAPA, 66 p. 1998.
- ROMANINI, P.U. Distribuição e ecologia alimentar de peixes no reservatório de Americana, São Paulo. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo-USP. 1989.
- PINGUELLI ROSA, L.; SIGAUD, L.; LA ROVERE, E. L.; MAGRINI, A.; POOLE, A.; FEARNSIDE, P. Estado, energia elétrica e meio ambiente: O caso das grandes barragens. COOPE/ UFRJ, 1995.
- RUFINO, R. C. Avaliação da qualidade ambiental do município de Tubarão (SC) através do uso de indicadores ambientais. Dissertação Mestrado, 113p. Universidade Federal Santa Catarina, 2002.
- SÁ, M.F.P.; VERANI, N.F.; FRAGOSO, E.N. Peixes do cerrado em perigo. *Revista Ciência Hoje*, 34(200), 2003
- SALATI, E; DOS SANTOS. A.; A.; KLABIN, I. K. Temas ambientais relevantes. *Estudos Avançados*, 20 (56), 2006.
- SANEATINS. COMPANHIA DE SANEAMENTO DO TOCANTINS. 2006 Disponível em http://www.saneatins.com.br/press_21_03_05_03.htm em 15/03/2006.
- SANTOS, C. C. & CÂMARA, J. B. D. GEO Brasil 2002. Perspectivas do Meio Ambiente no Brasil / Organizado por Thereza. - Brasília: Edições IBAMA, 440p, 2002.
- SANTOS, G.M.; MÉRONA, B.; JURAS, A. A.; JÉGU, M. Peixes do Baixo Rio Tocantins: 20 anos depois da Usina Hidrelétrica Tucuruí. Brasília, Eletronorte, :216 p, 2004.
- SCHMIDT, A. B., MENEZES C. F. S., e COIMBRA, N. C. Legislação Ambiental de Interesse do Setor Elétrico, CD ROM, versão 1.0, Brasília, ANEEL / COMASE / ELETROBRÁS, 1999.

- SCOTT, J.M.; CSTUI, B.; JACOBI, J.D. & ESTES, JE.. Species richness – a geographical approach to protecting future biological diversity. *Bioscience*, 37: 782-788, 1987.
- SEPIN, Superintendência de Estatística, Pesquisa e Informação da Secretaria do Planejamento e Desenvolvimento do Estado de Goiás. 2005. Disponível em <http://www.seplan.go.gov.br/sepin/goiasemdados2005/aspectosfisicos.htm>. Acesso em 20/06/2006.
- SIGAUD, L.. Social implications of the electric sector policy.. In: L.A.O. Santos & L.M.M. de Andrade (eds.) *Hydroelectric Dams on Brazil's Xingu River and Indigenous Peoples*. Cultural Survival, Cambridge, Massachusetts, EUA, (Cultural Survival Report 30) p: 97-104, 1990.
- SILVA, J.J.L.S. Fitorremediação: Processos e aplicações. Monografia de Especialização, Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 81p., 2005.
- SOUZA, P.A.P. Importância do uso de bioindicadores de qualidade: O caso específico das águas. In: FELICIDADE, N. *Uso e gestão dos Recursos Hídricos no Brasil*. São Carlos: RIMA, p:55-66, 2001.
- SOUSA, W. L. Impacto Ambiental de Hidrelétricas: Uma Análise Comparativa de Duas Abordagens. COPPE/UFRJ, Planejamento Energético, Tese de Mestrado, 154p. Rio de Janeiro, 2000.
- SOUTH, G. R. Global International Assessment: Pacific Island- Giwa Regional assessment. Kalmar, 2004: 79p. Disponível em: <http://www.giwa.net/publications/r62.phtml>. Acesso em 02 outubro de 2005.
- SOUZA, E.R. Manejo integrado de Bacias Hidrográficas. Belo Horizonte, EMATER, MG. 20p., 2002.
- STAMM, H. R. Método para avaliação de impacto ambiental (AIA) em projetos de grande porte: estudo de caso de uma usina termelétrica. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 284p. 2003
- STRASKRABA, M. Gerenciamento da qualidade de águas de represas. In: *Diretrizes para gerenciamento de lagos*. São Carlos, 280p., 2000.
- SUREHMA, G.T.Z. Manual de Avaliação de Impactos Ambientais (MAIA). Secretaria Especial do Meio Ambiente, Curitiba.: 281 p, 1992.
- THEMAG. Aproveitamento Hidrelétrico Peixe. Estudos de Impacto Ambiental. 200p, 2000.

- THERY, H. Bacia hidrográfica como unidade de pesquisa e gestão ambiental. In: Seminário sobre meio ambiente. École Normale Supérieure e Inst. de Estudos Avançados/USP. Setembro de 1997.
- THIENGO, S.C.; SANTOS, S.B.; FERNANDEZ, M.A. Malacofauna límnic da área de influência do lago da usina hidrelétrica de Serra da Mesa, Goiás, Brasil. Estudo Qualitativo. Revista Brasileira de Zoologia, 22(4): 867-874, 2005.
- TUNDISI, J. C. Limnologia de águas interiores. Impactos, conservação e recuperação de ecossistemas aquáticos. In: Águas doces no Brasil, capital ecológico, uso e conservação. REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. São Paulo: Escrituras, p: 195-225, 1999.
- VIEIRA, I. & A.J. DARWICH. Sinecologia da ictiofauna de Curuá-Una, Amazônia: características hidroquímicas, climáticas, vegetação e peixes. Acta Limnol. Bras. 11(2): 41- 64, 2000.
- WHITFIELD, J. Vital signs. Nature, 411 (28): 989-990, 2001.
- WILLIAMSON, E. O. The new institutional economics: Tracking Stock, looking ahead. USA. Journal of Economic Literature, 38: 595-613, 2002.

ANEXO 1- Peixes encontrados no rio Tocantins



Peixe cachorro (*Hydrolycus armatus*)



Peixe ripa (*Raphiodon vulpinus*)

(Barra = 3cm)



Piaba (*Moenkhausia cf. dichrourea*)



Piaba (*Bryconops sp*)



Voador (*Hemiodus unimaculatus*)



Voador (*Hemiodus microlepis*)



Pirarara (*Phracyocephalus hemioliopterus*)



Curimatã (*Prochilodus nigricans*)



Aracu ou piau (*Schizodon vittatus*)



Tucunaré branco (*Cichla sp*)



Tucunará (*Cichla monoculus*)



Jaraqui (*Semaprochilodus brama*)



Mandubé (*Ageneiosus brevifilis*)



Pescada branca (*Plagioscion squamosissimus*)



Branquinha (*Psectrogaster amazonica*)



Sorubim ou pintado (*Pseudoplatystima fasciatum*)



Jacundá (*Crenicichla* sp)



Bicuda (*Boulengerella cuvieri*)



Miguelinho (*Exodon paradoxus*)



Piranha-listra-roxa (*Serrasalmus* sp.)

Fonte: FUNDAÇÃO DJALMA BATISTA, 2001.

ANEXO 2- Lista das Principais Unidades de Conservação da Região Hidrográfica do Tocantins-Araguaia, com suas respectivas unidades da federação, categoria, classificação, área e Unidade Hidrográfica.

Unidade de Conservação UF Categoria Classificação Área (ha) U.H.**

A.P.A Mananciais Abastecimento de Água de Belém PA A.P.A. uso sustentável 1.658 BT
A.P.A São Geraldo do Araguaia PA A.P.A. uso sustentável 42.227 BT
A.P.A. da Ilha do Combu PA A.P.A. uso sustentável 1.960 BT
A.P.A. da Serra de Tabatinga TO A.P.A. uso sustentável 34.294 TO
A.P.A. da Serra Geral de Goiás GO A.P.A. uso sustentável 44.145 TO
A.P.A. das Nascentes de Araguaína TO A.P.A. uso sustentável 15.598 AR
A.P.A. de Barreiro das Antas PA A.P.A. uso sustentável 33.314 BT
A.P.A. de Cafuringa DF A.P.A. uso sustentável 44.827 TO
A.P.A. do Igarapé Gelado PA A.P.A. uso sustentável 20.637 BT
A.P.A. do Jalapão TO A.P.A. uso sustentável 474.386 TO
A.P.A. do Planalto Central DF/GO A.P.A. uso sustentável 486.312 TO
A.P.A. Ilha do Bananal/Cantão TO A.P.A. uso sustentável 1.577.259 AR
A.P.A. Lago de Palmas TO A.P.A. uso sustentável 63.859 TO
A.P.A. Lagoa Formosa GO A.P.A uso sustentável 17.247 TO
A.P.A. Meandros do Rio Araguaia MT/TO/GO A.P.A. uso sustentável 357.126 AR
A.P.A. Nascentes do Rio Vermelho GO A.P.A. uso sustentável 176.159 AR
A.P.A. Pé da Serra Azul MT A.P.A. uso sustentável 15.870 AR
A.P.A. Pouso Alto GO A.P.A. uso sustentável 719.408 TO
A.P.A. Santa Tereza TO A.P.A. uso sustentável 50.144 TO
A.P.A. Serra das Galés e da Portaria GO A.P.A. uso sustentável 6.932 AR
A.P.A. Serra do Lajeado TO A.P.A. uso sustentável 122.633 TO
A.P.A. Serra dos Pirineus GO A.P.A. uso sustentável 10.525 TO
A.P.A. Serra Dourada GO A.P.A. uso sustentável 37.039 AR
A.R.I.E. Águas de São João GO A.R.I.E. uso sustentável 25 TO
Corredor Ecológico Araguaia-Bananal TO/GO/MT/PA mosaicos de Ucs 5.690.889 AR
Corredor Ecológico Jalapão-Mangabeiras TO/MA/PI/BA mosaicos de Ucs 1.754.782 TO
Corredor Ecológico Paranã-Pirineus GO/TO mosaicos de Ucs 9.134.876 TO
E.E. de Aguas Emendadas DF E.E. proteção integral 3.529 TO
E.E. Serra Geral do Tocantins TO E.E. proteção integral 716.306 TO
F.E. do Araguaia GO FLOE uso sustentável 12.174 AR
F.N. Carajás PA FLONA uso sustentável 411.949 BT
F.N. Caxiuanã PA FLONA uso sustentável 324.060 BT
F.N. da Mata Grande GO FLONA uso sustentável 2.009 AR
F.N. Itacaiúnas PA FLONA uso sustentável 82.045 BT
F.N. Tapirapé-Aquiri PA FLONA uso sustentável 192.552 BT
P.E. da Serra Azul* proteção integral 11.002 SI
P.E. de Belém PA P.E. proteção integral 2.974 BT
P.E. de Terra Ronca GO PARE proteção integral 56.983 TO
P.E. do Araguaia GO/MT PARE proteção integral 4.685 AR
P.E. do Cantão TO PARE proteção integral 98.820 AR
P.E. do Jalapão TO PARE proteção integral 173.974 TO
P.E.Serra dos Martírios/Andorinhas PA PARE proteção integral 13.645 BT

P.Ec do Município de Belém PA PEC proteção integral 2.853 BT
 P.Ec. Ilha do Mosqueiro PA PEC proteção integral 2.727 BT
 P.N. da Chapada dos Veadeiros GO PARNA proteção integral 65.038 TO
 P.N. das Nascentes do Rio Parnaíba TO PARNA proteção integral 733.163 TO
 P.N. do Araguaia TO PARNA proteção integral 557.708 AR
 R.B. do Tapirapé PA REBIO proteção integral 103.000 BT
 R.Ex. Araguaia GO R.Ex uso sustentável 46.238 AR
 R.Ex. Ciriáco MA R.Ex uso sustentável 7.050 TO
 R.Ex. de São João da Ponta PA R.Ex uso sustentável 3.203 BT
 R.Ex. Extremo Norte do Estado do Tocantins TO R.Ex uso sustentável 9.280 TO
 R.Ex. Lago do Tucuruí PA R.Ex uso sustentável 284.293 BT
 R.Ex. Mãe Grande de Curuçá PA R.Ex uso sustentável 37.063 BT
 R.Ex. Mata Grande MA R.Ex uso sustentável 10.450 TO
 R.Ex. Virola-Jatobá PA R.Ex uso sustentável 197.775 BT
 R.P.P.N. Água Bonita TO R.P.P.N. uso sustentável 128 TO
 R.P.P.N. Apa da Lagoa* GO R.P.P.N. uso sustentável 125 TO
 R.P.P.N. Bacia do Ribeirão Cocal GO R.P.P.N. uso sustentável 49 TO
 R.P.P.N. Cachoeira das Pedras Bonitas* GO R.P.P.N. uso sustentável 92 TO
 R.P.P.N. Cachoeira do Profeta GO R.P.P.N. uso sustentável 100 TO
 R.P.P.N. Cara Preta GO R.P.P.N. uso sustentável 975 TO
 R.P.P.N. Chakra Grisu DF R.P.P.N. uso sustentável 1 TO
 R.P.P.N. Escarpas do Paraíso GO R.P.P.N. uso sustentável 83 TO
 R.P.P.N. Fazenda Arruda GO R.P.P.N. uso sustentável 800 TO
 R.P.P.N. Fazenda Branca Terra dos Anões GO R.P.P.N. uso sustentável 612 TO
 R.P.P.N. Fazenda Cachoeirinha GO R.P.P.N. uso sustentável 80 TO
 R.P.P.N. Fazenda Campo Alegre GO R.P.P.N. uso sustentável 7.501 TO
 R.P.P.N. Fazenda Fazenda Jaquanês* GO R.P.P.N. uso sustentável 269 TO
 R.P.P.N. Fazenda Gleba Vargem Grande GO R.P.P.N. uso sustentável 390 TO
 R.P.P.N. Fazenda Mata Funda GO R.P.P.N. uso sustentável 110 TO
 R.P.P.N. Fazenda Minnehaha TO R.P.P.N. uso sustentável 745 TO
 R.P.P.N. Fazenda Pioneira PA R.P.P.N. uso sustentável 400 BT
 R.P.P.N. Fazenda Santa Luzia GO R.P.P.N. uso sustentável 7 TO
 R.P.P.N. Fazenda Vaga Fogo GO R.P.P.N. uso sustentável 17 TO
 R.P.P.N. Nadir Júnior PA R.P.P.N. uso sustentável 2.000 BT
 R.P.P.N. Pontal do Jaburu GO R.P.P.N. uso sustentável 2.904 AR
 R.P.P.N. Reserva Bela Vista* TO R.P.P.N. uso sustentável 114 BT
 R.P.P.N. Reserva Boca da Mata GO R.P.P.N. uso sustentável 1.058 AR
 R.P.P.N. Reserva Ecológica Rio Vermelho* GO R.P.P.N. uso sustentável 1.593 TO
 R.P.P.N. Reserva Ecológica Serra Dourada GO R.P.P.N. uso sustentável 137 TO
 R.P.P.N. Reserva Santuário de Gabriel GO R.P.P.N. uso sustentável 65 AR
 R.P.P.N. Santa Maria/Mata do Guacho GO R.P.P.N. uso sustentável SI TO
 R.P.P.N. Santuário de Vida Silvestre Flor das Águas GO R.P.P.N. uso sustentável 43 TO
 R.P.P.N. Santuário Ecológico Sonhem DF R.P.P.N. uso sustentável 126 TO
 R.P.P.N. Sítio Ecológico Monte Santo TO R.P.P.N. uso sustentável 53 TO
 R.P.P.N. Soluar* GO R.P.P.N. uso sustentável 42 TO
 R.P.P.N. Sumaúna PA R.P.P.N. uso sustentável 6 BT
 R.P.P.N. Terra do Segredo* GO R.P.P.N. uso sustentável 40 TO
 R.P.P.N. Tibiriça PA R.P.P.N. uso sustentável 400 BT
 R.P.P.N. Vagafogo* GO R.P.P.N. uso sustentável 17 TO

R.P.P.N. Vale dos Sonhos GO R.P.P.N. uso sustentável 60 TO
R.P.P.N. Vale Encantado da Cachoeira dos Cristais GO R.P.P.N. uso sustentável 600 TO
R.P.P.N. Vita Parque GO R.P.P.N. uso sustentável 23 TO
Refúgio de Vida Silvestre Corixão da Mata Azul* MT proteção integral 40.000 AR
Refúgio de Vida Silvestre Quelônios do Araguaia* MT proteção integral 60.000 AR
Reserva da Biosfera do Cerrado DF/GO/TO RESBIO mosaicos de Ucs 14.725.226 TO
Reserva da Biosfera do Pantanal GO/MT RESBIO mosaicos de Ucs 272.223*** AR
TO = Unidade Hidrográfica (U.H.) Alto Tocantins; AR = U.H. Araguaia; BT = U.H. Baixo Tocantins;

SI = Sem Informação; * U.C. sem coordenadas (não plotada no mapa); ** Área total aproximada; * Área inserida na R.H. do Tocantins-Araguaia.**

Fonte: IBAMA, 2005.

ANEXO 3-Principais dispositivos legais relacionados à Bacia Hidrográfica do Tocantins Araguaia.

Constituição da República Federativa do Brasil, de 1988.

Lei Federal nº 3.924, de 26 de julho de 1961

Dispõe sobre os Monumentos Arqueológicos e Pré-Históricos.

Lei Federal nº 4.771, de 15 de setembro de 1965

Institui o novo Código Florestal e as alterações advindas da Lei Federal nº 7.803, de 1989, e da Medida Provisória nº 2166-67, de 24/08/2001.

Lei Federal nº 5.197, de 03 de janeiro de 1967

Dispõe sobre a Proteção à Fauna.

Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981

Dispõe sobre Política Nacional de Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. A Política Nacional do Meio Ambiente foi criada com o intuito de assegurar condições para o desenvolvimento socioeconômico, os interesses da segurança nacional e a proteção da dignidade da vida humana, assim como a melhoria e recuperação da qualidade ambiental.

Lei Federal nº 9.427, de 1996

Institui a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, disciplina o regime das concessões de serviços públicos de energia elétrica, e dá outras providências.

Lei Federal nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997

Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

A Política Nacional de Recursos Hídricos considera a bacia hidrográfica como unidade territorial de gestão dos recursos hídricos porque, enquanto espaço geográfico integra a maior parte das relações de causa e efeito a serem consideradas na gestão deste recurso, entre elas aquelas que dizem respeito à contaminação devida às atividades antrópicas.

Lei Federal nº 9.985, de 18 de julho de 2000

Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências.

Decreto-lei nº 25, de 30 de novembro de 1937

Organiza a proteção do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional.

Decreto Federal nº 79.367, de 09 de março de 1977

Dispõe sobre normas e o padrão de potabilidade da água e dá outras providências.

Decreto Federal nº 1.141, de 19 de maio de 1994

Dispõe sobre as ações de proteção ambiental, saúde e apoio às atividades produtivas para as comunidades indígenas;

Decreto Federal nº 4.340, de 22 de agosto de 2000

Regulamenta artigos da Lei no 9.985, de 18 de julho de 2000, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC, e dá outras providências.

Decreto Federal nº 5.092, de 21 de maio de 2004

Define regras para identificação de áreas prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade, no âmbito das atribuições do Ministério do Meio Ambiente.

Medida Provisória nº 1.956-50, de 26 de maio de 2000

Altera os arts. 1º, 4º, 14, 16 e 44 e acresce dispositivos à Lei nº 4.711, de 15 de setembro de 1965, que institui o Código Florestal, bem como altera o art. 10 da Lei nº 9.393, de 19 de dezembro de 1996, que dispõe sobre o Imposto Territorial Rural, e dá outras providências.

Resolução CONAMA nº 020, de 18 de junho de 1986

Dispõe sobre a classificação das águas doces, salobras e salinas do Território Nacional.

Resolução CONAMA nº 013, de 06 de dezembro de 1990

Dispõe sobre a área circundante, num raio de 10 (dez) quilômetros, das Unidades de Conservação.

Resolução CONAMA nº 302, 13 de maio de 2002

Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno.

Resolução CONAMA nº 303, de 20 de março de 2002

Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente.

Portaria MMA nº 126, de 27 de maio de 2004

Reconhece as áreas prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira; as áreas referenciadas no "Mapa das Áreas Prioritárias para a Conservação, Utilização Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira", publicado pelo Ministério do Meio Ambiente em novembro de 2003 e reeditado em maio de 2004.

Portaria IBAMA nº 1.522, de 19 de dezembro de 1989

Dispõe sobre a Lista Oficial de Espécies da Fauna Brasileira Ameaçadas de Extinção.

Portaria IBAMA nº 37-N, de 03 de abril de 1992

Reconhece como Lista Oficial de Espécies da Flora Brasileira Ameaçadas de Extinção a relação que se apresenta.

Portaria IBAMA nº 06-N, de 15 de janeiro de 1992

Reconhece como Lista Oficial da Flora Brasileira Ameaçada de Extinção.

Instrução Normativa IBAMA nº 065, de 13 de abril de 2005

Estabelece no âmbito do IBAMA, os procedimentos para o licenciamento de Usinas Hidrelétricas e Pequenas Centrais Hidrelétricas, consideradas de significativo impacto, e cria o SISLIC – Sistema Informatizado de Licenciamento Ambiental Federal.

Portaria MMA nº 126, de 27 de maio de 2004

Reconhece as áreas prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira; as áreas referenciadas no "Mapa das Áreas Prioritárias para a Conservação, Utilização Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira", publicado pelo Ministério do Meio Ambiente em novembro de 2003 e reeditado em maio de 2004.

Convenção para proteção da Flora, da Fauna e das Belezas Cênicas Naturais dos Países das Américas –Decreto Legislativo nº 3 de fevereiro de 1948

Aprova a Convenção para a proteção da Flora, da Fauna e das Belezas Cênicas Naturais dos Países da América, assinada pelo Brasil, a 27 de dezembro de 1940.

Convenção sobre Diversidade Biológica – Decreto Legislativo nº 2 de 1994

Aprova o texto da Convenção sobre Diversidade Biológica, assinada durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada na cidade do Rio de Janeiro.

LEGISLAÇÃO AMBIENTAL DO ESTADO DE GOIÁS

Lei Estadual nº 8.544/1978

Dispõe sobre o controle do meio ambiente do Estado de Goiás

Lei Estadual nº 7.282/ 1970

Cria o Parque Estadual da Serra de Caldas Novas

Lei Estadual nº 12.596/1995

Institui a Política Florestal do Estado de Goiás

Lei Estadual nº 13.025/1997

Dispõe sobre a pesca, aquicultura e proteção da fauna aquática

Lei Estadual nº 13.123/1997

Estabelece normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos, bem como ao sistema de gerenciamento de Recursos Hídricos

Decreto Estadual n.º 1.745/1979

Aprova o Regulamento da Lei n.º 8.544, de 17 de outubro de 1978, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente.

Decreto Estadual n.º 2332/1984

Dispõe sobre a comercialização interna de pescado e dá outras providências.

Decreto Estadual n.º 4.593/1995

Regulamenta a Lei n.º 12.596, de 14 de Março de 1.995, que dispõe sobre a Política Florestal do Estado de Goiás.

Decreto Estadual n.º 5.159/1999

Institui o Programa de Descentralização das Ações Ambientais no Estado de Goiás.

LEGISLAÇÃO AMBIENTAL DO ESTADO DO TOCANTINS

Lei Estadual nº 71/89

Estabelece normas de proteção ao meio ambiente e dá outras providências (TO).

Lei Estadual nº 261/91

Dispõe sobre a política Ambiental do Estado do Tocantins.

Lei Estadual nº 608/93

Dispõe sobre a criação de áreas especiais e locais de interesse turístico no Estado do Tocantins.

Lei Estadual nº 771/95

Dispõe sobre a Política Florestal do Estado do Tocantins.

Lei Estadual nº 905/97

APA "Foz do Rio Santa Tereza" (TO)

Lei Estadual nº 906/97

APA "Ilha do Bananal - Cantão" (TO)

Lei Estadual nº 907/97

APA "Serra do Lajeado" (TO)

Decreto Estadual nº 10459/94

Regulamenta a Lei 261/91.

Decreto Estadual nº 538/98

Dispõe sobre o contorno do APA "SERRA DO LAJEADO" em Palmas e dá outras providências.

Lei Estadual Complementar nº 13

Dispõe sobre o regulamentação das atividades de pesca, aquicultura, piscicultura, da proteção aquática e dá outras providências. (TO)

Portaria Estadual nº 002/90

Proíbe atividade que macule as águas e danifique as margens dos Rios Araguaia – Tocantins.

Portaria Estadual nº 005/91

Determina a participação da sociedade na defesa do Meio Ambiente.

LEGISLAÇÃO AMBIENTAL DO ESTADO DO PARÁ

Lei Estadual nº 5440/1988

Cria o Instituto Estadual de Florestas do Pará e dá outras providências.

Lei Estadual nº 5621/1990

Dispõe sobre a criação de área de proteção ambiental de Algodal-Maiandeuá no Município de Maracanã. (PA)

Lei Estadual nº 5629/1990

Dispõe sobre a Preservação e Proteção do Patrimônio Histórico, Artístico, Natural e Cultural do Estado do Pará.

Lei Estadual nº 5630/1990

Estabelece normas para a preservação de áreas dos corpos aquáticos, principalmente as nascentes, inclusive os "olhos d'água" de acordo com o artigo 255, inciso II da Constituição Estadual. (PA)

Lei Estadual nº 5877/1994

Dispõe sobre a participação popular nas decisões relacionadas ao meio ambiente, e dá outras providências. (PA)

Lei Estadual nº 5887/1995

Dispõe sobre a Política Estadual do Meio Ambiente e dá outras Providências. (PA)

Lei Estadual nº 5977/1996

Dispõe sobre a proteção à fauna silvestre no Estado do Pará.

Lei Estadual nº 5982/1996

Cria o Parque Estadual da Serra dos Martírios / Andorinhas e dá outras providências.

Lei Estadual nº 5983/1996

Cria a Área de Proteção Ambiental de São Geraldo do Araguaia, no Município de São Geraldo do Araguaia, e dá outras providências. (PA)

Lei Estadual nº 6082/1997

Dispõe sobre a criação do Programa De Preservação Carangueijo – Uçá, no Estado do Pará e dá outras providências.

Lei Estadual nº 6083/1007

Dispõe sobre a criação da Área de Proteção Ambiental da Ilha do Combu no Município de Belém. (PA)

Lei Estadual nº 6105/1998

Dispõe sobre a conservação e proteção dos depósitos de águas subterrâneas no Estado do Pará e dá outras providências.

Lei Estadual nº 6381/2001

Dispõe Sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, instituí o Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências. (PA)

Lei Estadual nº 6412/2001

Cria o Parque Estadual Monte Alegre e dá outras providências. (PA)

Lei Estadual nº 6426/2001

Cria a Área de Proteção Ambiental Paytuna e dá outras providências. (PA)

Lei Estadual nº 6451/2002

Cria Unidades de Conservação da Natureza na região do Lago de Tucuruí no território sob jurisdição do Estado do Pará, e dá outras providências.

Lei Estadual nº 6462/2002

Dispõe sobre a Política Estadual de Florestas e demais Formas de Vegetação e dá outras providências. (PA)

Lei Estadual nº 6506/2002

Institui as diretrizes básicas para a realização do Zoneamento Ecológico- Econômico (ZEE) no Estado do Pará, e dá outras providências .

LEGISLAÇÃO AMBIENTAL DO ESTADO DO MARANHÃO

Lei Estadual 5.405/1992

Institui o Código de Proteção do Meio Ambiente, estabelece o Sistema Estadual do Meio Ambiente e o uso adequado dos recursos naturais no Estado do Maranhão.

Lei Estadual 7.052/1997

Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos e dá outras providências.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)