



Mercator - Revista de Geografia da UFC  
E-ISSN: 1984-2201  
edantas@ufc.br  
Universidade Federal do Ceará  
Brasil

Ibiapina Neres, Júlio César; Ferreira, Manuel Eduardo; da Silva Júnior, Nelson Jorge  
**ANÁLISE SOCIOAMBIENTAL DE BACIA HIDROGRÁFICA COM USINAS HIDROELÉTRICAS**  
Mercator - Revista de Geografia da UFC, vol. 11, núm. 24, 2012, pp. 169-185  
Universidade Federal do Ceará  
Fortaleza, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=273623677012>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

# ANÁLISE SOCIOAMBIENTAL DE BACIA HIDROGRÁFICA COM USINAS HIDROELÉTRICAS

*environmental analysis of watershed with hydroelectric*

Júlio César Ibiapina Neres\*  
 Manuel Eduardo Ferreira\*\*  
 Nelson Jorge da Silva Júnior\*\*\*

## Resumo

No Brasil, a maior parte da energia elétrica disponível é proveniente de grandes usinas hidroelétricas, cuja construção e implantação envolve uma série de mudanças sócio-ambientais. Ultimamente, a necessidade de mitigação de impactos ambientais relacionados à obtenção de energia e à busca por sustentabilidade geram discussões mundiais, que envolvem interesses ambientais, políticos, sociais e econômicos. Na bacia hidrográfica do rio Tocantins tais demandas não são diferentes, onde vários projetos de geração de energia, a partir de usinas hidroelétricas, necessitam de um planejamento para o desenvolvimento sustentável das atividades futuras e em andamento. Neste estudo, foi realizado o mapeamento do uso da terra nos municípios com usinas hidroelétricas no vale do rio Tocantins, através de ferramentas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, como subsidio para compreensão dos processos socioambientais. Dentre os municípios avaliados, os do estado do Maranhão apresentaram as maiores desigualdades sociais. A construção de usinas hidroelétricas não é garantia de benefícios sociais, apesar ser constatada uma associação das mesmas com o desenvolvimento local dos municípios. Por outro lado, deve-se considerar os impactos ambientais atrelados a estes empreendimentos, normalmente acompanhados por uma significativa redução da cobertura vegetal nativa (fisionomias de savana e floresta) dentro do período analisado.

**Palavras-chave:** Rio Tocantins, Análise socioambiental, Usinas hidroelétricas, Bioma Cerrado.

## Abstract

Most of the electric energy available in Brazil comes from large hydroelectric power plants. The constructions of these hydroelectric involve a series of social-environmental changes. The mitigation of the environmental impacts related to the energy production and search for sustainability has normally generated global discussions with environmental, social and economic interests. Therefore, all projects of energy generation from hydroelectric plants need a planning that aims the sustainable development of future and ongoing activities. In this work we performed a historical map over the Tocantins river valley using remote sensing and GIS techniques as a subsidy to understanding the social-environmental impacts in this region. Between the municipalities analyzed, those from the state of Maranhão have presented the highest social inequalities. Finally, the construction of hydroelectric plants is not a guarantee of social benefits, although be verified a certain association with the development of these municipalities. Moreover, it should be consider the environmental impacts linked to these developments, usually accompanied by a significant reduction of the native vegetation cover (savanna and forest physiognomies) within the period analyzed.

**Key words:** Tocantins river, Social-environmental analysis, Hydroelectric, Cerrado biome.

## Resumen

En Brasil, la mayor parte de la energía eléctrica disponible es proveniente de grandes usinas hidroeléctricas, cuya construcción e implementación involucra una serie de cambios socio-ambientales. Últimamente, la necesidad de mitigación de impactos ambientales relacionados a la obtención de energía y la búsqueda de sustentabilidad generan discusiones mundiales, que involucran intereses ambientales, políticos, sociales y económicos. En la cuenca hidrográfica del río Tocantins tales demandas no son diferentes, donde varios proyectos de generación de energía, a partir de usinas hidroeléctricas, necesitan de un planeamiento para el desarrollo sustentable de las actividades futuras y en andamiento. En el estudio, fue realizado el mapeo del uso de la tierra en los municipios con usinas hidroeléctricas en el valle del Río Tocantins, a través de herramientas de geo-procesamiento, y detección remota, con subsidio para comprensión de los procesos socio ambientales. Entre los municipios evaluados, los del Estado de Maranhão presentaron la mayores desigualdad social. La construcción de usinas hidroeléctricas no es garantía de beneficios sociales, a pesar de ser constatada una asociación de las mismas con el desarrollo local de los municipios. Por otro lado se debe considerar los impactos ambientales que traen estos emprendimientos, normalmente acompañados por una significativa reducción de la cobertura vegetal nativa (sabana y bosque) dentro del periodo analizado.

**Palabras clave:** Rio Tocantins, Análisis socioambiental, Usinas hidroeléctricas, Bioma cerrado.

(\*) Prof. Msc. da Fundação de Desenvolvimento Educacional de Guaraí – Faculdade Guaraí, CEP: 77.700-000, Guaraí (TO) – Brasil - jeneres@gmail.com

(\*\*) Prof. Dr. do Instituto de Estudos Sócio-Ambientais – Universidade Federal de Goiás, Cx. Postal 131 – CEP: 74.001-970 – Goiânia (GO) – Brasil - manuel@iesa.ufg.br

(\*\*\*) Prof. Dr. do Mestrado em Ciências Ambientais e Saúde – Pontifícia Universidade Católica de Goiás - Goiás, Cx. Postal 86 – CEP: 74.605-010 – Goiânia – GO – Brasil - herp@terra.com.br

## INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, poucos assuntos têm despertado tanta atenção quanto às questões referentes ao meio ambiente, incluindo as recentes discussões sobre as mudanças climáticas e perda de biodiversidade global. No Brasil, por exemplo, este bem-lembrado ambiente natural vem sofrendo com o aumento das demandas por energia, alimentos e outros bens de consumo (durável e não-durável), demandas estas em forte ascensão a partir da estabilização da economia/globalização (COSTA; PRATES, 2005).

Neste contexto, marcado pela intensificação da industrialização e urbanização do país, a oferta por recursos energéticos tornou-se um dos fatores mais limitantes para tal crescimento da produção e consumo, de forma que hoje a prioridade seja a exploração de novas fontes de energia (ex.: biocombustíveis), bem como a expansão do atual complexo energético brasileiro (ex.: novas hidroelétricas e a descoberta recente de petróleo na região oceânica do Pré-sal).

Especificamente sobre a energia proveniente de fontes limpas (sem emissão de gases poluentes) e renováveis, o setor hidroelétrico ainda responde por grande parte da energia consumida no país (MME, 2006), considerando também o nosso elevado potencial hídrico natural. Como qualquer setor em expansão, surgem nesta fase o interesse de empresas multinacionais em subsidiar empreendimentos desse porte, levando o Brasil a permanecer, em detrimento de outras alternativas (solar, nuclear e eólica), com uma maior produção de energia através da hidroeletricidade.

No país, a hidroeletricidade é a base de suprimento energético (MULLER, 1995), respondendo por cerca de 80% da geração de energia, e por 82,8% da eletricidade consumida (ANEEL, 2007). No atual estágio de desenvolvimento, esta fonte é considerada como o melhor custo-benefício em termos técnicos e econômicos, em face dos riscos ambientais e dos custos, se comparada com a energia nuclear ou eólica, por exemplo (ROSA, 1995).

Apesar de ser uma fonte de energia praticamente limpa, a construção de uma usina hidroelétrica normalmente trás em sua concepção alguns impactos ao meio ambiente, sendo um deles a necessidade de um reservatório (tamanhos variados), com a respectiva contenção de um rio de importância significativa para uma bacia hidrográfica. Ultimamente, o Brasil revive este embate socioambiental com a construção da usina de Belo Monte, no Rio Xingu (Pará), com fortes argumentos favoráveis e contrários à sua construção. Por um lado, Belo Monte, que será a 2a maior usina hidrelétrica do país (atrás apenas da binacional Itaipu), deve suprir, ainda que a um custo ambiental maior, a atual demanda no Brasil por energia elétrica, concomitantemente com a geração de empregos e desenvolvimento econômico, sobretudo no estado do Pará. Por outro, alagará uma área expressiva na Amazônia (um reservatório com cerca de 500 km<sup>2</sup>), com implicações no habitat de várias espécies da fauna e flora desta região, no deslocamento de comunidades indígenas e de agricultores, além de uma contribuição na emissão de gases de efeito-estufa (CH<sub>4</sub>).

No cenário nacional, o Rio Tocantins figura dentre os maiores sistemas hidrográficos do país (sistema Araguaia-Tocantins), passando por vários estados brasileiros (ANA, 2006), com diversos projetos implantados para a geração de energia hidroelétrica. Nesta bacia, as condições físico-hidrográficas facilitam a multiplicação de reservatórios e quedas de água.

Ainda que um planejamento prévio seja exigido para a implantação de uma nova usina hidroelétrica, os impactos físicos e sociais causados nas áreas modificadas ainda são pouco estudados, tornando-se de extrema importância a realização de estudos bem estruturados acerca das transformações que sucedem a sua construção.

Neste sentido, o presente estudo teve por objetivo caracterizar os impactos socioambientais nos municípios inseridos na bacia hidrográfica do Rio Tocantins, e que porventura tenham, ao longo de quase três décadas (1980 a 2006), recebido uma usina hidroelétrica em seu plantel energético. Para tanto, uma análise comparativa foi realizada entre tais municípios, considerando-se os dados censitários (Índice de Desenvolvimento Humano, pobreza e concentração de renda), além de dados acerca da cobertura vegetal e uso da terra, providos por imagens de satélites no mesmo período.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Área de Estudo

A bacia hidrográfica do Rio Tocantins, compreendida em parte do Centro-Oeste e Norte do Brasil, possui uma área de 918.273 km<sup>2</sup> (11% do território nacional), abrangendo os estados de Goiás (e o Distrito Federal), Mato Grosso, Tocantins, Maranhão e Pará.

Para este estudo em específico, foi limitada uma área da bacia hidrográfica do Tocantins (182.401 km<sup>2</sup>), envolvendo os estados de Goiás, Maranhão, Pará e Tocantins (Figura 1), por esta possuir vários empreendimentos hidrelétricos em operação, tais como as usinas de Tucuruí, Lajeado, Serra da Mesa, Cana-Brava e Peixe Angical (Figura 2).

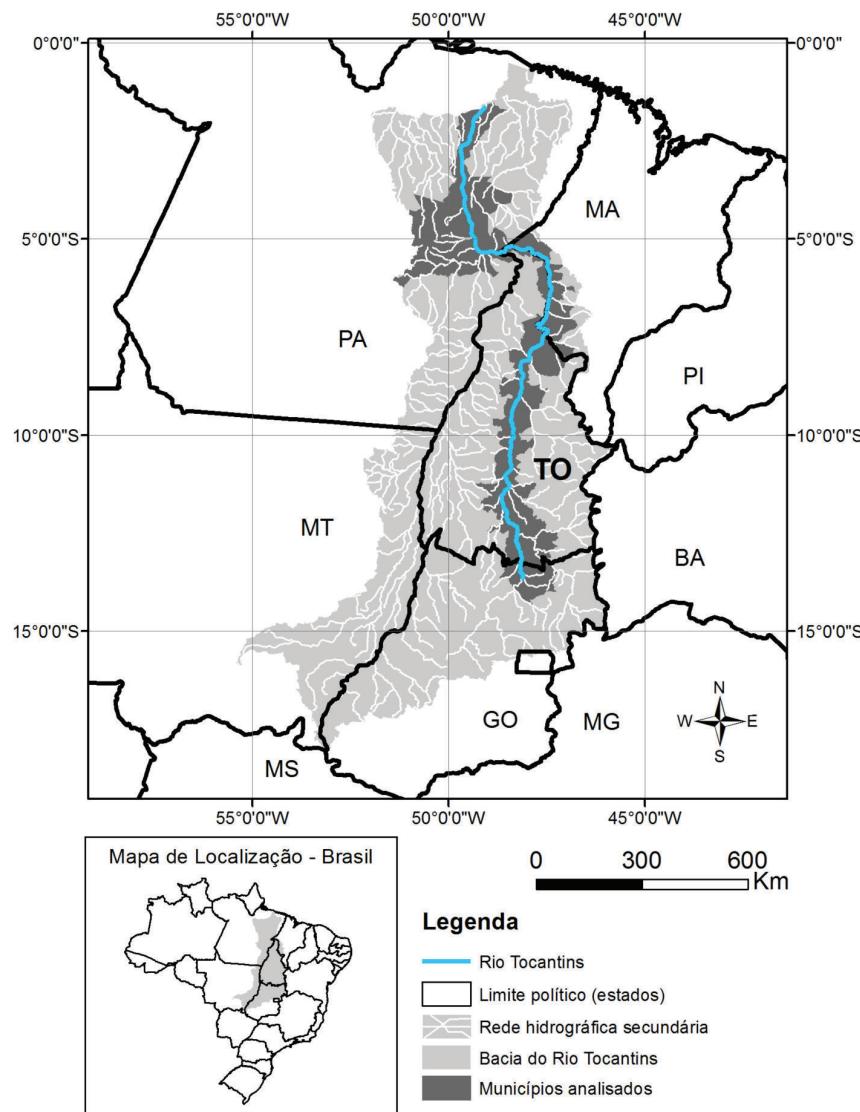


Figura 1 - Localização da área de estudo, com destaque para a bacia hidrográfica do Rio Tocantins, seu curso hidrográfico principal (Rio Tocantins) e os municípios analisados.

À época de realização deste estudo, as usinas de São Salvador e Estreito estavam em construção, somadas aos futuros projetos das usinas de Ipueiras, Tupiratins e Serra Quebrada (Figura 2). Ao todo, esses empreendimentos configuraram um significativo crescimento de energia para a expansão do setor elétrico do país.

A bacia hidrográfica do Rio Tocantins tem origem no Planalto Central (em Goiás), acerca de 1000 metros de altitude, formada pelos rios das Almas e Maranhão, com extensão total de 1960 km até sua foz no oceano Atlântico. Entre seus principais afluentes, destaca-se o Rio Araguaia, com



2600 km de extensão, onde se encontra a Ilha do Bananal, maior ilha fluvial do mundo. Na margem direita, destacam-se os rios Bagagem, Tocantizinho, Paraná dos Sonos, Manoel Alves e Farinha. Na margem esquerda, o rio Santa Teresa e Itacaúnas.

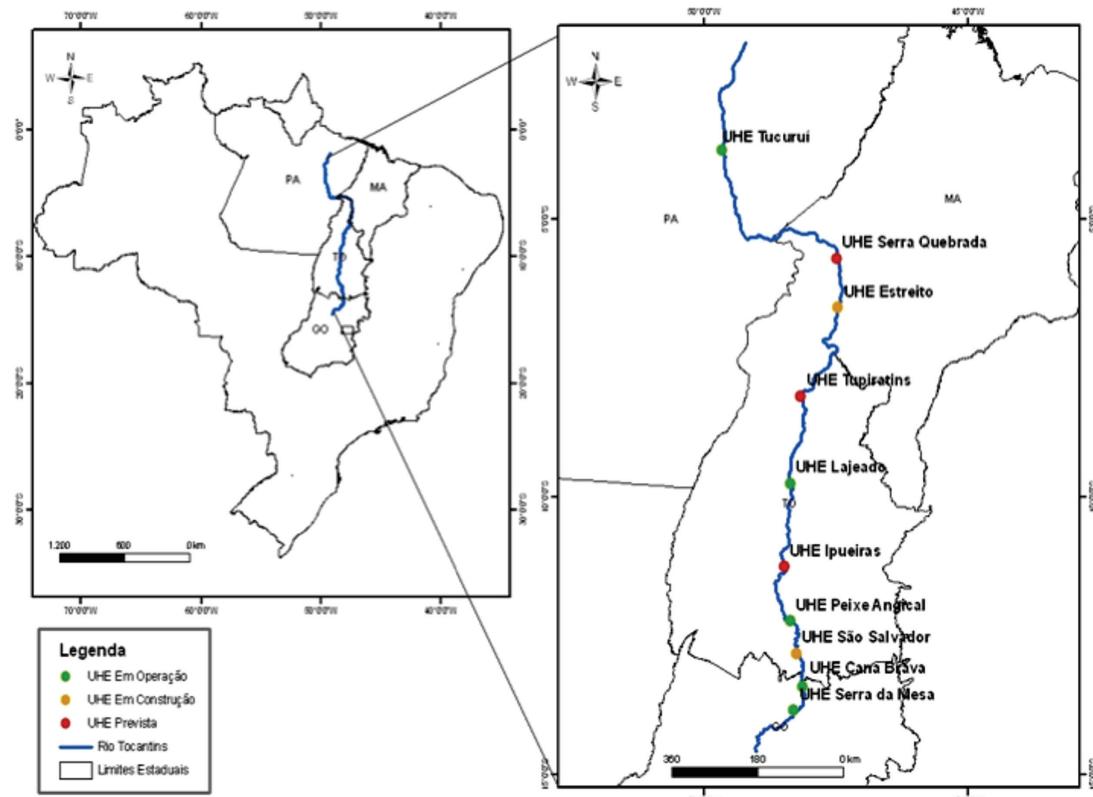


Figura 2 - Mapa da bacia hidrográfica do Rio Tocantins, indicando os Estados e a localização das usinas hidroelétricas no Rio Tocantins

### *Organização dos Dados*

Num primeiro momento, foram selecionados os 43 municípios envolvidos diretamente pelos reservatórios das usinas hidroelétricas no rio Tocantins. 8 municípios pertencem ao estado de Goiás, 5 no estado do Maranhão, 7 no estado do Pará e 23 no Estado do Tocantins (Tabela 1).

### *Dados de imagens de satélite*

A segunda etapa do trabalho consistiu no mapeamento dos remanescentes de vegetação da área de estudo, através da interpretação de imagens de satélite. Foram utilizadas imagens do satélite Landsat (sensor MSS), obtidas ao longo dos anos de 1979 a 1981 (Tabela 2), e imagens do satélite sino-brasileiro CBERS 2 (sensor CCD), referentes ao ano de 2006 (Tabela 3).

As imagens de satélite são referentes aos meses de julho, agosto e setembro, correspondente à estação seca nesta região. As cenas Landsat - MSS e CBERS 2 - CCD foram adquiridas no portal de dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE (<http://www.dgi.inpe.br:80/CDSR>).

Ao todo, foram obtidas 69 imagens, entre 1979 e 2006, georreferenciadas e organizadas em mosaicos, de acordo com o ano: mosaico referente a 1980 (dados de 1979 a 1981) e 2006, cobrindo dois momentos históricos da bacia do Rio Tocantins, conforme ilustrado na figura 3.

Para compor o mosaico e melhorar o processo de visualização, as bandas espectrais de cada cena foram associadas ao sistema de cores RGB. Assim, a composição utilizada para o sensor Landsat - MSS foi a RGB 5/4/3 (correspondente às bandas espectrais do Infravermelho médio, Infravermelho próximo e Vermelho). Para o sensor CBERS 2 – CCD foi a RGB 3/4/2 (correspondente às bandas espectrais do Vermelho, Infravermelho próximo e Verde).



A resolução espacial para as imagens MSS, mais antigas, é de 80 metros, enquanto as imagens do CBERS apresentam 20 metros de resolução. Ao final, e por esta diferença de resolução, determinamos uma escala média de mapeamento de 1:100.000.

Tabela 1 - Municípios envolvidos pelos reservatórios das usinas hidroelétricas no Rio Tocantins.

Goiás	Tocantins
Campinaçu	Aguiarnópolis
Campinorte	Babaçulândia
Cavalcante	Barra do Ouro
Colinas do Sul	Bom Jesus do Tocantins
Minaçu	Brejinho de Nazaré
Niquelândia	Filadélfia
São Luis do Norte	Ipueiras
Urucuá	Itaguatins
<b>Maranhão</b>	Itapiratins
Campestre do Maranhão	Lajeado
Carolina	Maurilândia do Tocantins
Estreito	Miracema do Tocantins
Porto Franco	Palmas
Ribamar Fiquené	Palmeirópolis
<b>Pará</b>	Palmeirante
Breu Branco	Paranã
Itupiranga	Pedro Afonso
Jacundá	Peixe
Marabá	Porto Nacional
Novo Repartimento	São Salvador
São João do Araguaia	Tocantinópolis
Tucuruí	Tupirama
	Tupiratins

Fonte: IBGE.

Tabela 2 - Órbita/ponto e datas das imagens adquiridas pelo sensor Landsat – MSS (20 cenas). Valores entre 237 e 241 representam as órbitas; valores entre 62 e 70 representam os pontos

Visando a quantificação da vegetação remanescente em cada um dos dois mosaicos, algumas técnicas de processamento digital de imagens foram adotadas, sendo a primeira delas a de realce dos alvos naturais por NDVI (Índice de Vegetação da Diferença Normalizada); o NDVI possui a finalidade de realçar a vegetação “saudável” (i.e., elevada atividade fotossintética), bem como as áreas antropizadas (normalmente associadas ao solo exposto, agricultura, queimadas e áreas urbanas).

Tabela 2. Órbita/ponto e datas das imagens adquiridas pelo sensor Landsat - MSS  
Valores entre 237 e 241 representam as órbitas; valores entre 62 e 70 representam os pontos

	237	238	239	240	241
<b>62</b>				25/06/1980	
<b>63</b>			06/08/1981	07/06/1979	24/07/1980
<b>64</b>		03/08/1981	06/06/1981	25/06/1980	03/07/81
<b>65</b>		01/08/1980	06/06/1979		
<b>66</b>		23/08/1981	06/08/1981		
<b>67</b>		23/06/1979	29/08/1980		
<b>68</b>		30/06/1981	19/07/1981		
<b>69</b>	26/12/1981	25/05/1981			
<b>70</b>	09/09/1981	05/08/1981			

A segunda técnica, visando a classificação temática das imagens NDVI, foi o chamado “Fatiamento” (Slice), onde 4 classes temáticas foram geradas, de acordo com o valor de NDVI (ranges);



um agrupamento dessas classes, chamado aqui de “Reclassificação” (Reclass) foi realizado em seguida, com o objetivo de simplificar os mapas de uso da terra em duas classes: remanescentes e uso antrópico. Um filtro de classificação (Majority), com o objetivo de se eliminar vazios entre polígonos, foi aplicado nesta etapa.

Tabela 3 - Órbita/ponto e data das imagens adquiridas pelo sensor CBERS 2 - CCD (49 cenas).  
Valores entre 157 e 163 representam as órbitas; valores entre 102 e 117 representam os pontos

	157	158	159	160	161	162	163
102					04/07/2006	01/07/2006	
103						01/07/2006	
104					04/07/2006	01/07/2006	24/07/2006
105				07/07/2006	04/07/2006	01/07/2006	24/07/2006
106			05/08/2006	07/07/2006	04/07/2006	01/07/2006	24/07/2006
107		08/08/2006	05/08/2006	07/07/2006	04/07/2006	27/07/2006	24/07/2006
108		08/08/2006	05/08/2006	07/07/2006			
109		03/09/2006	05/08/2006	07/07/2006			
110			05/08/2006	11/07/2006			
111		08/08/2006	05/08/2006	11/07/2006			
112			05/08/2006	07/07/2006			
113		29/09/2006	05/08/2006	07/07/2006			
114	11/08/2006	29/09/2006	05/08/2006				
115	11/08/2006	29/09/2006	05/08/2006				
116	11/08/2006	08/09/2006	05/08/2006				
117	11/08/2006	08/09/2006	05/08/2006				

Landsat-MSS 1979/1980/1981



CBERS-CCD 2006



Figura 3 - Mosaicos das cenas Landsat - MSS e CBERS 2 - CCD empregadas no mapeamento da área de estudo, entre 1980\* e 2006. Os limites dos municípios estão sobrepostos na cor branca. (\*entre 1979 e 1981).

Ao final, foi gerado um vetor (processo de poligonização) somente para a classe de remanescente (vegetação nativa), para então prosseguir com as análises quantitativas para área de estudo. Todas as tarefas mencionadas foram realizadas com os softwares ENVI e ArcGIS. A figura 4 ilustra as etapas aplicadas no processamento de cada uma das 69 imagens de satélite.

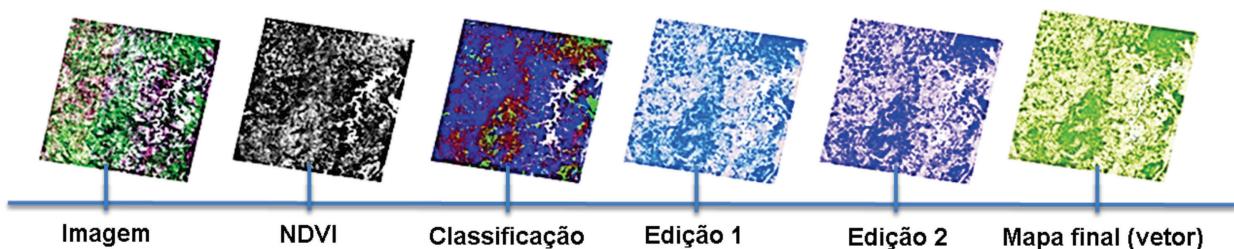


Figura 4 - Da esquerda para a direita, exemplo das etapas de processamento aplicadas para cada uma das 69 cenas, ao final mosaicas para a área de estudo: 1) Imagem de satélite (padrão de cores RGB - MIR/NIR/RED). 2) NDVI (geração do índice de vegetação). 3) Classificação (fatiamento por intervalos de valores do NDVI). 4) Edição 1 (reclassificação, em duas classes – uso e não-uso); 5) Edição 2 (filtro para preenchimento de pequenos vazios). 6) Mapa final (formato vetorial, com duas classes – uso e não-uso).

#### Dados socioeconômicos

Quanto aos dados socioeconômicos dos municípios, estes foram obtidos através do portal de dados do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD - Brasil), disponível para os anos de 1991 e 2000. As seguintes variáveis foram consideradas: Índice de Desenvolvimento Humano – IDH (1991 e 2000), Índice de Gini (1991 e 2000) e Índice de Pobreza (1991 e 2000). Os dados municipais do PNUD foram espacializados de acordo com o mapa político-administrativo municipal (base IBGE - 2000).

Sobre os índices empregados na análise, o IDH retrata o desenvolvimento de uma dada região ou sociedade por meio da síntese de três indicadores: renda per capita, educação e longevidade. O índice de Gini descreve a concentração de renda para uma dada sociedade, onde 0 (zero) representa, de forma hipotética, uma renda igualmente distribuída entre os indivíduos, e 1, por sua vez, a concentração de toda a renda por um único indivíduo. O índice de Pobreza indica a proporção de pessoas vivendo abaixo da linha de pobreza no Brasil, fixada em R\$ de acordo com a metade do valor de um salário mínimo vigente no país (ex.: em dezembro de 2009, este valor seria de R\$ 232,50).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Análise da Cobertura Vegetal Nativa

A análise temporal de imagens de satélite permitiu a identificação da dinâmica da paisagem nos municípios diretamente envolvidos com a construção das hidroelétricas, entre anos de 1980 e 2006, incluindo as taxas brutas de desmatamentos para cada período analisado, bem como a evolução dessa ao longo do tempo.

Para possibilitar a comparação dos remanescentes de Cerrado entre municípios com diferentes extensões territoriais, a área de cobertura vegetal foi normalizada em função da área de cada unidade política municipal (Equação 1), onde 0% indica ausência de remanescentes, e 100% indica total presença de remanescentes no município (ou seja, um Índice Normalizado de Remanescentes - INR)..

Equação (1):

$$(R/At) \times 100$$

Onde: R = Área de remanescentes de Cerrado.

At = Área total do município.



### Estado de Goiás

Nos municípios presentes no estado de Goiás, envolvidos pelos empreendimentos hidroelétricos de Serra da Mesa e Cana-Brava, foi observado uma redução da cobertura vegetal nativa (Tabela 4) em poucos municípios, mais proeminente em Minaçu (34% de perda). No geral, para uma significativa parte dos municípios, houve um pequeno acréscimo de vegetação, devido ao processo de regeneração da cobertura natural ou por reflorestamentos, caso de Campinorte (14% de acréscimo entre 1980 e 2006).

Nos casos onde a cobertura vegetal pouco ou nada alterou, pode-se dizer que os empreendimentos hidroelétricos, incluindo a área alagada, não influenciaram de forma significativa na mudança da paisagem natural (em 1980, o uso da terra nestas áreas já estava instalado, sobretudo pela presença de pastagens nativas).

Tabela 4 - Quantificação da vegetação remanescente (INR) para os anos de 1980 e 2006, nos municípios envolvidos por empreendimentos hidroelétricos no Estado de Goiás

MUNICÍPIOS		1980		2006	
	Área mun. (ha)	Veg. nativa (ha)	%	Veg. nativa (ha)	%
Campinaçu	198.170	111.017	56	121.398	61
Campinorte	107.210	40.831	38	55.806	52
Cavalcante	697.950	319.848	46	327.299	47
Colinas do Sul	171.450	101.053	59	108.817	63
Minaçu	287.160	229.827	80	132.759	46
Niquelândia	987.900	487.378	49	468.138	47
São Luis do Norte	58.810	17.242	29	18.556	32
Uruaçu	214.970	76.854	36	89.131	41
Total	2.723.620	1.384.050	50,81	1.321.904	48,53

### Estado do Maranhão

As transformações na cobertura vegetal nos 5 municípios do Estado do Maranhão, envolvidos pelo surgimento de usinas hidroelétricas no rio Tocantins, aconteceram de forma progressiva, ao longo dos 26 anos de análise, causando sensíveis mudanças na paisagem deste estado. A tabela 5 apresenta a quantificação da cobertura vegetal nestes municípios, para os respectivos anos analisados. Em geral, os municípios de Campestre do Maranhão, Porto Franco e Estreito foram os que sofreram as maiores variações (os dois primeiros com 35%, e o terceiro com 24% de redução da vegetação nativa, respectivamente). Entretanto, os dados demonstram que todos os demais municípios deste estado vêm sofrendo uma elevada pressão antrópica, em grande parte pela expansão de culturas agrícolas, pecuária (bovina) e ações ilegais de desmatamentos.

Tabela 5 - Quantificação da vegetação remanescente (INR) para os anos de 1980 e 2006, nos municípios envolvidos por empreendimentos hidroelétricos no Estado do Maranhão.

MUNICÍPIOS		1980		2006	
	Área mun. (ha)	Veg. nativa (ha)	%	Veg. nativa (ha)	%
Campestre do Maranhão	61.820	46.799	76	24.268	39
Carolina	649.000	321.216	49	274.508	42
Estreito	272.770	201.219	74	137.719	50
Porto Franco	142.250	119.276	84	69.430	49
Ribamar Fiquene	73.840	68.848	93	52.050	70
Total	1.199.680	757.358	63,13	557.975	46,51

### Estado do Pará

Dos municípios envolvidos por empreendimentos hidroelétricos no Estado do Pará (Tabela 6), pode-se verificar que Marabá se destaca neste período (1980 - 2006) pela maior redução da cobertura vegetal nativa, de 12%, enquanto para os demais municípios tal redução não ultrapassou 7%. Vale ressaltar que, em alguns municípios deste Estado houve um aumento da cobertura vegetal ao longo deste período (1980 – 2006), o que não representa, na mesma proporção, um avanço em termos ecológicos, pois esta cobertura é um indicativo de regeneração e reflorestamento. Estima-se que atividades agrícolas, pecuárias e projetos hidroelétricos sejam responsáveis por essas mudanças nos municípios mencionados.

Tabela 6 - Quantificação da vegetação remanescente (INR) para os anos de 1980 e 2006, nos municípios envolvidos por empreendimentos hidroelétricos no Estado do Pará

MUNICÍPIOS	Área mun. (ha)	1980		2006	
		Veg. nativa (ha)	%	Veg. nativa (ha)	%
Breu Branco	398.900	226.557	66	305.487	77
Itupiranga	791.460	536.826	82	619.480	78
Jacundá	201.480	181.745	47	124.585	62
Marabá	1.515.790	1.129.337	81	1.042.068	69
Novo Repartimento	1.546.410	1.064.715	82	1.157.892	75
São João do Araguaia	130.170	93.133	74	87.377	67
Tucuruí	209.550	141.465	61	141.834	68
Total	4.793.760	3.373.778	77,60	3.478.723	72,56

### Estado do Tocantins

Na tabela 7 pode-se visualizar as taxas de INR nos municípios de Tocantins e sua variação no período estudado. Em geral, boa parte dos municípios apresentaram uma queda na cobertura vegetal nativa. Entretanto, foram os municípios de Tupirama (24% de redução no INR), Filadélfia (13%), Miracema do Tocantins (12%) e São Salvador (11%) que sofreram as maiores variações no INR nestes 26 anos de análise. Como nos demais estados, atribui-se esta perda na cobertura do solo aos projetos hidroelétricos, agriculturas e pastagens. Várias pesquisas têm apontado para uma expansão das atividades agropecuárias neste Estado e em outros da região nordeste do país, indicando o surgimento de uma nova fronteira agrícola (SANO et al., 2008; FERREIRA et al., 2010).

É importante destacar que, em Tupirama, estudos complementares por sensoriamento remoto indicam que boa parte desta mudança ocorreu nos últimos 6 anos da análise (i.e., entre 2000 e 2006), sobretudo pela expansão das atividades agropecuárias.



Tabela 7 - Quantificação da vegetação remanescente (INR) para os anos de 1980 e 2006, nos municípios envolvidos por empreendimentos hidroelétricos no Estado do Tocantins

MUNICÍPIOS	Área mun. (ha)	1980		2006	
		Veg. nativa (ha)	%	Veg. nativa (ha)	%
Aguiarnópolis	23.880	22.185	55	13.027	54
Babaçulândia	191.640	110.676	55	104.433	54
Barra do Ouro	111.110	63.486	56	63.629	57
Bom Jesus do Tocantins	133.820	94.531	70	89.046	67
Brejinho do Nazaré	172.890	69.842	45	64.818	37
Filadélfia	199.650	109.116	62	100.910	51
Ipueiras	81.650	38.807	57	41.051	50
Itaguatins	82.770	45.343	58	51.670	62
Itapiratins	124.100	69.135	67	77.707	63
Lajeado	30.130	23.432	65	17.678	59
Maurilândia do Tocantins	79.240	28.802	33	36.088	46
Miracema do Tocantins	266.700	192.953	61	130.954	49
Palmas	247.490	170.058	47	116.932	47
Palmerópolis	171.020	128.583	63	83.354	49
Palmeirante	247.230	88.471	37	101.911	41
Paraná	1.216.090	574.476	54	641.024	53
Pedro Afonso	205.030	101.889	49	96.553	47
Peixe	511.120	272.813	55	250.041	49
Porto Nacional	446.410	251.982	43	174.569	39
São Salvador	142.760	103.582	79	98.139	69
Tocantinópolis	108.180	69.884	38	60.007	55
Tupirama	71.580	34.095	42	17.470	24
Tupiratins	89.910	32.039	35	27.761	31
Total	4.954.400	2.696.180	52,94	2.458.772	49,62

### Avaliação dos Índices Socioeconômicos

Traçando um paralelo ao surgimento dos empreendimentos hidroelétricos na bacia do Rio Tocantins, entre as décadas de 1980 e 2000, este trabalho analisou os mesmos Estados e municípios em função de alguns índices socioeconômicos, visando verificar as possíveis consequências (positivas e negativas) a partir do surgimento destes empreendimentos supracitados. Tais indicadores, referentes às décadas de 1991 e 2000, englobam o Índice de Desenvolvimento Humano - Municipal (IDH-M), Renda per capita, Proporção de pobres e GINI (Concentração de renda).

### Estado de Goiás

No estado de Goiás, o estudo analisou os municípios inseridos na área de influência das usinas hidroelétricas de Serra da Mesa e Cana Brava, cujas terras foram parcialmente inundadas pelos respectivos reservatórios.

Com base no gráfico da figura 5, nota-se uma evolução na qualidade de vida estimada pelo IDH-M dos municípios envolvidos pelos empreendimentos. Essa evolução pode ser explicada pelos avanços sociais relativos ao acesso à educação, ao aumento da expectativa de vida e ao crescimento da renda. O município com o maior IDH-M foi Campinorte, enquanto Cavalcanti apresentou o menor IDH-M.

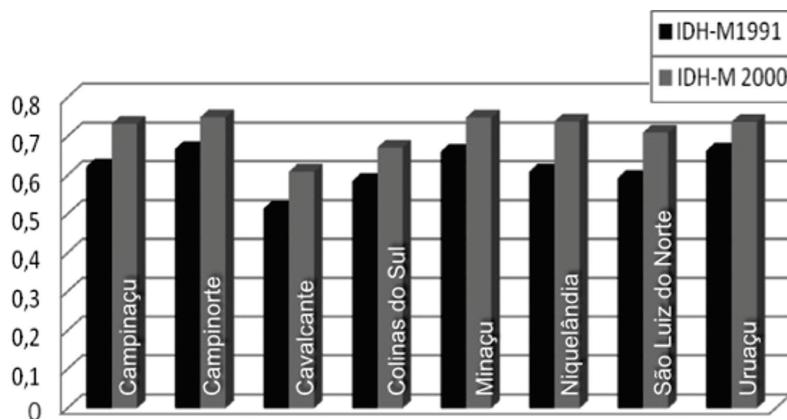


Figura 5 - Variação do IDH-M nos municípios envolvidos por empreendimentos hidroelétricos no Estado de Goiás, entre 1991 e 2000

Dentre os municípios analisados, Campinorte foi aquele com o maior crescimento de IDH-M, segundo o censo do IBGE de 2000, com um total de habitantes (no ano 2000) de 8.257. Entretanto, em relação ao ranking nacional, Campinorte ocupa apenas a 1864º colocação, estando entre os municípios de médio desenvolvimento humano (IDH entre 0,5 e 0,8). Isto revela o fato de que este, assim como os demais municípios desta região, precisa (e pode) melhorar no quesito “qualidade de vida” para a sua população. O que elevou o crescimento do IDH-M de Campinorte foi a longevidade, seguido pela educação e renda. Avaliando-se os indicadores de renda de Campinorte, em fato verificou-se um decréscimo na proporção de pobres e no índice de Gini, conforme a tabela 8.

Tabela 8 - Indicadores de Renda, Pobreza e GINI para o município de Campinorte - GO, referentes aos anos de 1991 e 2000

Indicadores	1991	2000
Renda per Capita Média (R\$)	116,27	167,99
Proporção de Pobres %	60,5	42,4
Índice de Gini	0,59	0,56

Fonte: PNUD – Atlas do Desenvolvimento Humano – 2002.

Já o município com o menor IDH-M, dentre aqueles com empreendimentos hidroelétricos, foi Cavalcante. Avaliando os indicadores de renda deste município, verificou-se uma melhora significativa na renda per capita média (em mais de 20%). A proporção de pobres sofreu um decréscimo (queda de 7%), enquanto o índice de Gini demonstra um pequeno aumento na desigualdade (Tabela 9).

Tabela 9 - Indicadores de Renda, Pobreza e GINI para o município de Cavalcante - GO, referentes aos anos de 1991 e 2000

Indicadores	1991	2000
Renda per Capita Média (R\$)	70,57	91,50
Proporção de Pobres %	77,4	70,1
Índice de Gini	0,55	0,63

Fonte: PNUD – Atlas do Desenvolvimento Humano – 2002.

### Estado do Maranhão

Em 2000, o IDH-M para o Estado do Maranhão ficou com média de 0,636, sendo classificação pelo PNUD como uma região de médio desenvolvimento humano. Mesmo assim, observa-se



no gráfico da figura 6 uma evolução em qualidade de vida estimada pelo IDH-M dos municípios envolvidos por empreendimentos. Estreito foi o município com maior IDH-M, enquanto o menor foi Ribamar Fiquené.

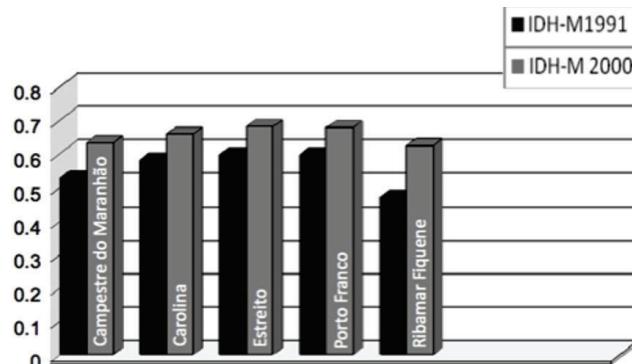


Figura 6 - IDH-M dos municípios envolvidos por empreendimentos hidrelétricos no Estado do Maranhão

Embora o município de Estreito, o qual apresenta um total de habitantes de 22.930 (IBGE, 2000), ocupe a primeira posição no ranking em relação aos outros municípios deste estado (0,681), este valor é baixo quando comparado ao nível nacional, ficando este na 3279º posição. Avaliando-se os indicadores de renda do município, verificou-se uma melhora na renda média per capita, um decréscimo na proporção de pobres, mas acompanhado também por um aumento no índice de Gini, o que equivale a um aumento na concentração de renda (Tabela 10).

Tabela 10 - Indicadores de Renda, Pobreza e GINI para o município de Estreito - MA, referentes aos anos de 1991 e 2000

Indicadores	1991	2000
Renda per Capita Média (R\$)	91,53	127,09
Proporção de Pobres %	71,7	59,2
Índice de Gini	0,46	0,57

Fonte: PNUD – Atlas do Desenvolvimento Humano – 2002.

No outro extremo encontra-se o município de Ribamar Fiquené, com um desempenho muito baixo aos demais municípios no Maranhão envolvidos com empreendimentos de energia. Ainda que o município tenha apresentado um crescimento significativo, este não foi suficiente para tirá-lo do último lugar deste ranking. Avaliando seus indicadores de renda, houve uma melhora na renda per capita média, seguido por um decréscimo da proporção de pobres; mas o índice de Gini mostrou um aumento significativo, aumentando a desigualdade entre os habitantes deste município (Tabela 11).

Tabela 11 - Indicadores de Renda, Pobreza e GINI para o município de Ribamar Fiquené - MA, referentes aos anos de 1991 e 2000

Indicadores	1991	2000
Renda per Capita Média (R\$)	72,82	85,80
Proporção de Pobres %	82,0	72,7
Índice de Gini	0,46	0,57

Fonte: PNUD – Atlas do Desenvolvimento Humano – 2002.

### Estado do Pará

No ano de 2000, o IDH-M do estado do Pará teve média de 0,723, o que indica uma região de desenvolvimento médio, ocupando a 15º posição no ranking nacional. Observa-se na figura 7 uma

evolução em qualidade de vida estimada pelo IDH-M dos municípios envolvidos por empreendimentos do gênero. Neste grupo, o município com maior IDH-M foi Tucuruí (0,755), enquanto o menor IDH-M foi obtido por São João do Araguaia (0,582).

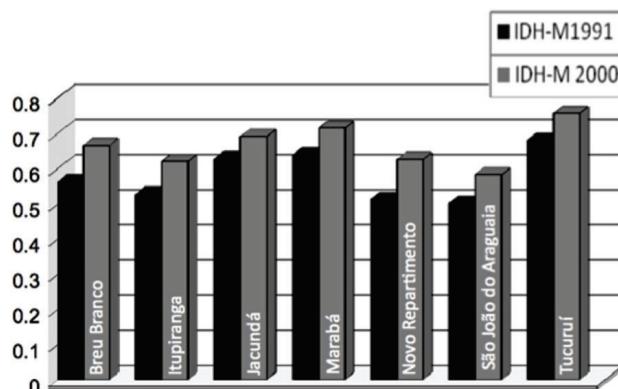


Figura 7 - IDH-M de 1991 e 2000 dos municípios envolvidos por empreendimentos hidrelétricos no Estado do Pará

Sobre o município de Tucuruí, o qual apresenta um total de habitantes de 73.798 (1,19% da população do Estado), este ocupa uma posição de destaque no IDH-M sobre os demais municípios envolvidos com empreendimentos hidroelétricos. Entretanto, o que elevou o crescimento deste município foi à longevidade, seguido pela educação e renda. Segundo a classificação do PNUD, o município está entre as regiões consideradas de Desenvolvimento Humano Médio. Analisando os indicadores, verificou-se um crescimento significativo na renda média per capita e um decréscimo na proporção de pobres; por outro lado, o índice de Gini (semelhantemente ao estado do Maranhão) aumentou de forma significativa, trazendo uma maior desigualdade econômica entre seus habitantes (Tabela 12).

Tabela 12 - Indicadores de Renda, Pobreza e GINI para o município de Tucuruí – PA, referentes aos anos de 1991 e 2000

Indicadores	1991	2000
Renda per Capita Média (R\$)	132,02	180,99
Proporção de Pobres %	56,7	40,0
Índice de Gini	0,58	0,59

Fonte: PNUD – Atlas do Desenvolvimento Humano – 2002.

Já o município de São João do Araguaia, com um total de habitantes de 12.247 (representando 0,2% da população do Estado), e apesar de um crescimento satisfatório nos últimos anos, ainda não ocupa uma posição de destaque na classificação dos municípios envolvidos com tais empreendimentos. O que mais contribuiu para o crescimento de seu IDH-M foi a educação, seguido pela longevidade e a renda, classificado entre as regiões de desenvolvimento médio no país. Analisando os indicadores socioeconômicos, verificou-se uma queda na renda média per capita, um aumento na proporção de pobres, seguido por um aumento no índice de Gini, indicando aumento na desigualdade entre seus habitantes (Tabela 13).

Tabela 13 - Indicadores de Renda, Pobreza e GINI para o município de São João da Araguaia-PA, referentes aos anos de 1991 e 2000

Indicadores	1991	2000
Renda per Capita Média (R\$)	75,85	67,72
Proporção de Pobres %	76,2	77,0
Índice de Gini	0,55	0,62

Fonte: PNUD – Atlas do Desenvolvimento Humano – 2002.

### Estado do Tocantins

O Estado do Tocantins está localizado na região Norte do país, com uma área de 277.297 km<sup>2</sup>. Sua população em 2000 era de 1.157.098 habitantes, de acordo com o censo demográfico do IBGE para este ano, com IDH de 0,710. Segundo o PNUD (2002), o Estado está entre as regiões de desenvolvimento médio no Brasil, ocupando a 17º posição no ranking nacional.

Observa-se que os municípios de Miracema do Tocantins e Palmas apresentam os melhores índices de IDH-M, enquanto o município de Tupirama detém o menor IDH-M entre os municípios relacionados neste estudo. Com a evolução do município de Tupirama, entre 1991 e 2000, o município de Babaçulândia passou a figurar em último lugar no ranking no ano de 2000 (Figura 7).

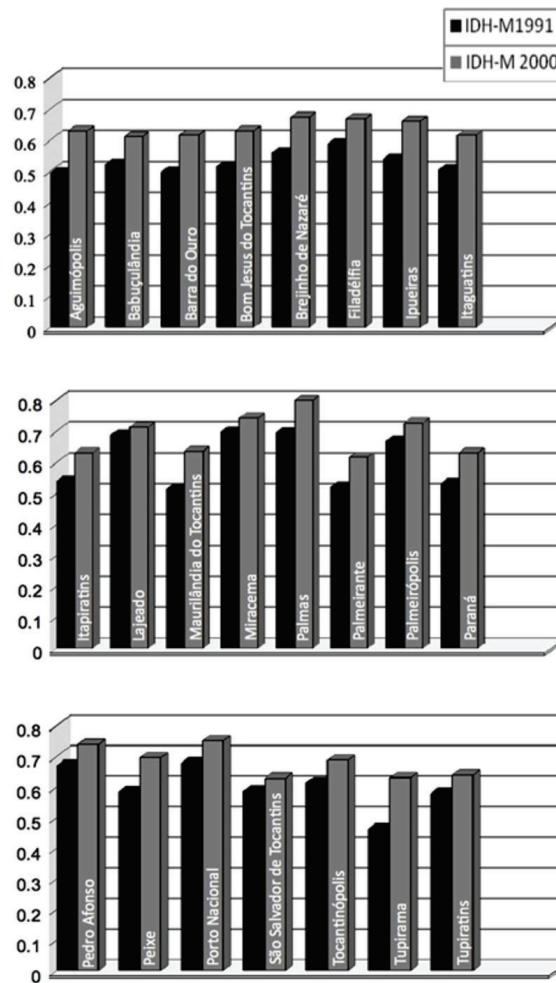


Figura 8 - IDH-M de 1991 e 2000 dos municípios envolvidos por empreendimentos hidroelétricos no Estado do Tocantins.

Como pode ser observado na tabela 14, Babaçulândia, cuja população em 2000 era de 10.329 habitantes, obteve um crescimento econômico de 16,41% entre 1991 e 2000, com um decréscimo na proporção de pobres e um aumento no índice de Gini (i.e., maior desigualdade entre a população).

Tabela 14 - Indicadores de Renda, pobreza e GINI para o município de Babaçulândia - TO, referentes aos anos de 1991 e 2000

Indicadores	1991	2000
Renda per Capita Média (R\$)	60,18	74,14
Proporção de Pobres %	81,5	71,7
Índice de Gi ni	0,50	0,57

Fonte: PNUD – Atlas do Desenvolvimento Humano – 2002.

Num outro extremo figura o município de Palmas, cuja população em 2000 era de 137.355 habitantes. Palmas é classificada como uma região de Alto Desenvolvimento Humano (IDH superior a 0,8), ocupando a primeira posição no Estado de Tocantins. Entre 1991 e 2000, o município teve um crescimento na renda per capita, seguido por uma redução na proporção de pobres e um aumento na desigualdade, já que o índice de Gini cresceu nos últimos anos (Tabela 15).

Tabela 15 - Indicadores de Renda, Pobreza e GINI para o município de Palmas - TO, referentes aos anos de 1991 e 2000

Indicadores	1991	2000
Renda per Capita Média (R\$)	233,04	358,05
Proporção de Pobres %	40,9	24,3
Índice de Gini	0,63	0,65

Fonte: PNUD- Atlas do Desenvolvimento Humano – 2002.

A partir destes levantamentos, e apesar do IDH-M ter aumentado em praticamente todos os municípios de Tocantins, ainda existe uma significativa desigualdade entre estes, inclusive quando comprados com municípios de outros estados brasileiros, principalmente no Centro-Sul e Sudeste (onde o IDH já ultrapassa o patamar de 0,8, numa escala de 0 a 1). Entretanto, essas informações demonstram que muitos avanços foram obtidos, principalmente ao se reduzir o número de municípios que estavam em um patamar de baixo desenvolvimento humano.

Por outro lado, faz-se necessário o estabelecimento de ações sistemáticas para a redução das diferenças socioeconômicas constatadas até aqui, tais como a geração de renda, a criação de novos postos de trabalhos, a expansão dos serviços públicos (como educação e saúde), medidas estas que precisam ser metas permanentes dos gestores públicos nos 43 municípios de Tocantins inseridos na área de estudo (com usinas hidroelétricas).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

De uma forma geral, considerando-se todos os estados/municípios avaliados neste estudo (Estados de Goiás, Tocantins, Pará e Maranhão), aqueles inseridos no Maranhão foram os que apresentaram as maiores desigualdades sociais, mesmo quando da presença de empreendimentos hidroelétricos. Nos demais estados, como Tocantins, observou-se que o Índice de Desenvolvimento Humano - Municipal de tais municípios com empreendimentos hidroelétricos apresentaram crescimento econômico e social entre os anos de 1991 e 2000.

Em muitos casos, a qualidade de vida nestes municípios, sobretudo daqueles mais pobres, depende de serviços ambientais só encontrados em áreas de meio ambiente equilibrado, tal como o acesso a água potável, a uma flora e fauna preservada, a solos férteis, entre outros.



A construção tão somente de usinas hidroelétricas não é garantia de benefícios sociais, apesar de verificarmos uma associação das mesmas com o desenvolvimento local dos municípios. Deve-se considerar, ainda, que tais empreendimentos trazem sérios impactos ambientais, como a criação de grandes áreas alagadas e a mudança no ciclo de vida destes rios represados (ressalta-se aqui uma maior emissão de Metano, um gás de efeito estufa). Em termos econômicos, as usinas hidroelétricas trazem royalties para os municípios, o que pode acelerar (não necessariamente) as melhorias sociais para a população local, tais como o acesso à educação, saúde e, por que não, energia elétrica.

Uma vez que os serviços ambientais mencionados tendam a ser comprometidos com a implantação de empreendimentos hidroelétricos (de pequeno, médio ou grande porte), juntamente com outras atividades de cunho agropecuário, torna-se essencial a realização de um ordenamento territorial por parte dos Estados e municípios, já realizado para outras atividades humanas de grande impacto socioambiental (como as de cunho industrial e agrícola), optando-se sempre pelas áreas de menor sensibilidade em termos ecológicos, ou mesmo por outros projetos com fontes de energia limpa e renovável, tais como a solar e a eólica.

Por fim, espera-se que este estudo oriente a adoção de políticas públicas voltadas para a minimização dos impactos gerados pelas usinas hidroelétricas, tanto na escala de bacias hidrográficas quanto na de estados e municípios. Outrossim, ressaltamos a necessidade de desenvolvimento de outras formas de geração de energia limpa, como a solar e a eólica, num momento em que se discute no país a expansão da matriz energética, ainda calcada no modelo hidroelétrico.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos apoio do Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento da Universidade Federal de Goiás e dos Geógrafos Genival Fernandes Rocha e Marlon Nemayer Pontes pela importante contribuição nas etapas de processamento e análise das imagens de satélite.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- ANEEL. BIG - Banco de Informações de Geração. 2007. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil>>. Acesso em: 12/02/2007
- ANA. Agência Nacional de Água. Plano estratégico do Tocantins-Araguaia – Brasil. 2006. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br>>. Acesso em: 10/12/2007.
- MME – Ministério de Minas e Energia. Plano de aceleração do crescimento – PAC. 2006. Disponível em: <<HTTP://www.mme.gov.br>>. Acesso em: 28/06/2008.
- COSTA, R. C., PRATES, C. P. **O papel das fontes renováveis de energia no desenvolvimento do setor energético e barreiras à sua penetração no mercado**. Rio de Janeiro: BNDES Setorial, 2005.
- FERREIRA, M. E., MIZIARA, F., FERREIRA JÚNIOR, L. G., SOARES-FILHO, B. Land Cover Change Dynamics over the Brazilian Savanna: Future Scenarios and Perspectives of Conservation. In: **The Meeting of the Americas - Foz do Iguaçu**. EOS Transactions of the American Geophysical Union, v. 91, 2010.
- IBGE. Mapa de biomas do Brasil. 2004. Disponível em: <<http://mapas.ibge.gov.br/biomass2/viewer.htm>>. Acesso em: 14/11/2006.
- INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 2007. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/catalogo>>. Acesso em: 20/12/2007.
- MULLER, A. C. **Hidrelétricas, Meio Ambiente e Desenvolvimento**. São Paulo: Makron Books, 1995.
- PNUD. **Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil**. 2002. Disponível em: <<http://www.pnud.org.br/atlas>>. Acesso em: maio de 2007.
- ROSA, L. P., SIGAUD, L., LA ROVERE, E. L., MAGRINI, A., POOPLE, A., FEARNSIDE, P. **Estado, Energia Elétrica e Meio Ambiente: O Caso das Grandes Barragens**. COOPE/UFRJ, 1995.

SANO, E. E., ROSA, R., BRITO J. L., FERREIRA, L. G. Mapeamento semidetalhado (escala de 1:250.000) da cobertura vegetal antrópica do bioma Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 1, p. 153-156, 2008.

Trabalho enviado em outubro de 2011  
Trabalho aceito em dezembro de 2011

