

# CONFLITOS PELO USO DAS ÁGUAS NO BAIXO RIO TOCANTINS: ANÁLISE DE TENDÊNCIAS

*Water use conflicts in low Tocantins River: analysis of trends*

**Andrés Danilo Velástegui Montoya\***

**Aline Maria Meiguins de Lima\*\***

**Edson José Paulino da Rocha\*\*\***

**Augusto José Pereira Filho\*\*\*\***

**\*Escuela Superior Politécnica del Litoral - ESPOL / Guayaquil, Ecuador**

andresvelmon@gmail.com

**\*\*Universidade Federal do Pará - UFPA / Belém, Pará**

alinemeiguins@gmail.com

**\*\*\*Universidade Federal do Pará - UFPA / Belém, Pará**

eprocha@ufpa.br

**\*\*\*\*Universidade de São Paulo - USP / São Paulo, São Paulo**

apereira@model.iag.usp.br

## RESUMO

Nas próximas décadas, a bacia hidrográfica Tocantins-Araguaia será uma das áreas mais promissoras para a expansão da economia Brasileira. Neste contexto, o melhor aproveitamento do potencial hídrico é essencial para o desenvolvimento local e regional dos municípios e estados contidos nesta bacia. As usinas hidroelétricas são potenciais alternativas para a geração de energia. Não obstante, estes empreendimentos acarretam vários problemas, dentre eles, estão os conflitos entre os usuários de cursos de água compartilhados entre estados e municípios. Este trabalho analisa os potenciais conflitos pelo uso de recursos hídricos com a geração de energia elétrica na bacia hidrográfica do Baixo Tocantins. Os dados socioeconômicos de usos múltiplos consuntivos ou não dos recursos hídricos e o aproveitamento energético da região foram analisados por meio da matriz de correlação e análise de componentes principais. Os resultados sugerem que há correlação entre o consumo de água médio per capita e o setor de serviços, diferentemente do que acontece nos setores de agropecuária e aquicultura. A correlação entre potencial de navegação e o PIB per capita é significativa, e menor entre indicadores socioeconômicos e índice de Gini. Por fim, o município de Tucuruí é fortemente influenciado pela sua Usina Hidrelétrica (UHE) e respectivas estruturas complementares tais como eclusas para navegação.

**Palavras-chave:** Recursos hídricos. Bacia hidrográfica Tocantins. Hidrelétricas. Tucuruí.

## ABSTRACT

In the next decades, the Tocantins-Araguaia hydrographic basin will be one of the most promising areas for the economic expansion of Brazil. In this context, a better utilization of the hydroelectric potential is essential for local and regional development of municipalities and states contained in this basin. Hydro-electric power plants are potential alternatives for power generation. Nevertheless, these projects cause several problems, among which are conflicts between the users of watercourses shared between states and municipalities. This work analyzes potential conflicts over the use of water resources related to electric power generation in lower Tocantins river basin. The socioeconomic data of the multiple water resources usages, consumptive or non-consumptive, and the energy utilization from the region, were analyzed through correlation matrix and principal components analysis. The results suggest that there is a correlation between the average water consumption per capita and the service sector, unlike what happens in the agriculture and aquaculture sectors. The correlation between navigation potential and GDP per capita is significant, and lower among socioeconomic indicators and Gini index. Finally, the municipality of Tucuruí is strongly influenced by Tucuruí Hydroelectric Power Plant and its complementary structures such as locks for navigation.

**Keywords:** Water resources. Tocantins river basin. Hydroelectric power plant. Tucuruí.

## 1 INTRODUÇÃO

O potencial espacial e volumétrico do aproveitamento hidroelétrico em toda a bacia Amazônica é significativo por abranger todos os principais afluentes do rio Amazonas e pelo número de usinas hidrelétricas planejadas e em construção na Amazônia, 38 no total com seis previstas no Peru para 2015; duas na Bolívia, na bacia do rio Madeira; cinco no Equador, previstas na encosta oriental da Cordilheira dos Andes; e outras na Colômbia, Venezuela, Suriname e Guianas (BERMANN, 2012; FEARNSSIDE, 2015). Todas estas obras hidráulicas garantirão o suprimento de energia nestes países.

A oferta de energia elétrica para atender à crescente demanda nos países da região requer grandes empreendimentos hidrelétricos (GOLDEMBERG et al., 2002; SOUZA, 2008; SOITO; FREITAS, 2011). O Brasil detém o maior potencial hidrelétrico (260 GW) na América do Sul, mas com apenas 29% de aproveitamento (MME; EPE, 2007). Assim, a hidroeletricidade é a principal fonte de energia no Brasil com menor custo operacional que permite a expansão da matriz energética e atendimento da demanda futura.

A energia hidrelétrica é renovável, limpa, eficiente e permite o uso múltiplo da água (BLANCO et al., 2008; POTTMAIER et al., 2013). Entretanto, a construção de reservatórios pode modificar o ambiente e impactar a fauna e a flora com inundação de áreas agricultáveis, de florestas e campos, bem como requer a mudança da população (STERNBERG, 2006; SIEBEN; CLEPS JUNIOR, 2012).

Os projetos energéticos causam impactos econômicos, sociais e culturais locais, e os benefícios energéticos ocorrem em outras regiões (RODRIGUES et al., 2009; FEARNSSIDE, 2015). O conflito advém de tal uso da água onde o agente principal de intervenção está no aproveitamento energético nas bacias de interesse (GALVÃO; BERMANN, 2015).

A bacia do rio Tocantins é um exemplo desta natureza por causa da diversidade do aproveitamento hídrico para a pesca, navegação, consumo e geração de energia hidroelétrica. Trata-se da maior bacia hidrográfica (767.164 km<sup>2</sup>) situada inteiramente no Brasil, com 9% do território. Esta região é formada pela Floresta Amazônica, ao norte e noroeste e Cerrado nas demais áreas que abrangem ecótonos, transição entre Floresta-Cerrado, na Ilha do Bananal (TANNUS, 2002; MORAIS et al., 2008).

A bacia hidrográfica do Tocantins-Araguaia (BHTA), suas características fisiográficas e recursos naturais são citados desde o século XVIII, com a expedição científica de Henri Coudreau. Ele destacou a qualidade e quantidade de vida silvestre no Estado do Pará. No seu relatório da terceira missão pelo governo do Pará, “Voyage au Tocantins-Araguaya” descreve as Cachoeiras de Itaboca, detalhadamente, local onde atualmente se encontra o aproveitamento hidroenergético de Tucuruí (COUDREAU, 1897). Lima (2009) narra a viagem do médico Julio Paternostro ao Tocantins para estudar a distribuição da febre amarela no sudoeste do estado do Pará. A viagem de Paternostro se iniciou na foz do rio e foi até o norte de Goiás, entre 1934 e 1935. Ele relatou as condições socioeconômicas e culturais das populações ribeirinhas, além da fauna e a flora da região.

A região era pouco povoada até as décadas de 50 e 60. A maioria da população estava concentrada nas margens dos rios. Ela se distribuía entre os núcleos urbanos, desde o período colonial, devido à dinâmica econômica em vigor entre o fim do século XIX e início do século XX. Neste contexto, as cidades de Marabá e Tucuruí constituíam os maiores núcleos urbanos e importantes centros de comércio (ROCHA; GOMES, 2002). O levantamento dos recursos da BHTA foi sistematizado por entidades governamentais a partir da década de 60. Iniciaram-se, então, grandes projetos minero metalúrgicos dada à posição geográfica e potencial hídrico da bacia (FEARNSSIDE, 2001; MANYARI; CARVALHO JUNIOR, 2007).

O projeto RADAM, na década de 70, resultou na geração de bancos de dados e informações hidrometeorológicas da BHTA. Outrossim, a crise do petróleo entre 1972 e 1979 e o estímulo do governo japonês levaram à construção da usina hidrelétrica de Tucuruí. O objetivo era desenvolver a

indústria eletrointensiva do alumínio na Amazônia brasileira (COELHO et al., 2010).

Os recursos hídricos da BHTA são estratégicos para o desenvolvimento socioeconômico da região, devido à potencial expansão das áreas irrigáveis para a agricultura, agronegócio, navegação, pesca e turismo, além de sua grande capacidade hidroenergética e mineral. Trata-se de uma das áreas preferenciais e mais promissoras para expansão do crescimento econômico brasileiro nas próximas décadas (ANA, 2009).

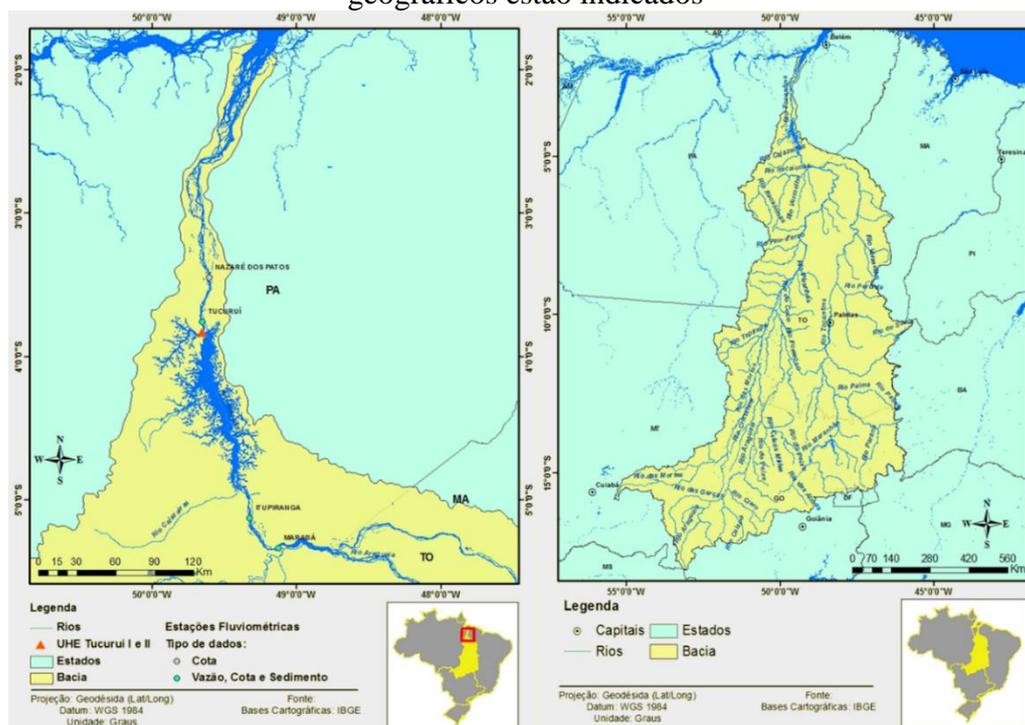
Neste trabalho, avaliaram-se potenciais conflitos e cenários no Baixo Tocantins, Pará, considerando-se os usos múltiplos da água na BHTA, onde estão os municípios de Breu Branco, Tucuruí, Baião, Mocajuba, Cametá, Limoeiro do Ajuru e Igarapé Miri, às margens do rio Tocantins a jusante da Barragem de Tucuruí.

## 2 MATERIAIS E MÉTODO

A BHTA é alongada no sentido sul-norte, com 1.800 km entre as latitudes 01° 47' S e 18° 03' S, e largura de 1.000 km entre longitudes de 45° 41' W e 55° 24' W. O rio escoar de sul para norte. Os rios Tocantins e Araguaia convergem na parte norte da bacia (Figura 1). A área de drenagem com exutório na Baía de Marajó é de 767.000 km<sup>2</sup>, ou 9% do território Brasileiro, uma das maiores bacias hidrográficas da América do Sul (AQUINO et al., 2009).

As cabeceiras da bacia do rio Tocantins estão no Planalto de Goiás, numa altitude de 1.000 m, formada pelos rios das Almas e Maranhão. O Baixo Tocantins se inicia na confluência com o rio Araguaia, na tríplice fronteira dos estados Tocantins, Maranhão e Pará, por uma extensão de 2.400 km. A declividade na nascente do rio é acentuada com altitudes acima de 600 m nas regiões sul da Bacia do Paraná, parte dos Estados nordeste do Goiás e sudeste do Tocantins. Na região entre os Estados do Tocantins e Goiás se encontram as maiores altitudes da BHTA (1.691 m) com extensos topos planos em chapadas, onde há forte erosão de solos (AQUINO et al., 2008; MORAIS et al., 2008; CABACINHA et al., 2010).

**Figura 1** – Bacia hidrográfica do Baixo Tocantins (esquerda), a jusante da barragem de Tucuruí e a bacia do rio Tocantins (direita). Latitudes, longitudes, principais cursos de água, contornos geográficos estão indicados

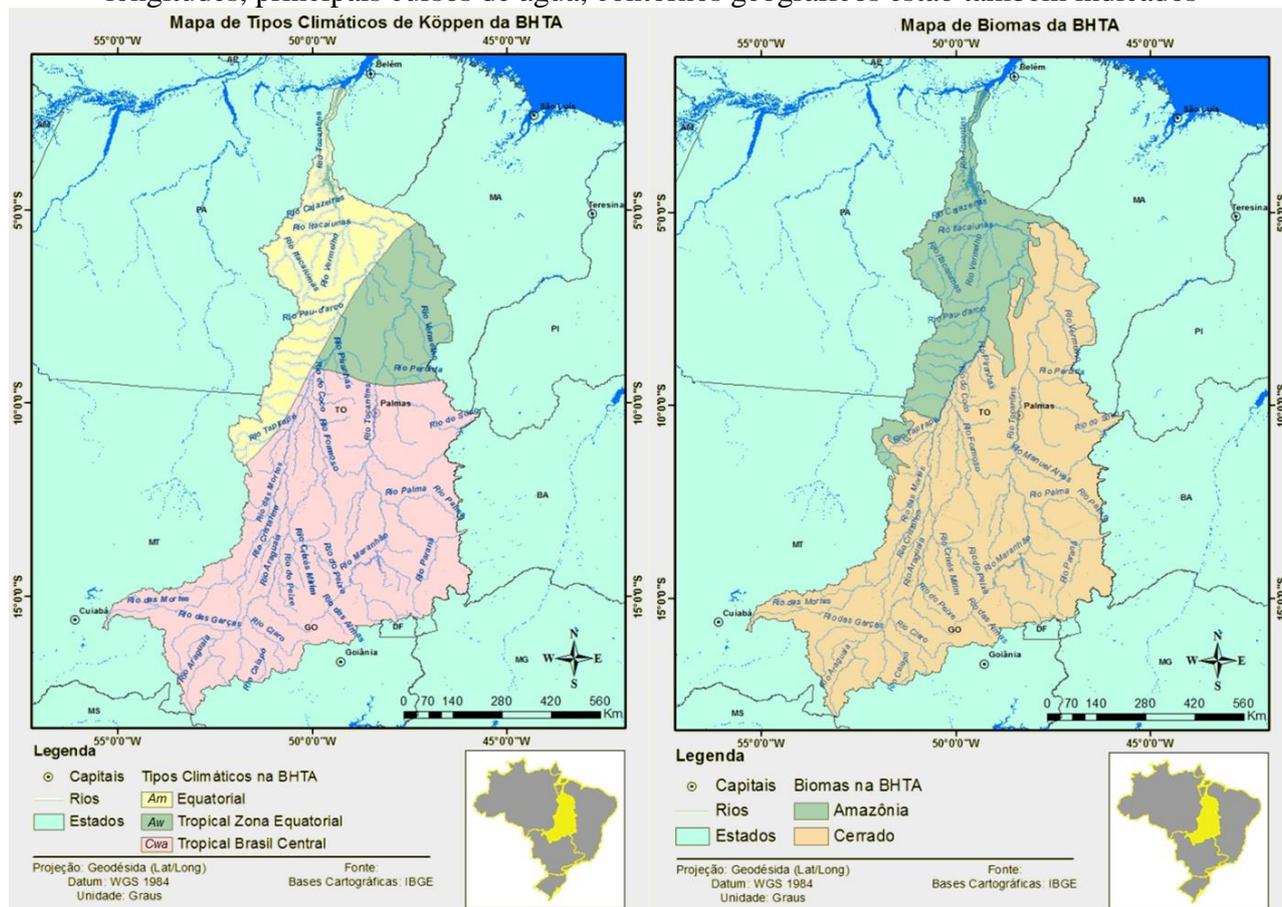


Fonte: Organizado pelos autores (2015).

Segundo a classificação climática de Köppen, a região é do tipo *Cwa* (Figura 2), de clima temperado úmido com inverno seco e verão quente, precipitação anual de 1.500 mm, com período seco entre abril e setembro, e temperatura média de 21 °C. Nas áreas de transição entre as depressões, os planaltos e serras com altitudes entre 400 e 300 m o tipo é *Aw*, clima tropical com estação seca no inverno, precipitação anual de 1.700 mm, temperaturas médias entre 24 e 26 °C e estiagem entre junho e agosto, com chuva menor que 10 mm (OLIVEIRA FILHO et al., 2001; JIMÉNEZ; COLLISCHONN, 2015).

Na área de transição entre bioma Cerrado e bioma Amazônico, as altitudes variam entre 300 m e 100 m e concentra o trecho de maior o potencial hidroenergético da BHTA. O Baixo Tocantins apresenta altitudes menores que 100 m, mais ao norte na BHTA. A partir da confluência com o rio Araguaia, recebe pela margem esquerda o rio Itacaiúnas, onde está o bioma Amazônico (Figura 2). Esta região agrega a sub-bacia do rio Cajazeiras e a bacia do Baixo Tocantins, além da barragem da usina hidrelétrica de Tucuruí. Esta região tem clima tipo *Am*, clima megatérmico, com precipitação anual de 1.900 mm no Submédio Tocantins e 2.500 mm no Baixo Tocantins, com período de estiagem entre julho e setembro, e precipitação mensal menor que 50 mm nas duas regiões e temperatura média de 26 °C (ANA, 2009; LOUREIRO; FERNANDES, 2013).

**Figura 2** – Classificação climática de Köppen (esquerda) e biomas (direita) da BHTA. Latitudes, longitudes, principais cursos de água, contornos geográficos estão também indicados



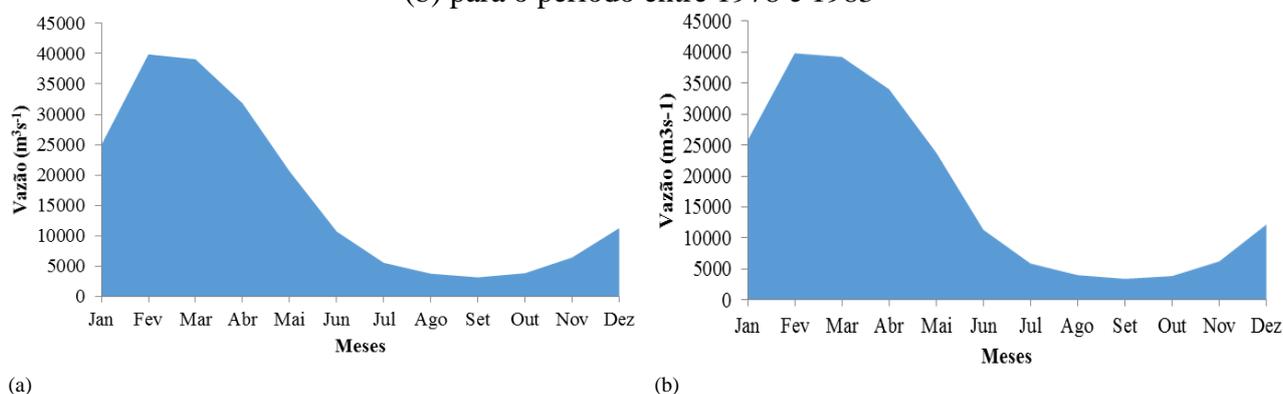
Fonte: Organizado pelos autores (2015).

A Figura 3 mostra médias mensais de vazão obtidas das estações fluviométricas de Itupiranga (Fig.3a) e de Tucuruí (Fig.3b) para o período anterior ao enchimento do reservatório. Nota-se um acentuado ciclo anual de vazões.

O regime de vazões é modulado pela precipitação gerada na Zona de Convergência Intertropical – ZCIT (RIBEIRO et al., 2014). Esta passa sobre a bacia nos meses de outubro a março

cujos ventos alísios de nordeste advectam umidade da massa Equatorial Continental (*mEc*) do Hemisfério Norte onde há maior evaporação de água do Oceano Atlântico entre dezembro e fevereiro. Nos demais meses, o efeito da *mEc* se limita ao Noroeste da Amazônia. Assim, os sistemas precipitantes se deslocam na direção norte-sul, o que resulta em um ciclo anual de vazões mínima e máxima marcante, comum nos ambientes amazônicos (MANYARI; CARVALHO JUNIOR, 2007; LOUREIRO; FERNANDES, 2013).

**Figura 3** – Vazões médias mensais estimadas com a Estação de Itupiranga (a) e Estação de Tucuruí (b) para o período entre 1978 e 1983



**Fonte:** Elaborado pelos autores (2015).

As estações fluviométricas de Marabá e de Itupiranga possuem séries de vazões com treze e sete anos antes do início do enchimento do reservatório, respectivamente. A estação fluviométrica de Tucuruí é a única à jusante da usina com séries de vazão com seis anos de dados antes do enchimento do reservatório. A foz do rio Tocantins não possui série de medições de vazão.

A vazão sólida (sedimentos) e líquida (água) é controlada pela bacia de drenagem num dado segmento de rio. Assim, os mais importantes parâmetros na determinação da estabilidade de um sistema fluvial são a vazão líquida e sedimentar. Represas retêm sedimentos, liberam água, determinam a operação de usinas e modificam o regime hidrológico natural da bacia hidrográfica, com mudanças na magnitude, frequência e duração de vazões. Portanto, há efeitos causados por reservatórios, mas há fatores que geram um único padrão de descarga e a operação do reservatório (NOVO, 2008). O potencial da BHTA tem sido utilizado para o desenvolvimento de usinas hidroelétricas (Figura 4) desde a década de 80, com um potencial inventariado de 24 GW dos quais 13 GW (Tabela 1) são empreendimentos em operação (MOREIRA, 2012).

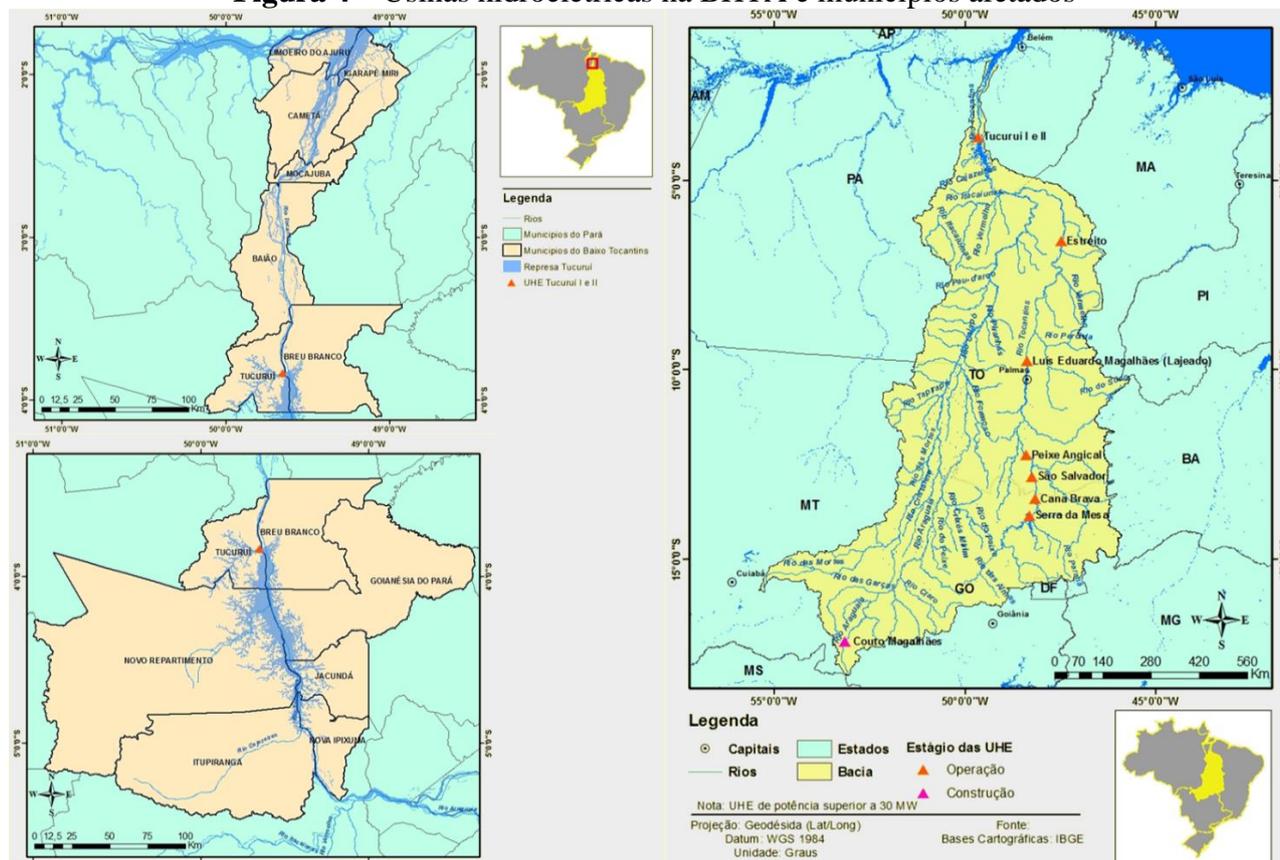
**Tabela 1** – Usinas hidroelétricas (UHE) em operação e em construção na BHTA

UHE	Estágio	Inauguração	Potência Instalada [MW]	Área de Inundação [Km <sup>2</sup> ]	Rios	Estados
Serra da Mesa	Operação	1998	1.275	1.784	Tocantins	GO
Cana Brava	Operação	2002	450	139	Tocantins	GO
São Salvador	Operação	2009	243	104	Tocantins	TO
Peixe Angical	Operação	2006	452	294	Tocantins	TO
Luís Eduardo Magalhães (Lajeado)	Operação	2001	902,5	1.040	Tocantins	TO
Estreito	Operação	2012	1.087	590	Tocantins	MA TO
Tucuruí I e II	Operação	1984	8.370	3.014	Tocantins	PA
<b>TOTAL</b>			<b>12.779,5</b>	<b>6.965</b>		
Couto Magalhães	Construção		150	9	Araguaia	MT GO

**Fonte:** International Rivers et al. (2009). **Org.:** Pelos autores.

As bacias do rio Tocantins e Araguaia detêm 84% e 16% do potencial hidroenergético da BHTA para geração de energia, respectivamente (ANA, 2009). Há sete grandes usinas com potência superior a 30 MW em operação na bacia do rio Tocantins, e uma em fase de construção na bacia do rio Araguaia. A relação entre área inundada e potência instalada dos reservatórios na BHTA é de 0,54, próximo à média nacional de 0,52. Os reservatórios inundam uma área total de 7 mil km<sup>2</sup>, com Tucuruí (3 mil km<sup>2</sup>) e Serra da Mesa (1.8 mil km<sup>2</sup>) os de maior área inundada (MME; EPE, 2007; INTERNATIONAL RIVERS et al., 2009).

**Figura 4** – Usinas hidroelétricas na BHTA e municípios afetados



Fonte: Organizado pelos autores (2015).

Fearnside (2001) indica que as estimativas de área do reservatório de Tucuruí são necessárias, como a das demais represas amazônicas, com áreas inundadas maiores que as calculadas pelos planos de estudo, que fundamentam as decisões sobre a construção de barragens. Sete municípios são afetados pelo reservatório da UHE Tucuruí, todos no estado do Pará (Figura 4): Tucuruí, Breu Branco, Goianésia do Pará, Itupiranga, Jacundá, Nova Ipixuna e Novo Repartimento.

Os usos múltiplos relacionados ao aproveitamento energético da BHTA forma discriminados em consumptivos (abastecimento humano, animal (dessedentação), industrial, irrigação) e não consumptivos (hidrelétricas, navegação), de acordo com Tucci et al. (2000). A seguir, definiu-se critérios a partir dos interesses associados (LAWRENCE et al., 2005) onde objetivos econômicos e sociais são não totalmente conflitantes e integralmente conectados (PORTER; KRAMER, 2002). Os conflitos são devidos à distribuição de externalidades, com impactos nas quantitativas e qualitativas das águas e, de acesso e uso dos recursos hídricos (ACSELRAD, 2004).

Utilizaram-se os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (População estimada para 2015; PIB *per capita*, por setor econômico e municipal ano 2012); do Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento – SNIS; da Agência Nacional de Águas – ANA; do Programa das

Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD (Índice de Desenvolvimento Humano Municipal - IDHM; Índice de Gini); e da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL (2014).

A área de estudo abrangeu os municípios do Baixo Tocantins a partir da barragem da UHE de Tucuruí, (de montante para jusante): Breu Branco, Tucuruí, Baião, Mocajuba, Cametá, Limoeiro do Ajuru e Igarapé Miri. Os dados de volume de água na região são limitados, mas pode-se considerar que a demanda hídrica (PAZ et al., 2000; TUNDISI, 2003; BARROS; AMIN, 2008; WAUGHROY, 2011) é função da prosperidade econômica e valor econômico agregado a um dado setor:

- Consumo de água médio *per capita* (l/hab. dia) (SNIS, 2013);
- PIB do setor de serviços (IBGE, 2012a);
- PIB do setor agropecuário (IBGE, 2012a);
- Evolução do rebanho bovino (IBGE, 2012b);
- Produção da aquicultura (IBGE, 2013);
- PIB do setor industrial (IBGE, 2012a);
- PIB municipal da navegação (IBGE, 2012a).

Os dados acima foram normalizados (0-1) pelo total da variável. A análise de componentes principais (ACP) (CURI, 1993; LEITE et al., 2009) foi utilizada para avaliar-se as relações entre as variáveis para definir padrões. Estes foram relacionados ao aproveitamento hidrelétrico a partir da UHE de Tucuruí por meio da matriz de correlação, que permite obter o grau de relação entre variáveis e os máximos e mínimos (BOLLMANN; MARQUES, 2000).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Características condicionantes dos indicadores de usos múltiplos

A análise dos usos múltiplos das águas é realizada para os municípios a jusante da barragem de Tucuruí, onde se consideram aspectos quanto ao abastecimento de água para consumo humano e animal; captação de água para uso na agricultura e na indústria; navegação e aproveitamento energético. As Tabelas 2 e 3 resumem as principais características associadas, segundo os municípios envolvidos.

A Figura 5 apresenta o resultado da matriz de correlação obtida, onde foram separados 2 grupos de análise, um com os usos consumptivos (Figura 5a), que inclui a área municipal inserida na bacia, excluída do segundo grupo por já está associada a compensação financeira pela área alagada; e outro com os usos não consumptivos e as variáveis socioeconômicas (Figura 5b). A população estimada foi adotada como variável comum.

**Tabela 2 – Variáveis associadas a aspectos socioeconômicos**

Interface socioeconômica	Breu Branco	Tucuruí	Baião	Mocajuba	Cametá	Limoeiro do Ajuru	Igarapé Miri
População estimada (2015) <sup>1</sup>	61.222	107.189	43.757	29.398	130.868	27.368	60.343
PIB per capita (R\$) <sup>2</sup>	8.399,31	27.045,27	3.955,07	4.500,14	3.679,41	4.911,08	3.706,99
IDHM <sup>3</sup>	0,568	0,666	0,578	0,575	0,577	0,541	0,547
Gini <sup>3</sup>	0,5358	0,5833	0,5428	0,5921	0,5810	0,5793	0,5343

Fonte: <sup>1</sup>IBGE (2015); <sup>2</sup>IBGE (2012a); <sup>3</sup>PNUD (2010). Org.: Pelos autores.

**Tabela 3** – Variáveis associadas aos usos múltiplos das águas

Usos múltiplos	Breu Branco	Tucuruí	Baião	Mocajuba	Cametá	Limoeiro do Ajuru	Igarapé Miri
Abastecimento de água para consumo humano							
Índice de atendimento de água – rede pública (%) <sup>1</sup>	6,66	96	59,2	38,05	37,53	56,03	11,84
Consumo médio <i>per capita</i> de água (l/hab.dia) <sup>1</sup>	94,80	379,80	99,20	82,70	384,80	79,51	119,74
Setor de serviços - PIB (R\$ 1.000,00) <sup>2</sup>	171.729,42	516.519,83	95.982,07	72.393,33	304.740,66	65.946,94	147.546,31
Captação de água para uso na agricultura							
Agropecuário - PIB (R\$ 1.000,00) <sup>2</sup>	33.405,52	28.841,96	43.415,55	15.451,83	53.679,15	28.533,78	22.441,73
Captação de água para consumo animal							
Evolução do rebanho bovino (cabeças) <sup>3</sup>	140.792,00	56.541,00	63.241,00	2.145,00	450,00	17,00	1.143,00
Produção da aquicultura (R\$ 1.000,00) <sup>4</sup>	383	1.105	-	-	-	-	-
Captação de água para uso na indústria							
Indústria - PIB (R\$ 1.000,00) <sup>2</sup>	360.008,33	1.970.708,28	15.225,76	10.561,03	43.270,39	8.981,88	22.256,41
Navegação							
PIB - município (R\$ 1.000,00) <sup>2</sup>	466.338	2.722.132	155.288	124.501	457.759	126.932	218.356
Aproveitamento energético							
Área inundada (km <sup>2</sup> /%) <sup>5</sup>	238,33/6,78	621,62/17,69	-	-	-	-	-
Compensação Financeira (R\$) <sup>6</sup>	5.384.947,43	14.045.193,73	-	-	-	-	-

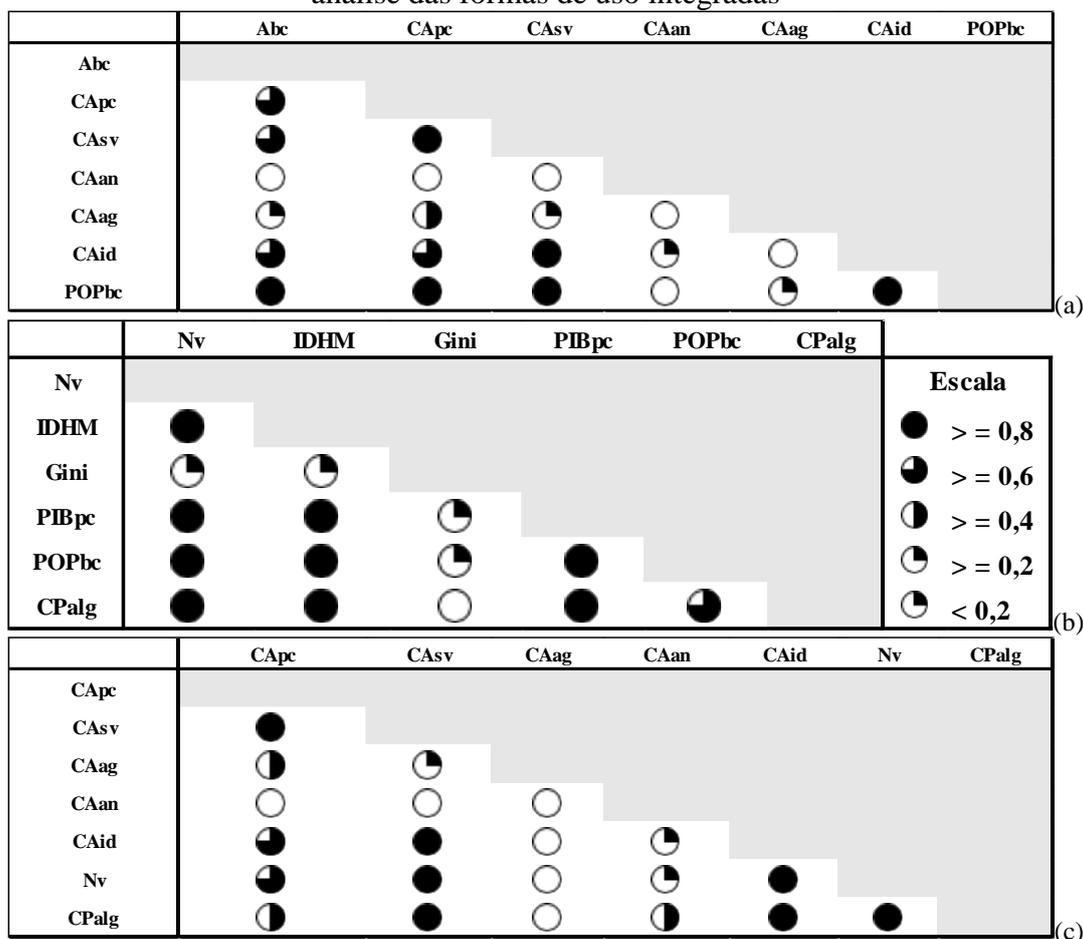
**Fonte:** <sup>1</sup>SNIS (2013); <sup>2</sup>IBGE (2012a); <sup>3</sup>IBGE (2012b); <sup>4</sup>IBGE (2013); <sup>5</sup>Queiroz e Motta-Veiga (2012); <sup>6</sup>ANEEL (2014).

**Org.:** Pelos autores.

A matriz de correlação das variáveis de consumo de água indicou o maior grau de influência em (Figura 5a): consumo de água pelo setor de serviços e o consumo médio *per capita* de água. As menores correlações foram as das categorias consumo de água na agricultura e animal. A área municipal inserida na bacia apresentou uma boa correlação com as demais variáveis. A mesma matriz aplicada as variáveis socioeconômicas (Figura 5b) indicou maior grau de influência para o potencial de navegação, IDHM e PIB *per capita*; o Índice de Gini representa a menor correlação obtida. A população estimada para os municípios da bacia teve uma boa correlação nas duas matrizes.

Verifica-se que o consumo de água no setor de serviços e o potencial de navegação se destacam quando observadas as formas de uso integradas (Figura 5c), seguido do aproveitamento energético e uso industrial. O menor peso novamente ficou com o setor agrícola e de criação de animais.

**Figura 5** – Matriz de correlação: (a) entre as variáveis de usos consumptivos, população e área municipal; (b) entre as variáveis de usos não consumptivos e variáveis socioeconômicas e; (c) análise das formas de uso integradas



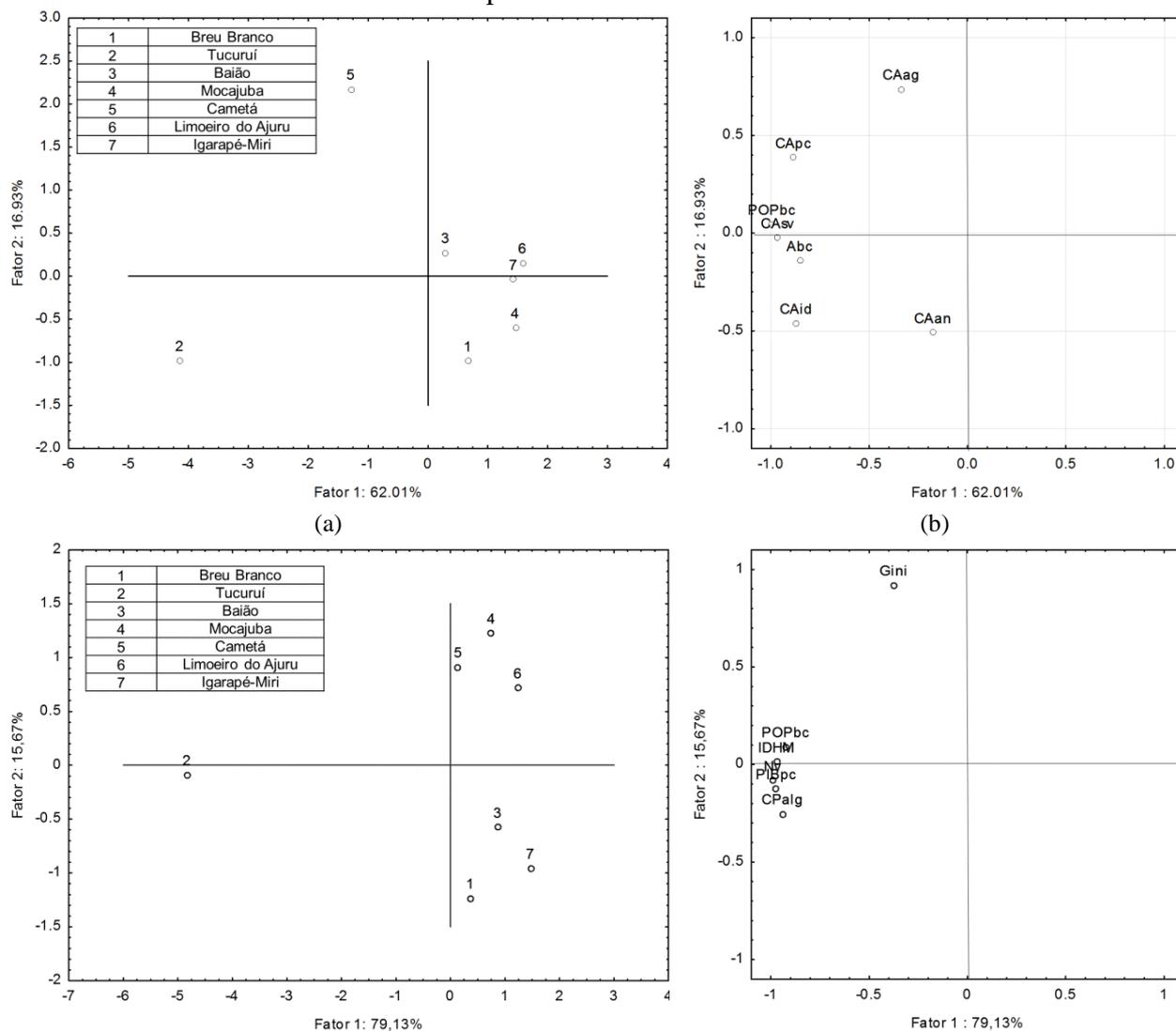
Abc: área municipal inserida na bacia, CApc: consumo médio per capita de água, CAsv: consumo de água - setor de serviços, CAag: consumo de água - setor agropecuário, CAan: consumo de água - criação de animais, CAid: consumo de água - indústria, POPbc: população estimada para 2015, Nv: potencial de navegação, IDHM, Gini, PIBpc: PIB per capita e CPalg: compensação financeira pela área alagada.

**Fonte:** Elaborado pelos autores (2015).

A avaliação pela ACP (Figura 6a) mostrou correlações entre os municípios de: Breu Branco-Mocajuba-Igarapé Miri; Baião-Limoeiro do Ajuru; isolando Tucuruí e Cametá. Observou-se a formação de dois agrupamentos quanto aos usos (Figura 6b), um relativo ao consumo de água na agricultura, humano *per capita* e ao setor de serviços; outro associado à indústria e criação de animais, com a população estimada para os municípios da bacia vinculada ao primeiro grupo e a área municipal inserida na bacia ao segundo.

O uso das águas analisado em conjunto com os indicadores socioeconômicos (Figura 6c) demonstrou comportamento similar entre Cametá-Mocajuba-Limoeiro do Ajuru e Breu Branco-Baião-Igarapé Miri; isolando Tucuruí. E separou o PIB *per capita* e os usos não consumptivos (navegação e geração de energia) do IDHM, Índice de Gini e da população estimada do município na bacia (Figura 6d).

**Figura 6** – ACP aplicada a relação: (a) e (b) entre os municípios e as variáveis de usos consumptivos, população e área municipal; (c) e (d) entre os municípios e as variáveis de usos não consumptivos e socioeconômicas



Abc: área municipal inserida na bacia, CApc: consumo médio per capita de água, CASv: consumo de água - setor de serviços, CAag: consumo de água - setor agropecuário, CAan: consumo de água - criação de animais, CAid: consumo de água – indústria, POPbc: população estimada para 2015, Nv: potencial de navegação, IDHM, Gini, PIBpc: PIB per capita e CPalg: compensação financeira pela área alagada.

**Fonte:** Elaborado pelos autores (2015).

### 3.2 Avaliação de tendência de conflitos na região do Baixo Tocantins

O impacto da UHE de Tucuuruí foi confirmado no município de Tucuuruí que se diferencia de forma significativa dos demais; esse desequilíbrio pode ser observado por meio de seus indicadores. Foi possível constatar três tendências locais: a separação de Tucuuruí dos demais municípios da região, a relação dos recursos oriundos do setor de serviços com o consumo médio *per capita* de água e boa correlação que a navegação teve (observando que neste caso o indicador foi o PIB municipal) com a compensação financeira pela área alagada nos municípios de Tucuuruí e Breu Branco.

O IDHM e o Índice de Gini apresentaram correlações diferenciadas com as demais variáveis. Isto representa uma desagregação dos componentes destes índices (longevidade, educação e renda, para o IDH; e a concentração de renda, no Índice de Gini). Comparando-se o IDHM de todos os

municípios do Pará, Tucuruí está na 11ª posição, enquanto que Baião, Cametá, Mocajuba, Breu Branco, Igarapé-Miri e Limoeiro do Ajuru se encontram, respectivamente, em 77°, 79°, 81°, 108° e 114° lugares. Em relação ao Índice de Gini os valores tendem a ser próximos de 1 (maior desigualdade de renda), o que coloca na mesma condição Mocajuba e Tucuruí (43ª e 58ª posições).

O regime natural da bacia indica que a mesma tem boa oferta hídrica, com chuvas para os recursos hídricos da região. Logo, a análise sobre os indicadores basicamente financeiros demonstra que se o potencial existe, mas é distinto para todos. Numa primeira análise, com enfoque no setor de navegação, observa-se que o rio Tocantins, como escoadouro principal da produção, teve uma relação mais forte com a indústria e com o setor de serviços, que fazem o uso mais recorrente das Eclusas de Tucuruí. Esta teve o tráfego normal de embarcações liberado em 01/07/2011, onde o sistema de transposição inclui duas eclusas: uma a montante da barragem e outra a jusante, de retorno à calha do rio Tocantins, com um canal intermediário, com 5.580 m de extensão e 32,5 m de profundidade, permitindo a navegação de embarcações com calado máximo de 4,5 m, possibilitando a passagem de 40 milhões de toneladas de cargas por ano (DNIT; ELETROBRAS, 2011).

Fearnside (2015) comenta a adoção das hidrovias como alternativa de transporte e sua dinâmica quando associada a cursos d'água com ocorrência de barragens. Na bacia do rio Tocantins, e em especial no período pós a construção da barragem, o transporte fluvial é um importante uso não consumptivo e dadas as correlações obtidas, os produtores e indústrias que atuam nos municípios envolvidos fazem bastante emprego deste recurso (JURAS et al., 2004; ALMEIDA, 2010).

A OECD (2015) destaca que segundo a Lei N° 9.433 de 1997 (Política Nacional de Recursos Hídricos) as outorgas devem respeitar as prioridades de uso da água, definido no âmbito dos comitês de bacias, bem como o múltiplo uso da água, o enquadramento de corpos de água e os requisitos para a navegação. Soito et al. (2011) abordam um outro contexto a partir da relação da barragem/navegação, onde a formação da área alagada gera um contingente populacional que vai migrar ao longo do rio gerando: fomento a assentamentos irregulares e desorganizados; intensificação de extração de madeira predatória; perda de zonas de pesca a jusante da barragem e reassentamento em áreas impróprias para a agricultura.

A baixa expressividade dos indicadores relativos à agricultura e a criação de animais, pode ter relação com o parâmetro de área do município inserida na bacia ou com a menor expressividade destas atividades na área pós a construção da barragem, porém existe um fator relevante, que é a falta de informações quantitativas sobre o consumo (volume) de água por este setor, sua interface com a criação de peixes (piscicultura) e com a pesca direta. Os dados de produção de peixes são contabilizados nas áreas portuárias (principalmente de Belém), o que dificulta uma correta estimativa local deste setor. Zacarkim et al. (2015) comentam que a região Norte é responsável por 55,7% da produção de peixes de água doce, onde os principais produtores são os estados do Amazonas e do Pará; além de concentrar uma grande percentagem (~ 40%) de pescadores artesanais em especial nos estados do Pará e Tocantins.

Mérona et al. (2010) indicam que as atividades pesqueiras à jusante de Tucuruí sofreram alterações, onde houve uma ampla diminuição da captura por esforço de pesca, confirmando a queda do volume dos estoques de peixes; em resposta, a pressão de pesca sofreu deslocamento em direção do trecho mais próximo a barragem, onde as comunidades de peixes se mantiveram relativamente estáveis, e ao reservatório da usina.

Souza et al. (2012) afirmam que nos municípios componentes pós a construção da barragem existem cerca de 472 estabelecimentos que empregam a irrigação com uma área irrigada de 2988 ha, onde Cametá apresenta 1240 ha. Analisando-se o uso da água na agricultura e na criação de animais segundo a lógica da pegada hídrica (MEKONNEN; HOEKSTRA, 2012), onde a “*azul*” reflete o consumo dos recursos hídricos de superfície e águas subterrâneas; a “*verde*” refere-se ao consumo de água da chuva; e a “*cinza*” ao volume de água doce que é necessário para assimilar uma dada carga de poluentes. É avaliar que estas três formas existem associadas aos municípios do Baixo Tocantins, porém de forma não contabilizada.

Rost et al. (2008) afirmam que o consumo de água “azul” e “verde” na agricultura irrigada é influenciado pelos efeitos das mudanças de cobertura do solo, logo seu impacto hidrológico deve contabilizar as modificações decorrentes nas taxas de evapotranspiração e escoamento superficial; indicando que na região do Baixo Tocantins devem ser contabilizados os resultados integrados do percentual de área convertido em: área alagada, área irrigada e área destinada a piscicultura ou dessedentação animal (com formação de lagos); de forma a avaliar o quanto o balanço hídrico local pode sofrer alterações, em especial quanto as taxas de evaporação e escoamento, e geração da pegada “cinza”.

Quanto ao abastecimento humano, não se observou uma influência com a compensação financeira pela geração da área alagada. A Organização Mundial da Saúde (OMS) estabelece o consumo mínimo *per capita* de 100 l/dia, o que seria o suficiente para uma pessoa saciar a sede, ter uma higiene adequada e preparar os alimentos (WHO, 2000). O observado nos municípios do Baixo Tocantins, após a construção da barragem, é um baixo índice de atendimento de água pela rede pública, que leva a formas alternativas de abastecimento, principalmente usando poços (água subterrânea); e a um consumo médio *per capita* de água superior em Tucuruí, Cametá e Igarapé Miri ao definido pela OMS.

Barros e Amin (2008) afirmam que é preciso estabelecer uma nova forma de pensar e agir, mudando hábitos, usos e costumes, com base no uso sustentável da água, tratando a água como uma prioridade social e ambiental, por ser um insumo essencial à vida e a qualquer atividade produtiva. Calijuri et al. (2009) e Queiroz e Motta-Veiga (2012) destacam que em relação à área de influência da UHE Tucuruí, a incidência de pobreza é a mais alta nos municípios a jusante da barragem (> 40%), a exceção de Tucuruí; nas ilhas do lago de Tucuruí a água é retirada diretamente do lago para consumo humano e o abastecimento de água da maior parte da população provém de poços com armazenamento em caixas d'água, aumentando o risco da proliferação de dengue.

O quadro resultante nos municípios do Baixo Tocantins, após a construção da barragem, indica que os conflitos pelo uso da água ocorrem em situações de não atendimento a exigências e/ou demandas da sociedade ou de grupos de usuários inerentes ao aproveitamento e/ou controle dos recursos hídricos (BRAGA et al., 2015), ou seja, faltam ações que melhor ajustem os padrões de governabilidade (institucional) e de governança, visando estabelecer uma relação alternativa entre o nível governamental e as demandas sociais e gerir os diferentes interesses existentes (CAMPOS; FRACALANZA, 2010).

## 7 CONCLUSÕES

A avaliação dos potenciais conflitos na região do Baixo Tocantins com base em informações de usos consuntivos ou não dos recursos hídricos, foram correlacionadas com variáveis vinculadas aos diferentes tipos de uso da água e indicadores socioeconômicos. Verificou-se a influência da UHE Tucuruí na região. A sistemática adotada buscou ordenar as variáveis de modo a melhor quantificar os efeitos e as relações entre estas.

Há significativo desequilíbrio dos indicadores do município de Tucuruí com os demais do Baixo Tocantins, e que o rio Tocantins atua como principal escoadouro da produção local, tendo a navegação uma forte correlação com a indústria e com o setor de serviços, beneficiados diretamente com a construção das eclusas. A implantação da área alagada pela UHE Tucuruí e barramento associado interferiu no potencial de aproveitamento dos recursos hídricos locais, gerando uma demanda diferenciada por município, tendo como o reflexo a desigualdade social no uso das águas.

Portanto, há necessidade da atuação dos comitês de bacia hidrográfica na melhoria na gestão das águas, para o cumprimento dos objetivos dos planos estratégicos das bacias e Objetivos do Milênio. Entre eles, contribuir para aumento do saneamento, proporcionando melhores condições de vida para população, visto que as condições do saneamento básico refletem diretamente na saúde e o bem-estar da população. Essa ação poderia minimizar as diferenças socioeconômicas observadas.

Para tanto, sugere-se a integração das políticas de recursos hídricos com as de uso e ocupação de solo; priorização do saneamento ambiental voltado para as populações não atendidas, com prioridade ao uso social e ambiental da água; e melhor a repartição das rendas recebidas. Deste modo, contribuir para a maior equidade e justo acolhimento das demandas sociais e melhorias das condições socioeconômicas da região do Baixo Tocantins.

## REFERÊNCIAS

ACSELRAD, H. (Org.). **Conflitos ambientais no Brasil**. Rio de Janeiro: Relume Dumará/Fundação Heinrich Böll, 2004, 294 p.

ALMEIDA, R. Amazônia, Pará e o mundo das águas do Baixo Tocantins. **Estudos Avançados**, v. 24, n. 68, 2010, p. 291-298.

ANA - Agência Nacional de Águas. **Plano estratégico de recursos hídricos da bacia hidrográfica dos rios Tocantins e Araguaia**: Relatório síntese. Brasília: ANA/SPR, 2009, 256p.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Totais Distribuídos Compensação Financeira e Royalties**, 2014. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/cmpf/gerencial/>>. Acesso em: 02 set. de 2015.

AQUINO, S.; LATRUBESSE, E. M.; FILHO, E. E. Relações entre o regime hidrológico e os ecossistemas aquáticos da planície aluvial do rio Araguaia. **Acta Scientiarum**, Biological Sciences, v. 30, n. 4, p. 361-369, 2008.

AQUINO, S.; LATRUBESSE, E.; FILHO, E. E. Caracterização hidrológica e geomorfológica dos afluentes da bacia do rio Araguaia. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 10, n. 1, p. 43-54, 2009.

BARROS, F. G. N.; AMIN, M. N. Água: um bem econômico de valor para o Brasil e o mundo. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 4, n. 1, p. 75-108, 2008.

BERMANN, C. O projeto da Usina Hidrelétrica Belo Monte: a autocracia energética como paradigma. **Novos Cadernos NAEA**, v. 15, n. 1, p. 5-23, 2012.

BLANCO, C. J. C.; SECRETAN, Y.; MESQUITA, A. L. A. Decision support system for micro-hydro power plants in the Amazon region under a sustainable development perspective. **Energy for Sustainable Development**, v. 12, n. 3, p. 25-33, 2008.

BOLLMANN, H. A.; MARQUES, D. M. Bases para a estruturação de indicadores de qualidade de águas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 5, n. 1, p. 37-60, 2000.

BRAGA, B.; REBOUÇAS, A. C.; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil**: Capital Ecológico, Uso e Conservação. São Paulo: Escrituras, 2015, 732p.

CABACINHA, C. D.; CASTRO, S. S.; GONÇALVES, D. A. Análise da estrutura da paisagem da alta bacia do rio Araguaia na savana brasileira. **Revista Floresta**, v. 40, n. 4, p. 675-690, 2010.

CALIJURI, M. L.; SANTIAGO, F. A.; CAMARGO, A. R.; MOREIRA NETO, F. R. Estudo de indicadores de saúde ambiental e de saneamento em cidade do Norte do Brasil. **Eng. Sanitária e Ambiental**, v. 14, n. 1, p. 19-28, 2009.

CAMPOS, V. N. O.; FRACALANZA, A. P. Governança das águas no Brasil: conflitos pela apropriação da água e a busca da integração como consenso. **Ambiente & Sociedade**, v. 13, n. 2, p. 365-382, 2010.

COELHO, M. C.; MIRANDA, E.; WANDERLEY, L. J.; GARCIA, T. C. Questão energética na Amazônia: disputa em torno de um novo padrão de desenvolvimento econômico e social. **Novos Cadernos NAEA**, v. 13, n. 2, p. 83-102, 2010.

COUDREAU, H. **Voyage au Tocantins-Araguaya**: 31 decembre 1896 - 23 mai 1897. Paris: A. Lahure, Imprimeur-Éditeur, 1897, 298 p.

CURI, P. R. Agrupamento de países segundo indicadores de padrão de vida. **Revista de Saúde Pública**, v. 27, n. 2, p. 127-134, 1993.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes; ELETROBRAS - Centrais Elétricas Brasileiras S.A. **Normas de tráfego nas eclusas da hidrovia do Tocantins**. Tucuruí: DNIT/ELETROBRAS, 2011, 34p.

FEARNSIDE, F. Amazon dams and waterways: Brazil's Tapajo's Basin plans. **Ambio**, Royal Swedish Academy of Sciences, v. 44, p. 426-439, 2015.

FEARNSIDE, P. M. Environmental impacts of Brazil's Tucuruí Dam: Unlearned lessons for hydroelectric development in Amazonia. **Environmental Management**, v. 27, n. 3, p. 377-396, 2001.

GALVÃO, J.; BERMANN, C. Crise hídrica e energia: conflitos no uso múltiplo das águas. **Estudos Avançados**, v. 29, n. 84, p. 43-68, 2015.

GOLDEMBERG, J.; COELHO, S. T.; REI, F. Brazilian energy matrix and sustainable development. **Energy for Sustainable Development**, v. 6, n. 4, p. 55-59, 2002.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produto Interno Bruto dos Municípios**, 2012a. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pib-munic/tabelas>>. Acesso em: 02 set. de 2015.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Pecuária Municipal**, 2012b. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3939>>. Acesso em: 02 set. de 2015.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Pecuária Municipal**, 2013. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3940>>. Acesso em: 02 set. de 2015.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estimativas de População**, 2015. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6579>>. Acesso em: 02 set. de 2015.

INTERNATIONAL RIVERS et al.; Fundación Proteger; ECOA. **Dams in Amazônia**. Disponível em: <<http://www.dams-info.org/>>. 2009. Acesso: maio de 2015.

JIMÉNEZ, K. Q.; COLLISCHONN, W. Método de combinação de dados de precipitação estimados por satélite e medidos em pluviômetros para a modelagem hidrológica. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 20, n. 1, p. 202-217, 2015.

JURAS, A. A.; CINTRA, I. H. A.; LUDOVINO, R. M. R. A pesca na área de influência da Usina Hidrelétrica de Tucuruí, estado do Pará. **Boletim Técnico-Científico do CEPNOR**, v. 4, n. 1, p. 77-88, 2004.

LAWRENCE, A. T.; WEBER, J.; POST, J. E. **Business and society: stakeholders, ethics, public policy**. Nova Iorque: McGraw-Hill/Irwin, 2005, 592p.

LEITE, G. B.; BRIGATTE, H.; AGUILAR, E. B. Análise multivariada de indicadores socioeconômicos dos países do G-20. **Revista de Economia Mackenzie**, v. 7, n. 1, p. 125-147, 2009.

LIMA, N. V. Uma brasileira médica: o Brasil Central na expedição científica de Arthur Neiva e Belisário Penna e na viagem ao Tocantins de Julio Paternostro. **História, Ciências, Saúde-Manguinhos**, v. 16, p. 229-248, 2009.

LOUREIRO, G. E.; FERNANDES, L. L. Variação da precipitação por método de interpolação geoestatística. **Ambi-Agua**, v. 8, n. 2, p. 77-87, 2013.

MANYARI, W. V.; CARVALHO JUNIOR, O. A. Environmental considerations in energy planning for the Amazon region: Downstream effects of dams. **Energy Policy**, v. 35, p. 6526-6534, 2007.

MEKONNEN, M. M.; HOEKSTRA, A. Y. A global assessment of the water footprint of farm animal products. **Ecosystems**, v. 15, p. 401-415, 2012.

MÉRONA, B.; JURAS, A. A.; SANTOS, G. M.; CINTRA, I. H. A. **Os peixes e a pesca no baixo Rio Tocantins: vinte anos depois da UHE Tucuruí**. Brasília: ELETROBRÁS, 2010, 208 p.

MME - Ministério de Minas e Energia; EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Nacional de Energia 2030**. Brasília: MME/EPE, 2007, 210p.

MORAIS, R. P.; AQUINO, S.; LATRUBESSE, E. M. Controles hidrogeomorfológicos nas unidades vegetacionais da planície aluvial do rio Araguaia, Brasil. **Acta Scientiarum**, Biological Sciences, v. 30, n. 4, p. 411-421, 2008.

MOREIRA, P. F. (Org.). **Setor Elétrico Brasileiro e a Sustentabilidade no Século 21: Oportunidades e Desafios**. Brasília: Rios Internacionais, 2012, 100 p.

NOVO, E. M. L. Ambientes Fluviais. In: FLORENZANO, T. G. (Org.). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, p. 219-246, 2008.

OECD - Organization for Economic Co-operation and Development. **Governança dos Recursos Hídricos no Brasil**. Paris: OECD Publishing, 2015, 304p.

OLIVEIRA FILHO, J. C.; PINTO, E. S.; SABOYA, L. M. F.; PERON, A. J.; CAETANO, G. F. Caracterização do regime pluviométrico da região do projeto Rio Formoso na bacia do Araguaia, TO, Brasil. **Acta Amazônica**, v. 31, n. 2, p. 221-226, 2001.

PAZ, V. P. S.; TEODORO, R. E. F.; MENDONÇA, F. C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 3, p. 465-473, 2000.

PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. **Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil**, 2010. Disponível em: <<http://www.atlasbrasil.org.br/2013/>>. Acesso em: 02 set. de 2015.

PORTER, M. E.; KRAMER, M. R. The competitive advantage of corporate philanthropy. **Harvard Business Review**, v. 80, n. 12, p. 56-68, 2002.

POST, S.; GERTEN, D.; BONDEAU, A.; LUCHT, W.; ROHWER, J.; SCHAPHOFF, S. Agricultural green and blue water consumption and its influence on the global water system. **Water Resources Research**, v. 44, W09405, 2008.

POTTMAIER, D.; MELO, C. R.; SARTOR, M. N.; KUESTER, S.; AMADIO, T. M.; FERNANDES, C. A. H.; MARINHA, D.; ALARCON, O. E. The Brazilian energy matrix: From a materials science and engineering perspective. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 19, p. 678-691, 2013.

QUEIROZ, A. R. S.; MOTTA-VEIGA, M. Análise dos impactos sociais e à saúde de grandes empreendimentos hidrelétricos: lições para uma gestão energética sustentável. **Ciência e Saúde Coletiva**, v. 17, n. 6, p. 1387-1398, 2012.

RIBEIRO, R. E.; ÁVILA, P. R.; BRITO, J. I.; SANTOS, E. G.; SOUSA, L. F. Análise da tendência climática nas séries temporais de temperatura e precipitação de Tucuruí-Pará. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 07, n. 05, p. 798-807, 2014.

ROCHA, G. M.; GOMES, C. B. A construção da usina hidrelétrica e as transformações espaciais na região de Tucuruí. In: TRINDADE JR., S. C. C.; ROCHA, G. M. **Cidade e empresa na Amazônia: gestão do território e desenvolvimento local**. Belém: Paka-Tatu, 2002, 309p.

RODRIGUES, W.; NOGUEIRA, J. M.; CARVALHO, E. Mensuração dos impactos ambientais de empreendimentos hidroelétricos: o uso do método de valoração contingente. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 14, p. 39-45, 2009.

ROST, S.; GERTEN, D.; BONDEAU, A.; LUCHT, W.; ROHWER, J.; SCHAPHOFF, S. Agricultural green and blue consumption and its influence on the global water system. **Journal Article**. Water Resource Reserch. Vol. 44, Issue 9, 2008.

SIEBEN, A.; CLEPS JUNIOR, J. Política energética na Amazônia: a UHE Estreito e os camponeses tradicionais de Palmatuba/Babaçulândia (TO). **Sociedade e Natureza**, v. 24 n. 2, p. 183-196, 2012.

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **SNIS: Série Histórica**, 2013. Disponível em: <<http://app3.cidades.gov.br/serieHistorica/>>. Acesso em: 02 set. de 2015.

SOITO, J. L. S.; FREITAS, M. A. V. Amazon and the expansion of hydropower in Brazil: Vulnerability, impacts and possibilities for adaptation to global climate change. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, n. 6, p. 3165-3177, 2011.

SOUZA, A. C. C. Assessment and statistics of Brazilian hydroelectric power plants: Dam areas versus installed and firm power. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 12, n. 7, p. 1843-1863, 2008.

SOUZA, R. O. R. M.; PANTOJA, A. V.; AMARAL, M. A. C. M.; PEREIRA NETO, J. A. Cenário da agricultura irrigada no estado do Pará. **Irriga**, v. 17, n. 2, p. 177 - 188, 2012.

STERNBERG, R. Damming the river: a changing perspective on altering nature. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 10, n. 3, p. 165-197, 2006.

TANNUS, R. N.; ROCHA, H. R.; FREITAS, H. C.; CABRAL, O. M.; LIGO, M. V.; DIAS, M. A. F. S.; JUAREZ, R. N.; ROSOLEM, R. Medidas de fluxos de CO<sub>2</sub> em um cerrado sensu stricto no sudeste do Brasil. **Biota Neotropica**, v. 2, n. 1, p. 1-11, 2002.

TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I.; CORDEIRO F. O. **A gestão da água no Brasil**: uma primeira avaliação da situação atual e das perspectivas para 2025. Brasília: GWP, 2000, 165 p.

TUNDISI, J. G. **Água no século 21**: enfrentando a escassez. RIMA/IEE, 2003, 247p.

ZACARKIM, C. E.; PIANA, P. A.; BAUMGARTNER, G.; ARANHA, J. M. R. The panorama of artisanal fisheries of the Araguaia River, Brazil. **Fisheries Science**, v. 81, p. 409-416, 2015.

WAUGHRAY, D. **Water Security**: the water-food-energy-climate nexus. Washington DC: Island Press/World Economic Forum Water Initiative, EUA, 2011, 244p.

WHO - World Health Organization. **Tools for assessing the operation and maintenance status of water supply and sanitation in developing countries**. Document WHO/SDE/WSH/00.3, Geneva: World Health Organization/Water Supply and Sanitation Collaborative Council and Operation/Maintenance Network, 2000, 50p.

**Data de submissão:** 05.01.2016

**Data de aceite:** 27.03.2018

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.