



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

REGIME HIDROLÓGICO DO SISTEMA FLUVIAL TOCANTINS- ARAGUAIA NA REGIÃO DE MARABÁ-PA

Cleiton Sodré Guedes^(a), Fabrício Aníbal Corradini^(b), Carlos Alberto Araújo Campos^(c)

^(a) Pós-graduação em Dinâmicas Territoriais e Sociedade na Amazônia, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, sodreguedes@unifesspa.edu.br

^(b) Departamento de Geografia, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, fabricio.corradini@uftm.edu.br

^(c) Departamento de Geografia, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, carlos.alberto.campos@uftm.edu.br

Eixo: Dinâmica e gestão de bacias hidrográficas

Resumo

A bacia do rio Tocantins-Araguaia é formada por grandes sistemas fluviais tropicais, os rios Tocantins e Araguaia que drenam desde o planalto central do Brasil até a foz do rio Pará. Ambos fluem em direção norte abrangendo diversas províncias geológicas desde as áreas cratônicas, bacias sedimentares e derrames basálticos. Condições litológicas que favoreceram a construção da barragem da UHE Tucuruí formando um lago, cujo eixo de influência no regime hidrológico se estende por cerca de 175 km a montante. Investigar as alterações no regime hidrológico nos períodos de pré e pós-barragem foi o objetivo central deste trabalho. Funções matemáticas e cálculos estatísticos aplicados num conjunto de dados de cotas diárias de 1971 a 2014 obtidos da estação fluviométrica Marabá foram analisados. Observou as variáveis hidrológicas de frequência, periodicidade, a estacionariedade, permanência e o tempo de recorrência para os diferentes níveis morfo-hidrológicos o que revelaram alterações fortemente controláveis no pós-barragem.

Palavras chave: dinâmica hidrológica, Marabá Pioneira, Amazônia, Usina Tucuruí, sistema fluvial.

1. Introdução

Os rios têm grande valor paisagístico, cultural e econômico para aqueles que convivem às suas margens sob as dinâmicas fluviais. Talvez essa seja uma questão que tenha motivado diversos autores estudar sobre os sistemas fluviais, cujos temas de pesquisas têm sido direcionados, de forma sucinta, a compreender as relações morfométricas de bacias hidrográficas com sua dinâmica de funcionamento (Aquino *et al.*, 2009), as alterações no uso e



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ocupação do solo e seus impactos (Cardoso, 2011), estudos de comportamento morfohidráulico e hidrossedimentologia (Aquino *et al.*, 2005, Matta, 2000).

Quando grandes intervenções são realizadas nesses sistemas fluviais a tendência é a modificação do estado homeostático, provocando, assim, efeitos imediatos e de longo prazo em todo o ambiente natural. Como consequência, novos ajustes hidráulicos são restabelecidos no sistema fluvial, cujos impactos poderão ser observados em escala temporal de dezenas ou centenas de anos. É o caso do sistema fluvial Tocantins-Araguaia, em seu baixo curso na região da cidade de Marabá, PA.

Alterações nos fluxos naturais do sistema fluvial Tocantins-Araguaia é decorrente da construção da Usina Hidroelétrica de Tucuruí que dista cerca de 175 km a jusante da cidade de Marabá. Os efeitos de imediato e mais notórios na região podem ser observados nas áreas antes agricultáveis pela população ribeirinha e da zona rural e que posterior à barragem se tornaram solos hidromórficos. Outra alteração natural é no próprio canal que passou a sedimentar trechos antes com características erosivas e vice-versa.

Entretanto, o que mais intriga e motiva a desenvolver a pesquisa é o marco zero da cidade de Marabá, PA, denominado de Marabá Pioneira, onde deu origem a cidade, hoje, com idade centenária. A ocupação ocorreu das margens do rio Tocantins sentido as áreas altas o que formou os outros bairros dezenas de anos mais tarde. Esse movimento sobreveio após o adensamento urbano do bairro pioneiro, criando uma identidade própria com o local e de referência na busca por serviços e estabelecimentos comerciais pela própria população.

Interessante foi à forma como esse adensamento sucedeu, inicialmente nas magens, posterior, as áreas relativamente mais elevadas, algo entorno de 10 cm, contornando as áreas de baixios e de várzeas e por fim sendo essas também ocupadas. Trata-se o sítio urbano dessas áreas construídas em feições de origem fluvial que de antemão pode-se afirmar serem poucos estáveis. Planície de inundação, paleobarras longitudinais e de pontal, pelecocanais e áreas de várzeas são as geformas fluviais que predominam nessa localidade.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Ano a ano essas geoformas fluviais são reativadas com a variação da cota/vazão do sistema fluvial Tocantins-Araguaia em período de cheias o que resulta frequentemente no realocamento temporário dos moradores pela Defesa Civil do município. Barracos de lonas, banheiros químicos, ruas interditadas, água encanada provisória são alguns dos reflexos na sociedade mais visível, resguardando uma avaliação de ausência de saneamento básico e transmissão de doenças.

Empiricamente vem sendo observado que a realocação desses moradores as suas residências de origens tem-se permanecido num período maior de retorno, cuja hipótese é o maior tempo de permanência do nível da água em cotas elevadas no pós-barramento da Usina Hidroelétrica de Tucuruí. Desta forma, o proponente trabalho objetiva avaliar o regime hidrológico do sistema fluvial Tocantins-Araguaia no pré e pós-barramento e suas consequências no bairro Marabá Pioneira.

1.1. Características gerais da área estudada

O sistema fluvial Tocantins-Araguaia é caracterizado pela Agência Nacional das Águas (ANA) como Região hidrográfica Tocantins-Araguaia, com extensão de 757.000 km² e vazão média de 11.306 m³/s (ANA, 2002). Somente no estado do Pará ocupa 10,4% da área total, abrangendo parte dos municípios de Oeiras do Pará, Marabá, Itupiranga, Novo Repartimento, Nova Ipixuna, Jacundá, Bom Jesus do Tocantins, São João do Araguaia, São Domingos do Araguaia, Brejo Grande do Araguaia, São Geraldo do Araguaia, Eldorado dos Carajás, Piçarra, Curionópolis, Parauapebas, Sapucaia, Canaã do Carajás, Xinguara, Água Azul do Norte, Rio Maria, Floresta do Araguaia, Pau d'Arco, Redenção, Conceição do Araguaia, Santa Maria das Barreiras, Santana do Araguaia, Novo Repartimento, Breu Branco, Baião, Mocajuba, Igarapé-Miri e Cametá (PARÁ, 2005).

O município de Marabá, PA, foco desse estudo, está situada na porção sudeste do Estado do Pará, na Mesorregião Sudeste Paraense. De acordo com os dados do último Censo Demográfico (IBGE, 2010), o município possui 233.669 habitantes, sendo o quarto mais populoso do Estado, depois de Belém, Ananindeua e Santarém. Está situada na área de encontro



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

dos Rios Tocantins e Itacaiúnas, numa média de 125 m acima no nível no mar, e que por conta do regime natural de cheias e vazantes dos rios, acaba tendo parte do seu sítio urbano ocupado pelas águas durante os meses de chuvas mais significativas, no chamado inverno mais intenso. Este é um dos fatores que segundo Souza (2014), contribuiu para que a ocupação urbana ocorresse de forma descontínua e atualmente a cidade se apresente dividida em cinco núcleos urbanos: Nova Marabá, Cidade Nova, São Félix, Cidade Jardim e Marabá Pioneira, essa última, nosso objeto de investigação (Figura 1).

O Plano Diretor do município de 2006 define na Marabá Pioneira o limite de 82 m a cota de referência, sendo acima a área de segurança para construção por ser considerada livre de inundação. Abaixo dessa cota, em tese, é proibida a edificação (PMM, 2006). Porém, na prática não é o que ocorreu. Resulta de uma ocupação pioneira em sedimentos quaternários pouco consolidado em geoformas fluviais antigas sem considerar os diferentes níveis de inundação.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

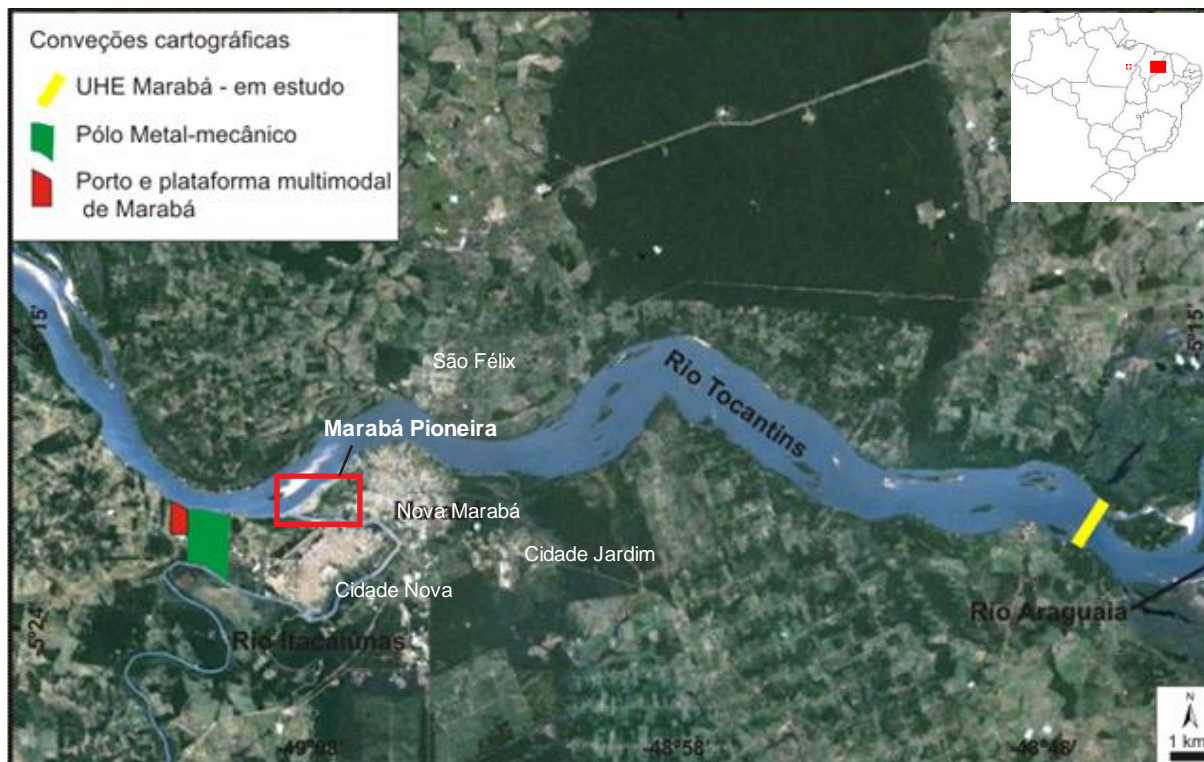


Figura 1: Trecho superior do baixo curso do sistema fluvial Tocantins-Araguaia, com destaque para as barras de canal e os empreendimentos a serem implantados no município de Marabá (PA). Destaque da área estudada em retângulo vermelho. Imagem DigitalGlobe - Google Earth de 16/09/2010.

2. Materiais e métodos

Uma compilação das referências bibliográficas tanto da área objeto de estudo como na área temática do projeto foram às primeiras etapas desenvolvidas. Esse material foram selecionados e organizados por eixos temáticos na área de sistemas fluviais, sendo cadastrados numa base de dados via EndNote Web. É um aplicativo de facilidades de acesso e de busca das referências bibliográficas por palavras chaves, contribuindo na construção de biblioteca virtual e compartilhamento com demais membros do Grupo GESTAÁGUA – Núcleo de Pesquisa em Gestão de Águas do Cerrado/CNPq.

A coleta dos dados de cota foi obtida a partir das estações fluviométricas instaladas no alto segmento do baixo curso do rio Tocantins, um trecho fluvial entre a foz do rio Araguaia até a cidade de Marabá. Duas estações fluviométricas foram identificadas com nome Fazenda São Tomé, de código 29030000, e a outra nomeada como Marabá de código 29050000, sendo a última considerada nesse



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

estudo por possuir série histórica completa que atenda os objetivos propostos. Dados sínteses da estação estão sumarizados na Tabela I.

Tabela I: Características gerais da estação fluviométrica Marabá. ANA: Agência Nacional das Águas; CPRM: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais.

Nome da estação	Localização	Código	Responsável	Operadora	Bacia hidrográfica	Série hidrológica
Marabá	5,337757°S; 49,122451°W	29050000	ANA	CPRM	Rio Tocantins	1971-2014

Os dados hidrológicos disponíveis são as séries históricas de vazões e cotas que contém medidas diárias do nível de superfície do rio, optando por discutir apenas os valores de cotas. Esses dados foram tabulados e validados na forma de banco de dados do tipo relacional com o auxílio dos softwares Access Office e Excel Office. No primeiro momento foram registrados os dados restritos às informações de inventário como código da bacia, nome dos rios e estações e no segundo os números que compõem as séries históricas com as medições diárias de cotas.

Periodicidade, estacionariedade, frequência, permanência e recorrência foram as variáveis de análise e caracterização do regime hidrológico com base nos dados da estação fluviométrica de Marabá. O entendimento dessas variáveis está descrito sucinto na Tabela II, podendo os conceitos ser consultados em Neiff e Poi de Neiff (2003). As funções estatísticas aplicadas foram baseadas nos métodos de Gupta e Campanha (2008), sendo aplicado de forma satisfatória por Stevaux *et al.* (2012).

Tabela II: Definição das variáveis hidrológicas e unidades de medidas.

Variáveis	Definição	Unidade
Periodicidade	Nível médio de repetição em intervalos de tempo regulares	Dias
Estacionariedade	Período de duração de uma fase (cheia ou seca)	Dias
Frequência	Número de ocorrência de um determinado nível	Série histórica
Permanência	Tempo de duração de um determinado nível	Dias
Tempo de recorrência	Intervalo de tempo médio para ocorrer ou exceder um determinado nível	Ano



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Na avaliação da série histórica, compreendido entre 01/10/1971 a 28/02/2014, definiu-se analisar em dois períodos com base no ano de fechamento total da barragem da UHE Tucuruí. Um anterior a 1984, denominado de pré-barragem, e outro posterior, nominado de pós-barragem, o que marca as alterações do regime de fluxo natural do sistema fluvial Tocantins-Araguaia na região de Marabá.

3. Resultados e discussão

A série histórica, avaliada nesse trabalho entre os anos de 1971 e 2014, contém 15.036 dados ininterruptos de cotas diárias aferidas na estação fluviométrica Marabá. Nesse período foi registrada a cota mínima de 0,76 m (vazão mínima 2.577,08 m³/s) em 1971 e a cota máxima de 17,41 m (vazão máxima 53.331,15 m³/s) em 1980. Essas informações correspondem à época da variabilidade natural dos fluxos de vazões/cotas, sem interferência da barragem de UHE Tucuruí. Posterior ao fechamento total da barragem em 1984 é possível verificar uma alteração fortemente modificada nos fluxos, registrando nesse período a cota mínima de 1,64 m em 1998 e a cota máxima de 14,40 m em 1990 (Figura 2).

É observável na série histórica a regulamentação dos fluxos a partir do período de pós-barragem, até então, controlado pelas suas variáveis ambientais naturalmente. As cotas dos picos de cheias tiveram um achatamento em seu perfil gráfico quando comparados com o período de pré-barragem. Na prática significa que os picos de menor magnitude/intensidade se tornaram mais frequentes, porém aumentou a sua permanência. Situação semelhante também é verificada na linha gráfica das cotas de picos de mínimas. Tornaram-se menos agudas e mais achatadas, evidenciando que os níveis mais baixos deixaram de ocorrer com tanta frequência (Figura 2).

A distribuição de frequência com os valores de cotas nos períodos de pré e pós-barragem revelou uma variação de 0,30 m acima do nível natural. No pré-barragem verificou que a cota ficou estacionada na maior parte do tempo a 2,20 m em relação ao zero da régua (69,90 m de altitude) da estação fluviométrica Marabá. No pós-barragem inicia um regulamento dos fluxos



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

naturais e passa a atingir outra cota, a de 2,50 m (Figura 3). Essas informações por si só já explicam as transformações nos meios abióticos com o surgimento de solos hidromórficos em áreas sob influência do sistema fluvial Tocantins-Araguaia, cujos impactos afetaram nos meios produtivos da população ribeirinha e da zona rural.

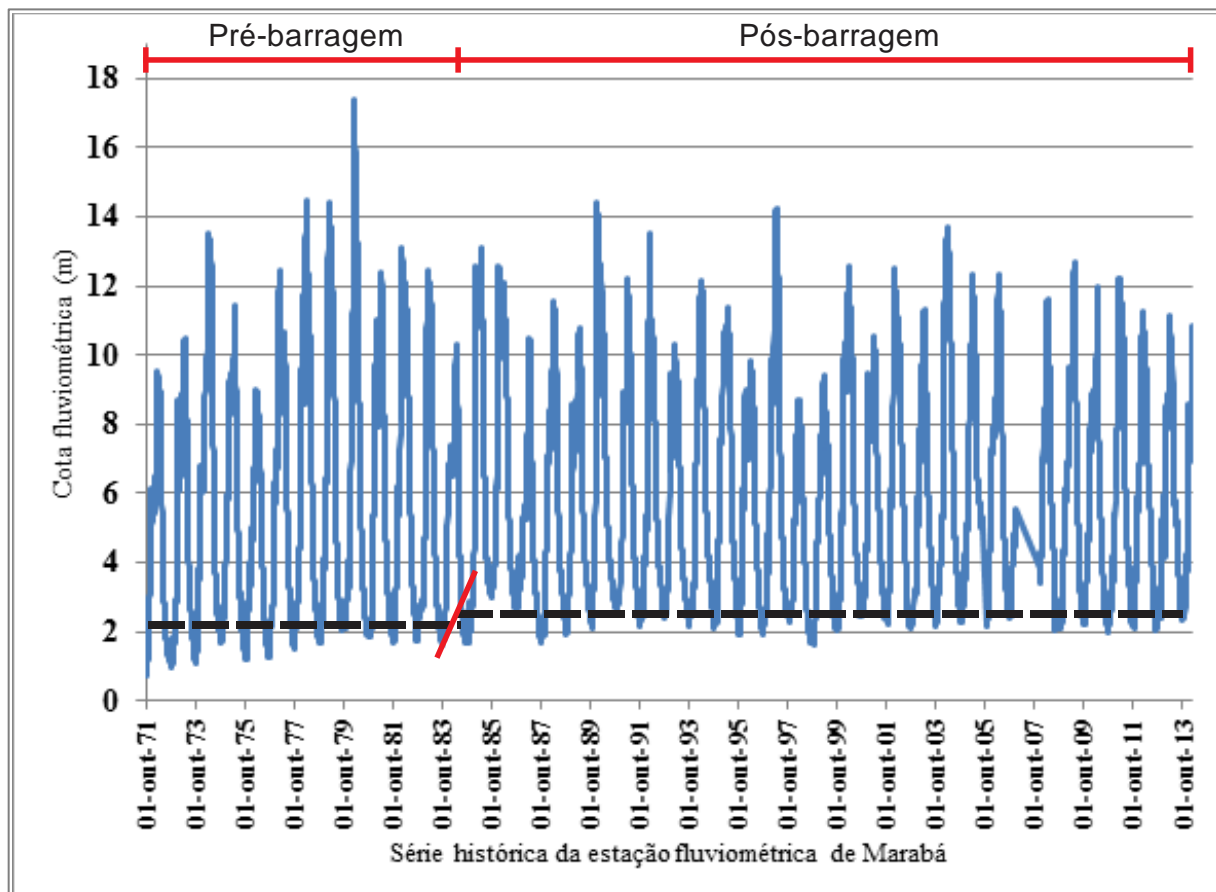


Figura 2: Série hidrológica histórica em cotas diárias da estação fluviométrica de Marabá no sistema fluvial Tocantins-Araguaia. Linha tracejada em preto refere-se à distribuição de frequência nos períodos de pré-barragem e de pós-barragem da UHE Tucuruí.

Com referência a esses valores é que se busca compreender a dinâmica de inundação na Velha Marabá porque são entendidos como níveis “morfo-hidrológicos”, fundamental para avançar na cartografia de inundação, cujos estudos já avançam sobre essa temática pelos



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

autores. As observações em campo permitiram avaliar que existe conectividade horizontal com fluxos do freático e as áreas de baixios. Bastante peculiar porque são raras as inundações por transbordamento do canal para além das margens plenas, sendo comuns os pontos de alagamentos com o afloramento desses fluxos. Por isso, reforçamos a necessidade de estabelecer níveis “morfo-hidrológicos” de análise a partir do nível de água mais frequente obtido na curva de distribuição de frequência da série histórica.

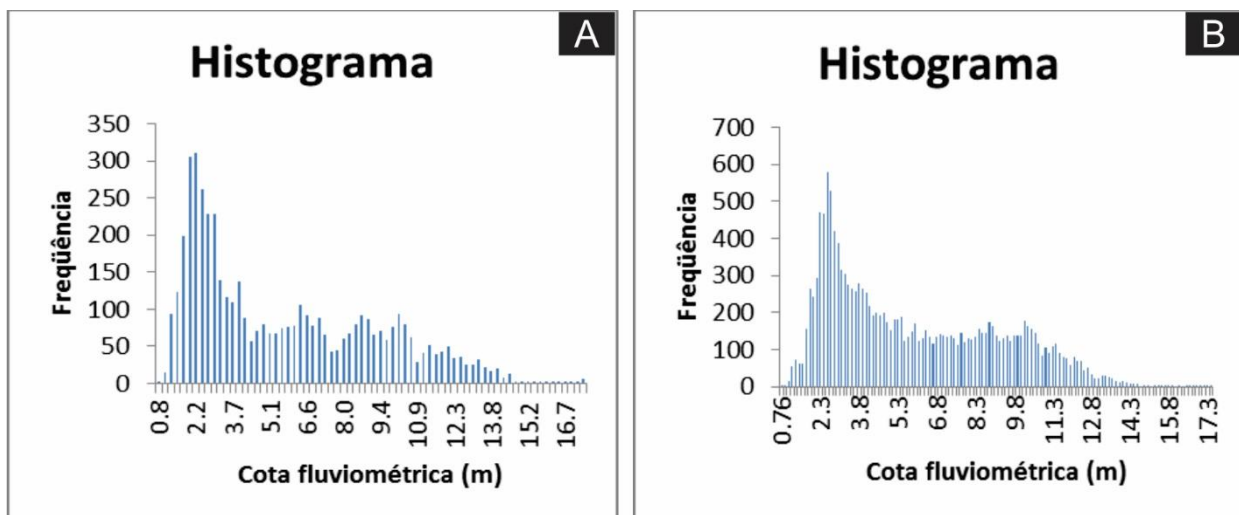


Figura 3: Distribuição de frequência de valores de cota fluviométrica. Em (A) período de pré-barragem e (B) período de pós-barragem da Usina Hidroelétrica de Tucuruí. Dados da estação fluviométrica de Marabá.

Na análise estatística dos valores das cotas morfo-hidrológicas permitiu avaliar que mesmo com o aumento do nível do rio, a periodicidade reduziu em 99 dias quando comparado com o período de pré-barragem. Ainda, a permanência desses fluxos quando alcançados as cotas duravam cerca de 329 dias e posterior a pós-barragem passaram a durar menos, redução de 27 dias. Por outro lado, a frequência da cota posterior ao fechamento da barragem tornou mais ordinário registrando 82 vezes, antes 54 no pré-barragem (Tabela III).

Uma variável hidrológica bastante importante para se avaliar é o tempo de recorrência de um determinado nível. Condiz com a probabilidade de ocorrer novamente ou ultrapassá-lo



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

numa série histórica. A menor cota morfo-hidrológica de 2,20 m possui tempo de retorno ao menos uma vez por ano, enquanto no pós-barragem, a cota de 2,50 m é alcançada uma vez a cada quase dois anos (Tabela III).

Tabela III: Valores das cotas morfo-hidrológicas antes e posterior ao fechamento total da barragem UHE Tucuruí.

	Pré-barragem	Pós-barragem
Nível de referência (NR)	2,20 m	2,50 m
Frequência	54	82
Periodicidade	250,5 dias	151,46
Estacionariedade	13.527 dias acima do NR	12.419 dias acima do NR
	1.509 dias abaixo do NR	2.617 dias abaixo do NR
Permanência	328,36 dias	301,48
Tempo de recorrência	1,31 ano	1,99 ano

4. Considerações finais

Os resultados ainda que preliminares e demonstrado ao longo do trabalho evidenciam um controle de regulamento nos fluxos com o fechamento total da barragem UHE Tucuruí em 1984. Os picos de cheias máximas e de mínimas deixaram de ocorrer naturalmente e tornaram-se menores e com maiores durações. Em consequência, as variáveis hidrológicas assumem outros valores quanto ao aspecto de frequência, periodicidade, estacionariedade, permanência e tempo de recorrência.

As cotas morfo-hidrológicas introduzidas inicialmente nessa etapa do trabalho é um primeiro passo para se avançar não só no entendimento do regime hidrológico de sistemas fluviais, mas na abordagem de questões sociais voltados aos mapeamentos de inundação e análise ecossistêmica. O método aplicado é um bom exemplo para definir as cotas morfo-hidrológicas e acreditamos que os resultados obtidos vão além de uma análise estatística.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Também permite avançar na compreensão do comportamento imposto pelo controle de barragem e as respostas ao longo do tempo em relação à diversidade e densidade nas áreas de influência do sistema fluvial.

Constata-se a necessidade de ampliar os estudos e pesquisas qualitativas de cunho integrado com intuito de subsidiar as tomadas de decisões efetivas de gestão da Bacia hidrográfica do baixo curso do sistema fluvial Tocantins-Araguaia, mais precisamente nos municípios de Marabá, Itupiranga e Nova Ipixuna, territórios municipais impactados diretamente pelos projetos futuros a serem empreendidos regionalmente.

5. Referências Bibliográficas

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **A evolução da gestão dos recursos hídricos no Brasil**. Brasília – DF: ANA, 2002.

AQUINO, S.; STEVAUX, J. C.; LATRUBESSE, E. M. Regime hidrológico e aspectos do comportamento morfométrico do rio Araguaia. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. Ano 6, n.2, p.29-41, 2005.

AQUINO, S.; LATRUBESSE, E.M.; SOUZA-FILHO, E.E. Caracterização hidrológica e geomorfológica dos afluentes da bacia do rio Araguaia. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. V. 10, nº 1, p. 43-54, 2009.

CARDOSO, M.R.D.; MARCUZZO, F.F.N. Estudo da morfologia areal da bacia do rio Araguaia utilizando MDE ASTER. **Revista Eletrônica Georaguaia**. V1, n.2, ago/dez, p.69-76, 2011.

GUPTA, H.M.; CAMPANHA, J.R. The **Exponentially Truncated q-distribution: A Generalized Distribution for Real Complex Systems**, arXiv:08007.0563v1 [cond-mat.strat-mech], 2008. pp. 1 e 22.

MATTA, M.A.S. Águas superficiais e subterrâneas da bacia Tocantins-Araguaia como subsídio para um estudo de impacto ambiental. In: **Anais do Primeiro Joint World Congresso on Groundwater**. Fortaleza, CE, v 1. p. 1-17, 2000..



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

NEIFF, J.J.; POI DE NEIFF, A.S.G. **Connectivity processes as a basis for the management of aquatic plants.** In: Thomaz, S.M., Bini, L.M. (Eds.), *Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas*. Editora UEM, Brazil, 2003. pp. 39 e 58.

PARÁ. **Política dos recursos hídricos do Estado do Pará.** Secretária de Ciência e tecnologia (SECTAM), Belém-PA, 2005.

PREFEITURA MUNICIPAL DE MARABÁ (PMM). Lei 17.213 de 09 de outubro de 2006. Institui o Plano Diretor Participativo do Município de Marabá, cria o Conselho Gestor do Plano Diretor e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.maraba.pa.gov.br>>. Acesso em 10 jan. 2019.

SOUZA, M.V.M. **O Projeto Alpa e a produção do espaço urbano em Marabá (PA): a cidade mercaria e as desigualdades sócio espaciais.** Tese de doutorado: Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-graduação em Geografia, 2015.

STEVAUX, J.C.; CORRADINI, F.A.; AQUINO, S. Connectivity processes and riparian vegetation of the upper Paraná River, Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, 2012. doi:10.1016/j.jsames.2011.12.007.