

Análise multitemporal do sistema fluvial do rio Araguaia, Aruanã – Goiás, Brasil

Pâmela Camila Assis

da Universidade Federal de Goiás - Campus de Goiânia – Brasil
pamela.assis1994@gmail.com

Maximiliano Bayer

da Universidade Federal de Goiás - Campus de Goiânia – Brasil
maxibayer@yahoo.com.ar

Resumo: Este estudo teve como finalidade realizar uma análise multitemporal da evolução morfológica do sistema fluvial no trecho médio do Rio Araguaia, a montante da confluência com o Rio Vermelho, em Aruanã – Goiás, e analisar as principais mudanças dos processos de erosão e sedimentação, migração lateral e sedimentação no leito, nos anos de 1984, 2000, 2016 e 2018. Os dados dos elementos morfológicos, processos erosivos e sedimentares do canal foram obtidos através da segmentação de imagens e classificação não supervisionada (pixel a pixel) com o uso de imagens dos satélites Landsat 5 e Landsat 8, com resolução espacial de 30 metros, assim como inspeção visual, validação dos dados e correção dos polígonos. Foram coletadas imagens fotográficas e aéreas com VANT, que foram utilizadas como suporte na interpretação visual dos elementos morfológicos realizados no mapeamento. As interpretações indicam um incremento das áreas sedimentares, com um aumento de 89,8% de depósitos sedimentares entre os anos de 1984 (2,16 km²) a 2018 (4,10 km²), além das mudanças morfológicas na confluência e nas tipologias de barras arenosas, corroborando assim, a forte tendência de acúmulo de sedimentos nesse trecho do sistema fluvial, que caracterizam-se como resposta aos processos de uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio Araguaia nos últimos anos.

Palavras - chave: Erosão. Sedimentação. Geomorfologia fluvial. Transporte de sedimentos.

Introdução

O rio Araguaia nasce na Serra do Caiapó, próximo ao Parque Nacional das Emas, no sudoeste do Estado de Goiás, e percorre cerca de 2115 km, fazendo parte dos Estados de Goiás, Mato Grosso, Tocantins e Pará. A bacia hidrográfica desse rio compreende uma área de 383.999 km² (SOUZA, 2002) e tem a maior parte de sua bacia (81%) no Cerrado (IBGE, 2018), representando, portanto, uma das áreas primordiais para a conservação do Cerrado e os recursos hídricos no Brasil.

Nas últimas quatro décadas, grandes extensões da bacia vêm sendo objeto de um intenso processo de transformação, associado ao avanço da fronteira agrícola e as mudanças na forma de ocupação, cujas consequências sobre os recursos hídricos da bacia começam a ser motivo de preocupação para a sociedade. Em diferentes pesquisas

(CASTRO, 2005; BARBALHO, 2002; CASTRO *et al.*, 2004), ressalta-se a preocupação com a degradação dos recursos hídricos, em vários setores da alta bacia do Araguaia, atribuída, principalmente, ao desmatamento e ocupação das áreas de Cerrado, por empreendimentos agrícolas, particularmente na forma de grandes extensões contínuas ocupadas por monoculturas, principalmente cana-de-açúcar e soja.

Essas mudanças no uso e ocupação do solo, tais como desmatamento, agricultura, pastagem e urbanização, influenciam no escoamento superficial e na recarga de sedimentos, que atuam no fornecimento de energia e matéria para o sistema fluvial (BROOKES, 1996).

Além disso, vale destacar os numerosos trabalhos de pesquisa (LATRUBESSE *et al.*, 1999; BAYER, 2002; LATRUBESSE E STEVAUX, 2002; MORAIS, 2006; AQUINO *et al.*, 2008; LATRUBESSE *et al.*, 2009; BAYER, 2010; BAYER e ZANCOPE, 2014; ZANCOPE *et al.*, 2015), os quais evidenciam uma alteração significativa no volume de carga de sedimentos transportados pelo sistema fluvial do rio Araguaia, o que acelera a sedimentação em todo o curso médio do rio, representando, nas últimas décadas, uma das maiores áreas de armazenagem de sedimentos do Cerrado (BAYER, 2010).

Como consequência, houve, em toda a extensão da bacia hidrográfica, a intensificação do assoreamento dos canais, alteração da qualidade das águas e impactos negativos nos ecossistemas aquáticos e nos processos geomorfológicos e ecológicos da planície aluvial (MORAIS, 2006; LATRUBESSE ESTEVAUX, 2002). Inegavelmente, isso representa uma rápida resposta do sistema fluvial do rio Araguaia às mudanças acontecidas nas últimas décadas (LATRUBESSE *et al.*, 2009). Para o período 1965/1998, Latrubesse *et al.*, (2009) estimaram que a quantidade de sedimentos que ficaram efetivamente armazenados num trecho de 500 km foi de, aproximadamente, 233 milhões de toneladas. Em vista disso, pesquisas recentes apontam uma continuidade na tendência ao acúmulo de sedimentos no trecho médio do canal (BAYER; ZANCOPE, 2014).

Convém lembrar, ainda, que os rios aluviais, como é o trecho médio do rio Araguaia, possuem sua morfologia continuamente modificada, por meio da interação do fluxo e das condições de erodibilidade do canal, levando em conta a entrada, transporte e deposição dos sedimentos (KNIGHTON, 1998). De acordo com Brookes (1996), o escoamento superficial e a recarga de sedimentos que atuam no fornecimento de energia e matéria para o sistema fluvial podem variar, a depender das mudanças no uso do solo da terra, tais como desmatamento, agricultura, pastagem, urbanização e outras influências.

Em vista disso, devido a esse potencial de acúmulo de sedimentos e mudanças de uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do rio Araguaia, ao longo dos anos, assume-se a importância de estudos para o monitoramento de sua bacia hidrográfica, quanto a seus processos erosivos e deposicionais (LATRUBESSE *et al.*, 2009). Desse modo, reflete-se que a sedimentação dos canais fluviais engloba uma série de impactos ambientais e sociais, como a capacidade de navegação, turismo, aumento da turbidez e, conseqüentemente, do impacto negativo a riqueza de espécies da ictiofauna, perturbação física nas características hidráulicas, redução da profundidade do canal, alteração na largura do canal etc.

Assim, com as melhorias na qualidade da escala espacial, frequência de captura e resolução de imagens de sensoriamento remoto nas últimas décadas, é possível, atualmente, realizar uma nova abordagem para os estudos no que tange à geomorfologia fluvial. Nessa acepção, este trabalho apresenta o uso do sensoriamento remoto e softwares de SIG para análise multitemporal do sistema fluvial, com o intuito de identificar as principais mudanças dos elementos geomorfológicos no canal entre 1984 e 2018, que se resultaram, principalmente, dos processos de deposição e redistribuição de sedimentos, erosão, migração lateral e das alterações hidrológicas ao longo dos anos, num trecho médio do sistema fluvial do rio Araguaia.

Área de estudo

Latrubesse e Stevaux (2002) estabeleceram a divisão para o rio Araguaia utilizando critérios geomorfológicos, dividindo-o em três unidades: alto, médio e baixo Araguaia. O alto Araguaia – das nascentes até a cidade de Registro do Araguaia –, possui 450 km e uma área de drenagem de 36.400 Km². Por sua vez, o Médio Araguaia se estende por 1.160 km, desde Registro do Araguaia (GO) até Conceição do Araguaia (PA), com uma área de drenagem de 320.290 Km². Já o Baixo Araguaia se estende por 500 km, inicia-se a partir de Conceição do Araguaia (PA) e vai até a confluência com o rio Tocantins.

É importante salientar, dessa forma, que a área do rio Araguaia compreendida na pesquisa se insere dentro do trecho médio do sistema fluvial e compreende um trecho de 5 km próximo à confluência dos rios Araguaia e Vermelho (Figura 01), no município de Aruanã, Goiás. (7.496 hab. E 3.050,306 km² – IBGE, 2016).

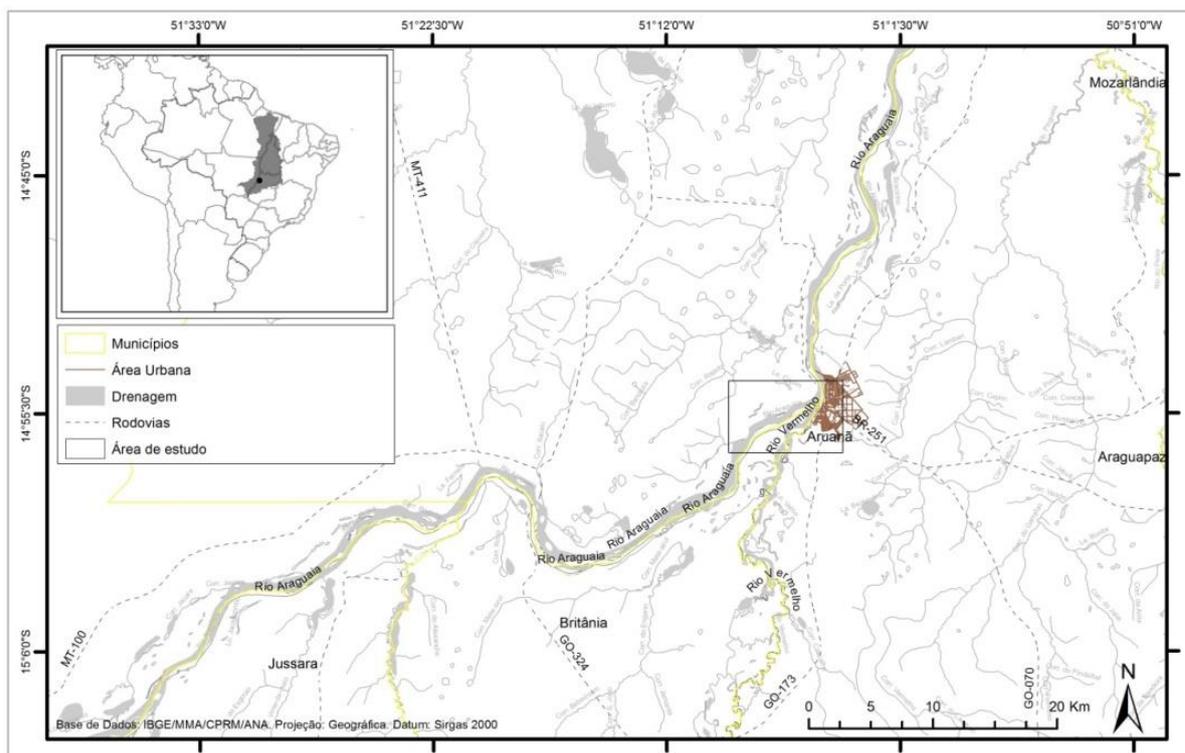


Figura 01 – Mapa de localização da área de estudo: confluência dos rios Araguaia e Vermelho. Aruanã/GO.

Fonte: elaborado pelos autores.

Nesse trecho, o canal do rio Araguaia apresenta uma largura entre 300 e 500 m, abrangendo um grande número de geofformas fluviais, dentre as quais se destacam importantes acumulações de sedimentos arenosos. Além disso, convém lembrar que as barras arenosas são formas com diversos graus de mobilidade, originadas da deposição de materiais que estavam em transporte e sua formação ocorre em locais onde a velocidade do fluxo é menor, seja junto às margens, em canais secundários ou no próprio canal principal (SANTOS *et al.*, 1992).

Esse trecho também compreende uma planície de inundação complexa e diversa, que constitui a maior área úmida do Cerrado (planície do Bananal, que se estende por mais de 100.000 km²) e do ecótono Cerrado-Amazonia, com a maior geodiversidade do bioma e com uma importante diversidade de peixes (aproximadamente 416 espécies), além da alta taxa de endemismos (DAGOSTA; PINNA, 2017).

Materiais e Métodos

Para atender às nossas pretensões metodológicas, foi adotado um trecho médio do rio Araguaia, de aproximadamente 5 km, compreendendo a confluência dos rios

Araguaia e Vermelho, onde foram desenvolvidas atividades interdisciplinares, que nos permitiram fazer uma análise multitemporal do sistema fluvial do Rio Araguaia, nos anos de 1984, 2000, 2016 e 2018. Em vista disso, realizamos tais ações com o propósito de avaliar e corroborar as tendências evolutivas mencionadas em pesquisas prévias.

O mapeamento da mudança morfológica e análise da dinâmica sedimentar foram elaborados, principalmente, através da classificação e interpretação de imagens de satélite, visto que a primeira etapa metodológica foi a escolha das imagens. (1): As imagens de satélites utilizadas foram escolhidas considerando as condições de pluviosidade do estado de Goiás, uma vez que, no período chuvoso, os depósitos sedimentares ficam submersos e não são visíveis, devido ao aumento da vazão e cota altimétrica. Assim, as imagens foram obtidas no período de estiagem, considerando, principalmente, os valores para a cota altimétrica e, em tempo posterior, os dados de vazões. A importância de se considerar a cota altimétrica como o principal critério para a escolha das imagens refere-se ao fato de, em imagens com valores próximos, os depósitos sedimentares serem mais equivalentes para análise e mais evidentes dentro do canal fluvial. Conseqüentemente, na classificação das imagens, isso possibilita um melhor mapeamento e interpretação dos dados.

Foram utilizadas imagens Landsat5 (29/09/1984 – 537, 808 m³/s), (11/10/00 – 497,931 m³/s) e Landsat 8 (17/06/2016 – 357,123 m³/s) e (09/07/2018 – 356,33m³/s), com resolução espacial de 30 metros, cedidas, gratuitamente, no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, com cotas altimétricas de 172, 172, 174 e 173 cm, respectivamente, Estação Fluviométrica de Aruanã (Código 25200000 - Latitude S 14° 54' 46.08" e Longitude W 51° 4' 53.04') - Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN) – Agência Nacional de Águas (ANA).

A segunda etapa se deu pela classificação supervisionada, pixel a pixel, das imagens e a fotointerpretação da imagem com composição colorida (Landsat 5 – 543 RGB) e (Landsat 8- 432 RGB). Essa etapa permite a classificação das imagens a partir de assinaturas espectrais (ou seja, valores de reflectância), obtidos a partir de amostras selecionadas, com o intuito de que os polígonos representem áreas de amostra distintas dos diferentes tipos de uso e cobertura da terra a serem classificadas. Nessa acepção, foram definidas as seguintes classes temáticas para o processamento: água, barras arenosas e vegetação.

Em seguida, com o produto da classificação das imagens, foram criados dados vetoriais (escala de 1:25.000), por meio da digitalização no ArcGis 10.3, a partir das seguintes

ferramentas:(ArcCatalog>New>Shapefile>Editor>Start>Editing>CreatFeatures>SaveEdits> Stop Editing).

De posse dos dados vetoriais, foi realizada a sobreposição de polígonos dos anos de análise (1984, 2000, 2016 e 2018) e, com diferença entre as áreas inicial e final, foi possível verificar quais as áreas sofreram erosão, quais áreas tiveram o processo de consolidação de sedimentos em forma de barra arenosa e/ou que foram, conseqüentemente, anexadas às margens dos canais através dos processos evolutivos.

O processamento foi realizado nos softwares ENVI e ArcGis 10.3, no qual foi possível analisar os dados obtidos e produzir os mapas do trabalho. Realizou-se, também, a aquisição de imagens fotográficas no trabalho de campo e bases vetoriais provenientes das plataformas do Sistema Estadual de Geoinformação de Goiás (SIEG), Ministério do Meio Ambiente (MMA), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Agência Nacional de Águas (ANA).

Foram obtidas fotografias aéreas através de Drone, com intuito de demonstrar a área de estudo, lançando mão, também, da plataforma aérea do tipo multi-rotor/quadróptero (marca/modelo DJI/Phantom4, equipado com uma câmera digital, padrão RGB, com 12,1 MP), capaz de obter imagens de alta resolução espacial (na casa centimétrica). Cabe salientar, além disso, que o vôo foi realizado a (~ 150 metros), no mês de julho, do ano de 2016. Fonte: Universidade Federal de Goiás/IESA/LAPIG (Programa de pesquisa Pro-Vant), com número de registro na ANAC (PP-000027847).

Os depósitos sedimentares (barras laterais, barras em pontal, barras centrais) são os principais elementos geomorfológicos avaliados nesta pesquisa e foram estabelecidas no canal como resultado da erosão/deposição e redistribuição de sedimentos, provocando a migração lateral e alterações no comportamento hidrodinâmico ao longo dos anos. As formações desses depósitos sedimentares estão associadas à diminuição da velocidade do fluxo hídrico, pois, ao entrarem em contato com as ilhas, diminuem a velocidade do fluxo principal e favorecem a deposição de sedimentos (SANTOS *et al.*, 1992).

As barras laterais desenvolvem-se junto às margens do canal, pois, nesse trecho, há uma menor velocidade de transporte de sedimentos pela ação fluvial, podendo estar associada à geomorfologia do canal (SANTOS *et al.*, 1992). Essas condições tendem a produzir talwegues sinuosos e, conseqüentemente, a deposição de sedimentos nas margens do canal (THORNE *et al.*, 1998). Há que se considerar, dessa maneira, que as barras centrais são depósitos sedimentares que se formam no centro dos canais principais

e as barras em pontal se desenvolvem nas margens convexas dos rios meândricos (SANTOS *et al.*, 1992).

Resultados e Discussão

Segundo Brookes (1996), as mudanças na descarga e na carga de sedimentos, dificilmente, produzem respostas imediatas no sistema fluvial, mas podem iniciar mudanças que, muito possivelmente, irão se estender ao longo do tempo, pois as intercalações de períodos de cheias e secas, nesse trecho, assumem grande importância nas estruturações das formas de leito. Isso ocorre devido ao fato de o período de cheia assumir um papel principal nas alterações das formas, visto que permite a movimentação das barras arenosas e proporciona uma rápida relocação do talvegue, e o período da seca acaba por representar o período no qual ocorre, com mais intensidade, os processos de deposição de sedimentos.

Dessa maneira, a morfologia e dinâmica sedimentar, nesse sistema fluvial, bem como o grau de estabilidade lateral, dependem, principalmente, das propriedades dos sedimentos transportados, tanto em termos de sua composição (textura, volume), como na arquitetura dos depósitos sedimentares. Assim, acabam por permitir a formação de depósitos com graus de coesão diferenciados, originando margens que podem ser mais ou menos estáveis.

Segundo Bayer (2002), a alta erodibilidade das margens mais baixas, mais arenosas e menos íngremes, favorecem os processos de migração lateral do canal, que têm como consequência o desenvolvimento da planície aluvial, comportando-se como um complexo mosaico de formas fluviais, com bancos de areia e ilhas frequentes no canal principal. Para além disso, os processos erosivos de migração lateral do canal principal atuam como instrumento de remoção das unidades da planície aluvial, remobilizando sedimentos e depositando-os no canal, o que acaba por contribuir para o estabelecimento de barras arenosas. Ao longo dos anos, essas barras podem evoluir, deslocarem-se lateralmente, consolidarem ou se anexarem às margens do canal.

Como resposta às intensas degradações das áreas de nascentes dos sistemas afluentes, há o aumento do volume de materiais arenosos, que são transportados e sedimentados em cada ciclo hidrológico, gerando formas de fundo móveis e que, ao longo dos anos, atuam modificando a morfologia do canal fluvial no trecho do rio Araguaia, ilustrado a seguir. (Figura 02).

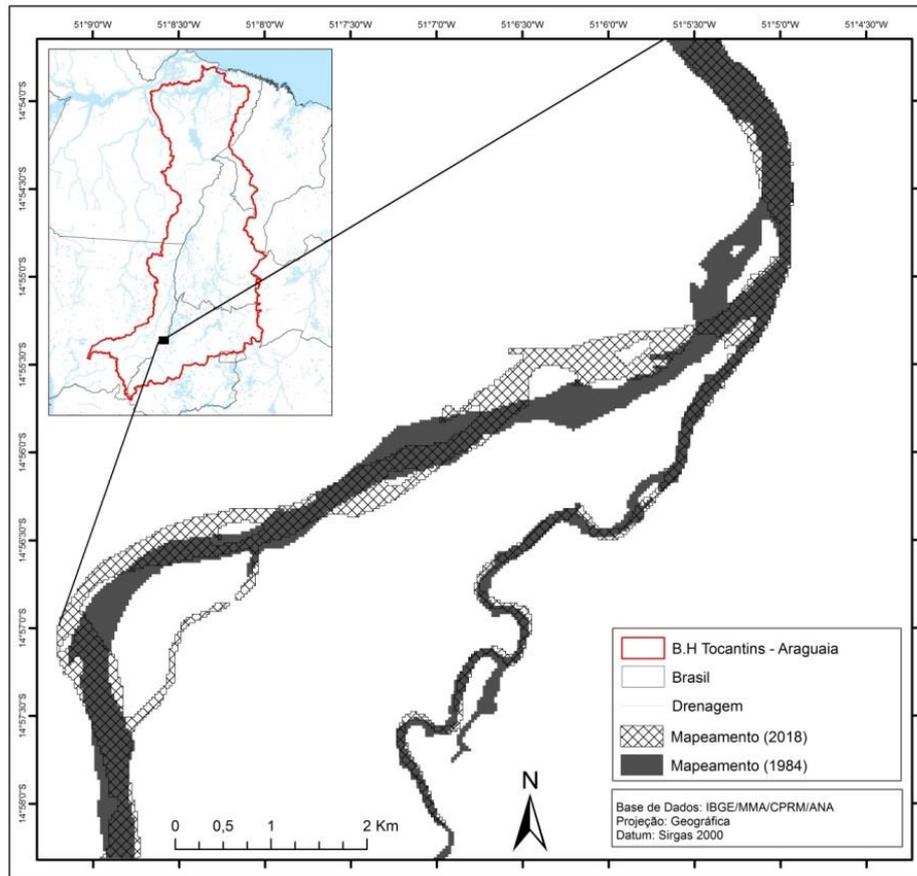


Figura 02 - Mudança morfológica no sistema fluvial do rio Araguaia – Confluência do rio Araguaia com o rio Vermelho (1984 e 2018).

Fonte: elaborado pelos autores

Esses processos evolutivos na morfologia do leito e barras arenosas são muito dinâmicos e atuam em conjunto com os processos erosivos, numa mesma escala temporal. Em 1984, o trecho analisado apresentava uma área de 2,16 km² em depósitos sedimentares em forma de barra arenosa (sem vegetação) e, ao longo dos anos, como resposta aos processos de uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio Araguaia, houve acréscimo de 89,8% de depósito de sedimentares, representando, em 2018, uma área de 4,10 km², num trecho de 5 km do canal fluvial do rio Araguaia. Diante disso, serão descritos posteriormente os principais processos erosivos e deposicionais em cada trecho (A, B e C), durante os anos de 1984, 2000, 2016 e 2018 (Figura 03).

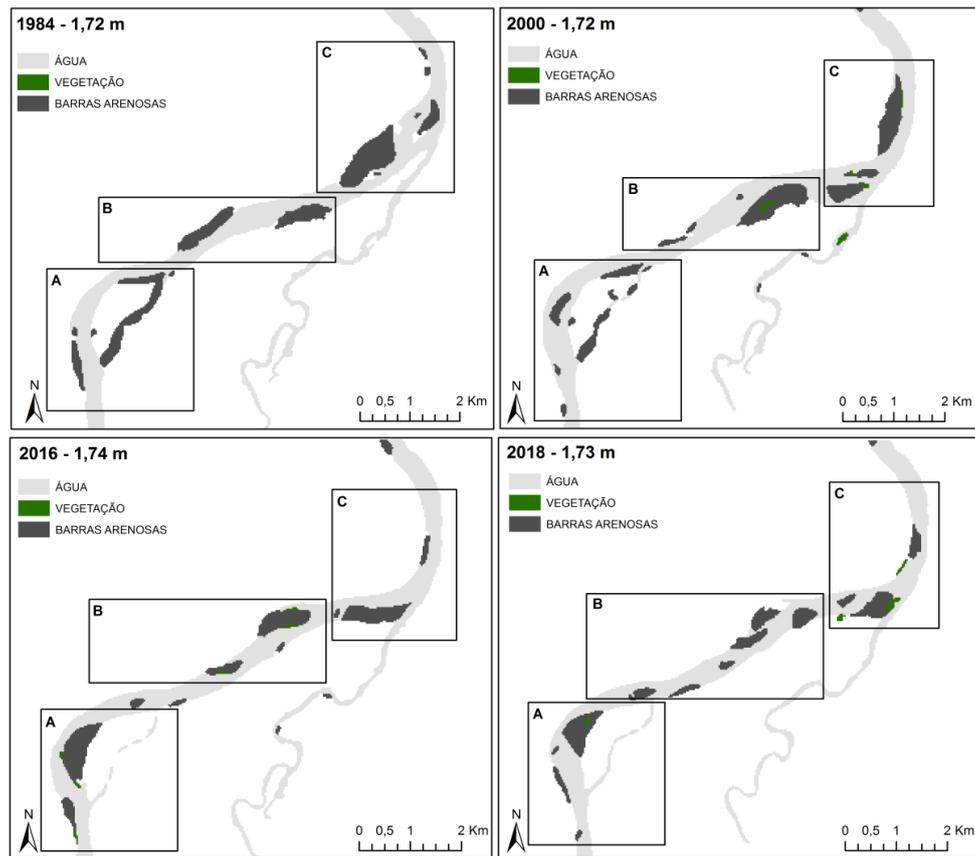


Figura 03 - Mapeamento morfológico do sistema fluvial do Rio Araguaia, próximo à confluência com Rio Vermelho (2000 e 2018). Base de Dados: USGS. Imagens Landsat5 e 8.
Fonte: elaborado pelos autores.

O canal no trecho A manteve-se em constante processo de migração lateral, a partir da remobilização (processos erosivos) na margem esquerda, e o crescimento, por acreção lateral, de uma barra em pontal, anexada à Ilha da Piratinga (Figura 04).

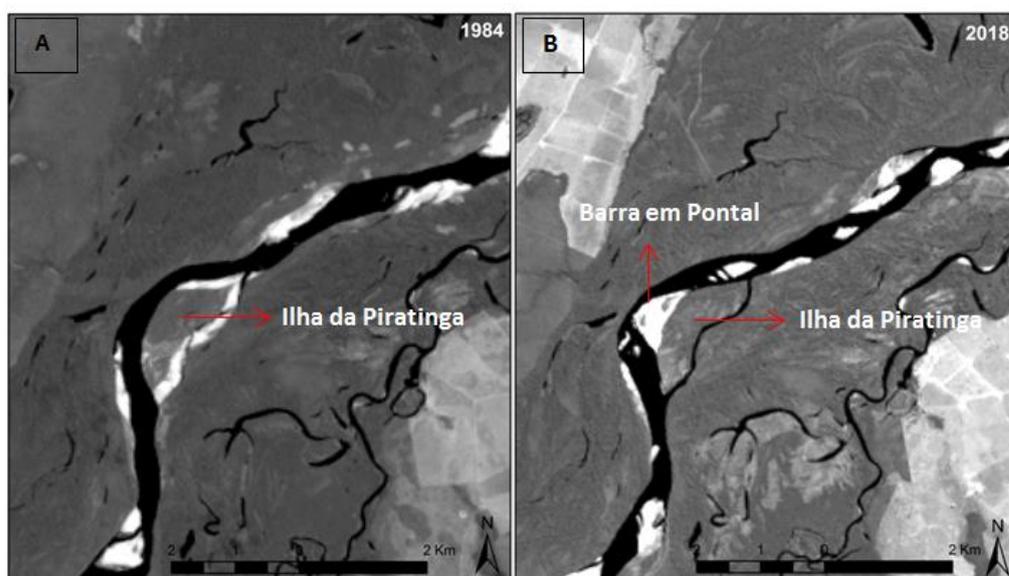


Figura 04 - (A) e (B) Evolução da barra central para barra em pontal com deposição na Ilha da Piratinga no trecho A.

Fonte: elaborado pelos autores.

A consolidação do depósito sedimentar, classificado como barra em pontal, e a contínua deposição de sedimentos na região da Ilha da Piratinga, proporcionaram nesse trecho uma tendência na mudança de talvegue em direção à margem esquerda. Por consequência, aumenta-se a velocidade dos fluxos, a possibilidade de se desenvolver trabalho erosivo e o consequente aumento da taxa de erosão e migração lateral da margem esquerda, devido, principalmente, à alta erodibilidade relativa das margens (Figura 05), constatando-se uma migração lateral de, aproximadamente, 210 m, entre 1984 e 2018 (margem direita → margem esquerda).

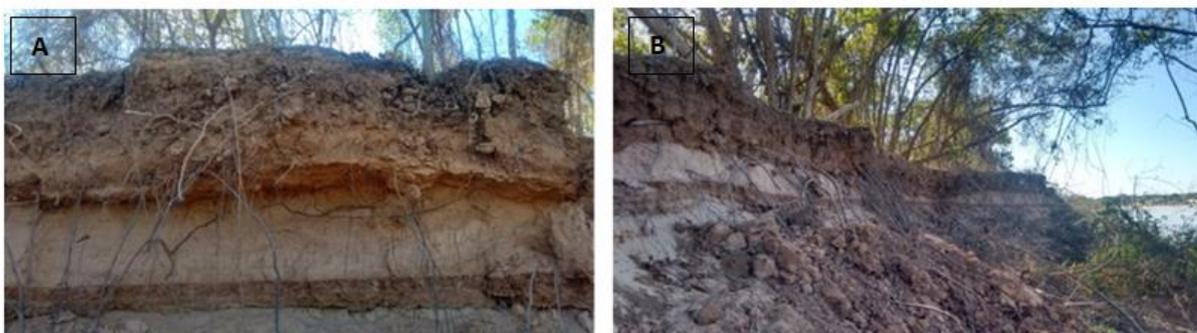


Figura 05- (A) e (B) Erosão na margem esquerda do trecho A do Sistema fluvial do Rio Araguaia, Aruanã/GO (2016).

Fonte: elaborado pelos autores, 2019.

As barras laterais e centrais, identificadas no trecho B, mantiveram-se, ao longo dos anos, em constante processo de remobilização e redistribuição dentro do canal fluvial, identificando-se, ao passar do tempo, como uma migração lateral de até 530 metros, entre 1984 a 2018, no sentido da margem esquerda e, principalmente, a formação de numerosos depósitos sedimentares (Figura 06).

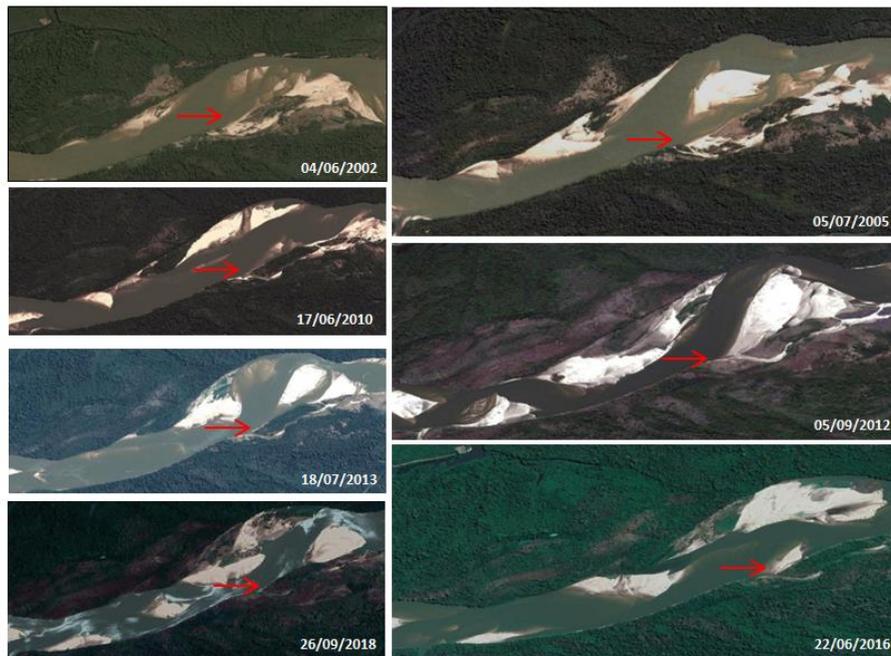


Figura 06 - Mudança morfológica no trecho B da área de estudo (2002 a 2018).
 Fonte: Google Earth, 2002, 2005, 2010, 2012, 2013, 2016, 2018.

Associado ao importante acúmulo de sedimentos, o talvegue, nesse trecho do canal, apresenta uma marcada mobilidade e uma relativa baixa profundidade, o que fez com que grande parte das barras arenosas seja retrabalhada ou consolidada. Esse processo de consolidação está fortemente condicionado à presença e desenvolvimento dos primeiros estágios na sucessão vegetacional (MORAIS, 2006), como pode ser observado na Figura 07 – trecho C.



Figura 07 - Deposição na margem direita do sistema fluvial do rio Araguaia, confluência com o rio Vermelho Aruanã/GO. Imagem aérea realizada com Drone. 2016.
 Fonte: elaborado pelos autores.

O trecho C foi caracterizado como o trecho mais suscetível a modificações hidrogeomorfológicas da área de estudo, visto que compreende a confluência dos rios Araguaia e Vermelho.

As áreas de confluência são importantes pontos de interação entre matéria e energia entre fluxos (BEST, 1987) e estão sujeitas a rápidas mudanças na estrutura de fluxo, transporte de sedimentos e morfodinâmica (NAZARI-GIGLOU *et al.*, 2016). Isso ocorre principalmente nesse trecho, em que os rios Araguaia e Vermelho apresentam comportamentos hidrossedimentológicos totalmente distintos.

Desse modo, através dos constantes processos erosivos e deposicionais, houve um recuo de 424 metros da confluência do rio Araguaia como o rio Vermelho, entre os anos de 1984 e 2018 (Figura 08 - B).

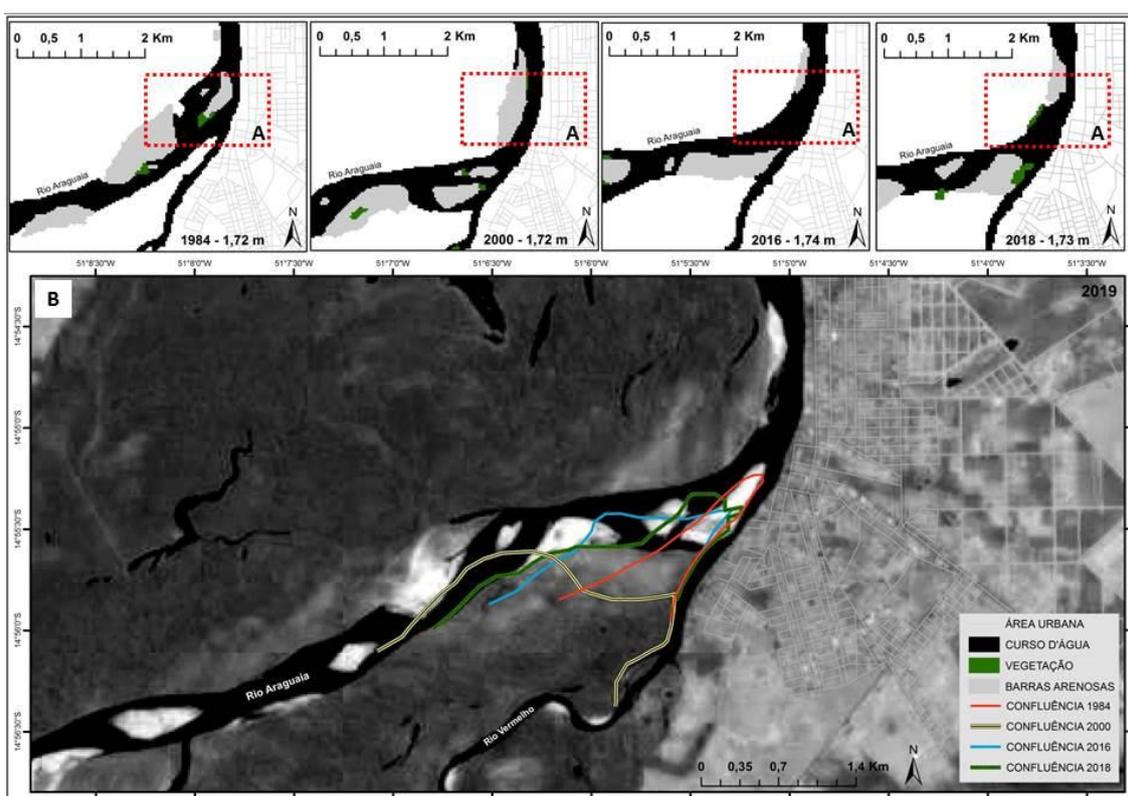


Figura 08 - (A) Diminuição da largura do canal fluvial. (B) Recuo da confluência entre os rios Araguaia e Vermelho (1984 a 2018).

Fonte: elaborado pelo autores.

Pode-se observar ainda que, nesse trecho, os processos de sedimentação, com o acúmulo de material sedimentar de forma gradual, ao longo dos anos, e a estabilização da vegetação na margem esquerda do rio Araguaia, proporcionaram a diminuição da largura do canal, de 760 metros, em 1984, para 460 metros, em 2018. Figura 08 (linha vermelha – A).

Na região da confluência do rio Araguaia com o rio Vermelho, foi possível monitorar, também, a consolidação de um depósito sedimentar presente em 2000 para o ano de 2016. De acordo com o mapeamento realizado na Figura 03, esse depósito sedimentar, caracterizado em 2000 como barra central, passa, ao longo dos anos, a receber um aumento na carga sedimentar, mantendo-se preservado nos próximos ciclos hidrológicos, o que possibilitou anexar-se à margem direita do canal (acresção lateral), denominando-se, em 2018, como uma barra lateral (Figura 09).

Esse processo de preservação do depósito sedimentar vem ocorrendo desde 2000, contudo, as imagens de satélite disponíveis no Google Earth, com uma boa resolução e/ou condições meteorológicas satisfatórias, estão à disposição somente a partir de 2002.



Figura 09 - Mudança morfológica no trecho C da área de estudo (2002 à 2018).
Fonte: Google Earth.

De acordo com Moraes (2006), a deposição de sedimentos e arquitetura interna dos depósitos está diretamente ligada aos processos de acresção lateral e/ou consolidação e preservação dos depósitos sedimentares dentro do canal fluvial, entre ciclos hidrológicos diferentes. Isso ocorre porque esses depósitos sedimentares apresentam, principalmente, a intercalação de areias grossas e médias, com sedimentos finos que marcam as mudanças dos ciclos hidrológicos. A Figura 10, logo abaixo, demonstra como ocorrem as etapas de sucessão vegetacional em um depósito sedimentar.



Figura 10 – Imagem aérea realizada com VANT no sistema fluvial do Rio Araguaia, próximo à confluência com o Rio Vermelho, Aruanã/GO. Realizado em 2016.

Fonte: elaborado pelo autores, 2016.

O processo de sucessão vegetal que ocorre nos pontos A, B, C, D, e E, observado na Figura 10, inicia-se através do processo de fixação com vegetação pioneira herbácea (A, B, C), onde é caracterizado por pequenas depressões que, na época das cheias, são preenchidas por sedimento argiloso rico em matéria orgânica (D). Na seca, essas depressões proporcionam uma rápida colonização de gramíneas, ciperáceas e alguns arbustos. Esse crescimento da vegetação, que ocorre em processo acelerado e que forma uma cobertura fixando o material depositado, tem a capacidade de manter-se preservado nos próximos ciclos hidrológicos (E), consolidando, de vez, a barra arenosa, (LATRUBESSE; STEVAUX, 2006), além de aumentar, ao longo dos anos, as áreas de depósitos de sedimentos.

Considerações finais

Ao considerarmos que os processos evolutivos na deposição de sedimentos e modificações na morfologia fluvial são dinâmicos e atuam em conjunto com os processos erosivos, numa mesma escala temporal, foi possível demonstrar nesse estudo as principais mudanças –hidrológicas e morfológicas– do canal na planície fluvial, no trecho médio do rio Araguaia, no período de 1984 a 2018.

Dessa maneira, as interpretações morfológicas indicam uma marcada mobilidade do canal e dos elementos fluviais presentes. O aumento de 89,81 % de

depósitos sedimentares, entre os anos de 1984 (2,16 km²) a 2018 (4,10 km²), pode ser considerado como resposta aos processos de uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio Araguaia. Os diferentes tipos de barras de areias (barras laterais, barras centrais e barras em pontal) representam os principais elementos geomorfológicos do canal, alterando, continuamente, a posição do talvegue e a configuração do leito do canal.

Como respostas ao aumento no volume de sedimento transportado e armazenado pelo rio nos trechos retilíneos (trecho B), houve o aumento da largura do canal, na medida em que a profundidade média diminuiu e, com o grande número de obstáculos, (barras centrais e laterais) promove nesse trecho rápidas mudanças na posição do talvegue.

Nos trechos curvos, (A e C) o estabelecimento de barras em pontal e a posterior consolidação pela vegetação, empurram o fluxo contra margem côncava, gerando o avanço da curva pelos processos erosivos e a intensificação do volume de descarga de sedimentos no sistema fluvial, sendo distribuídos e remobilizados periodicamente. Ao longo desses anos, essas mudanças mantiveram-se, constantemente, vulneráveis à intensificação do volume de descarga de sedimentos no sistema fluvial, sendo distribuídos e remobilizados periodicamente. Assim, as recorrências anuais dos processos descritos anteriormente apresentam-se como o mecanismo que atua no assoreamento do canal, evolução das barras arenosas e sua alta mobilidade.

Em vista do apresentado, considera-se que, quanto maior forem os impactos e degradação ambiental decorrente do uso e cobertura do solo na bacia do rio Araguaia, maior será a quantidade de sedimentos transportados e acumulados no sistema fluvial, podendo haver alterações significativas nas características ambientais e socioeconômicas da região.

Multitemporal analysis of the river system of the Araguaia river, Aruanã – Goiás, Brazil

Abstract: This study aimed to perform a multitemporal analysis of the morphological evolution of the river system in the middle stretch of the Araguaia River, upstream of the confluence with the Rio Vermelho, in Aruanã - Goiás, and to analyze the main changes in erosion and sedimentation processes, lateral migration and sedimentation in the fluvial system, in the years 1984, 2000, 2016 and 2018. The data of the morphological elements, erosive and sedimentary processes of the channel were obtained through the segmentation of images and unsupervised classification (pixel to pixel), using images from Landsat 5 and Landsat 8 satellites, with spatial resolution of 30 meters, as well as visual inspection, validation of data and correction of polygons. Photographic and aerial images were collected with UAVs, which were used as support in the visual interpretation of the morphological elements realized in the mapping. The interpretations indicate an increase in sediment areas, with a 89.8% increase in sedimentary deposits between 1984 (2.16 km²) and 2018 (4.10 km²), in addition to the morphological changes in confluence and bar typologies thus confirming the strong tendency of sediment accumulation in this part

of the river system, which are characterized as a response to the land use and occupation processes in the Araguaia river basin in recent years.

Keywords: Erosion. Sedimentation. Fluvial geomorphology. Sediment transport.

Análisis multitemporal del sistema fluvial del río Araguaia, Aruanã - Goiás, Brasil

Resumen: Este estudio tuvo como objetivo realizar un análisis multitemporal de la evolución morfológica del sistema fluvial en la sección media del río Araguaia, aguas arriba de la confluencia con el río Vermelho, en Aruanã - Goiás, y analizar los principales cambios en los procesos de erosión y sedimentación, migración lateral y sedimentación en el lecho, en los años 1984, 2000, 2016 y 2018. Los datos de los elementos morfológicos, procesos erosivos y sedimentarios del canal se obtuvieron mediante segmentación de imágenes y clasificación no supervisada (píxel por píxel) utilizando imágenes de los satélites Landsat 5 y Landsat 8, con resolución espacial de 30 metros, así como inspección visual, validación de datos y corrección de polígonos. Se recogieron imágenes aéreas y fotográficas con UAV, que se utilizaron como soporte en la interpretación visual de los elementos morfológicos realizados en el mapeo. Las interpretaciones indican un aumento en las áreas sedimentarias, con un aumento del 89.8% en los depósitos sedimentarios entre los años 1984 (2.16 km²) a 2018 (4.10 km²), además de los cambios morfológicos en la confluencia y en las tipologías de barras arenosas, corroborando así la fuerte tendencia de acumulación de sedimentos en este tramo del sistema fluvial, que se caracterizan como una respuesta a los procesos de uso y ocupación del suelo en la cuenca hidrográfica del río Araguaia en los últimos años.

Palabras clave: Erosión. Sedimentación. Geomorfología fluvial. Transporte de sedimentos.

Agradecimentos

Os autores desta pesquisa agradecem ao Laboratório de Geomorfologia, Pedologia e Geografia Física (LABOGEF) e ao Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (LAPIG), ambos membros do Instituto de Estudos Socioambientais (IESA) da Universidade Federal de Goiás (UFG).

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil**. Brasília: Ministério de Meio Ambiente (MMA). Edição: 2013, 2014, 2015, 2016, 2017.

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

BARBALHO, M. G. S. **Morfopedologia aplicada ao diagnóstico e diretrizes para o controle dos processos erosivos lineares na alta bacia do rio Araguaia (GO/MT)**. 2002. 146 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Estudos Socioambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2002.

BAYER, M. **Diagnóstico dos processos de erosão/assoreamento na planície aluvial do rio Araguaia: entre Barra do Garças e Cocalinho**. 2002. 138 f. Dissertação

(Mestrado em Geografia) - Instituto de Estudos Socioambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2002.

BAYER, M. **Dinâmica do Transporte, composição e estratigrafia dos sedimentos da planície aluvial do Rio Araguaia**. 2010. 104 f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

BAYER, M.; ZANCOPÉ M.H.C. Ambientes sedimentares da Planície aluvial do Rio Araguaia. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Brasília, v. 15, n. 2, p. 203-220, 2014.

BEST, J. L. Flow dynamics at river channel confluences: Implications for sediment transport and bed morphology. **Recent Developments in Fluvial Sedimentology**, Tulsa, v. 39, p. 27-35, 1987.

BROOKES, A. River Restoration Experience in Northern Europe. In BROOKES, A.; SHIELDS, F. A. (Org.). **River Channel Restoration**. Wiley, Chichester, p. 233-268. 1996.

CASTRO, S. Erosão hídrica na alta bacia do rio Araguaia: distribuição, condicionantes, origem e dinâmica atual. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 17, p. 38-60, 2011.

CASTRO, S. S.; XAVIER, L. S.; BARBALHO, M. G. S. **Atlas geoambiental das nascentes dos rios Araguaia e Araguainha: condicionantes dos processos erosivos lineares**. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Goiás, Goiânia, 2004.

DAGOSTA, F. C. P.; PINNA, M. Biogeography of Amazonian fishes: deconstructing river basins as biogeographic units. **Neotropical Ichthyology**, Maringá, n. 3, v. 15, p. 1-24, 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Brasil em Síntese: Município de Aruanã**. 2016. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/aruana/panorama>>. Acesso em: 11 jul. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Retratos a Revista do IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, n. 12, v. 2, 2018. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/media/com_mediaibge/arquivos/19fedbc1a72096794982c9b28dfa97d8.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2020.

KNIGHTON, A.D. **Fluvial forms and processes: A new perspective**. London: Arnold, 1998.

LATRUBESSE, E. M.; STEVAUX J. C. Geomorphology and environmental aspects of the Araguaia fluvial basin, Brazil. **Zeitschrift für Geomorphologie**, Berlin, v. 129, p. 109-127, 2002.

LATRUBESSE, E.M.; AMSLER, M.L.; MORAIS, R.P.; AQUINO, S. The geomorphologic response of a large pristine alluvial river to tremendous deforestation in the South American tropics: The case of the Araguaia River. **Geomorphology**, Amsterdã, v.113, n° 3-4, p. 239-252, 2009.

LATRUBESSE, E.M.; STEVAUX, J. C.; BAYER, M.; PRADO, R. The Araguaia-Tocantins Fluvial Basin. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 19, n. 1, p.120-127, 1997.

MORAIS, R. P. **A planície aluvial do médio rio Araguaia: processos geomorfológicos e suas implicações ambientais**, 2006. 178 f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2006.

NAZARI-GIGLOU, A.; JABBARI-SAHEBARI, A.; SHAKIBAEINIA, A.; BORGHEI, S. M. An experimental study of sediment transport in channel confluences. **International Journal of Sediment Research**, Amsterdam, v. 31, n.1, p. 87-96. 2016.

SANTOS, M. L.; FERNANDEZ, O. V. Q.; STEVAUX, J. C. Aspectos morfogenéticos das barras de canal do rio Paraná, trecho de Porto Rico, PR. **Boletim de Geografia – UEM**, Maringá, n. 1, v. 10, p. 11-24, 1992.

SIEG. Sistema Estadual de Geoinformação. **SIG – Shapefiles**. Disponível em:< <http://www.sieg.gov.br/>>. Acesso em 04 jan. 2019.

SOUZA, I. F. **Compartimentação da rede de drenagem da Bacia Hidrográfica do rio Araguaia**. 110 f. 2002. Monografia (Curso de Especialização em Geografia) - Instituto de Estudos Socioambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2002.

THORNE, C. R.; HEY, R. D.; NEWSON, M.D. **Applied Fluvial Geomorphology for River Engineering and Management**. Wiley, 1998.

ZANCOPE, M. H. C.; GONÇALVES P.E.; BAYER, M. Potencial de transferência de sedimentos e suscetibilidade á assoreamento na rede hidrográfica do Alto Rio Araguaia. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 35, n. 1, p. 115-132, 2015.

Sobre os autores

Pâmela Camila Assis - Técnica em Química. Graduanda em Ciências Ambientais pela Universidade Federal de Goiás.

Maximiliano Bayer - Geólogo. Mestre em Geografia. Doutor em Ciências Ambientais. Professor adjunto Instituto de Estudos Socioambientais da Universidade Federal de Goiás. Pesquisador do Laboratório de Geomorfologia, Geografia Física e Solos (LABOGEF- UFG). Vinculado ao Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais (CIAMB) e ao Programa de Pós Graduação em Geografia (PPGEO), ambos da UFG.

Recebido para publicação em maio de 2020.

Aceito para publicação em julho de 2020.