

24. Aguas

Cambio morfológico y dinámica sedimentaria en la confluencia de los Ríos Araguaia y Vermelho – Aruanã / Goiás, Brasil

Assis, Pâmela; Bayer, Maximiliano

pamela.assis1994@gmail.com ; maxbayer@iesa.ufg.br

Instituto de Estudos Sócio-Ambientais

Universidad Federal de Goiás

Resumen

As alterações na mudança do uso do solo na bacia do Rio Araguaia afetam as principais bacias de aporte gerando nas confluências com o sistema fluvial do rio Araguaia, acelerando processos de assoreamento e sedimentação. É nesse encontro que ocorre a interação de processos sedimentares destes rios, concorrendo para a estruturação e evolução da morfologia da confluência. O estudo das confluências de rios ainda é pouco destacado dentro da geomorfologia fluvial e da hidrologia comparado aos outros sítios dos sistemas fluviais. As confluências dos canais dos rios compõem importantes elementos morfológicos nesse sistema, constituindo pontos de mudanças no fluxo, na quantidade de sedimento transportado e na geometria hidráulica (BEST, 1988). Nesse sentido, este trabalho tem como finalidade analisar a mudança da geomorfologia fluvial, hidrologia e dinâmica sedimentar na Confluência do Rio Araguaia com o Rio Vermelho no período de 2000 à 2016. O trabalho consistiu em mapear a geomorfologia do canal, talvegue e bancos de areia na confluência do Rio Araguaia com o Rio Vermelho no município de Aruanã/GO. A base de dados para o mapeamento foram imagens Landsat 3/4/5/6/7 e 8 no período de 2000 à 2016 na escala de 1:25.000. As imagens foram processadas no software ArcGis 10.3, onde foi possível analisar os dados obtidos e produzir os mapas do trabalho e foi realizado a obtenção de dados hidrológicos no período de 2000 à 2016, adquiridos na plataforma HydroWeb disponibilizados pela Agência Nacional das Águas (ANA). Foram obtidos dados de vazão, cota altimétrica, velocidade, com a finalidade de calcular quantidade transportada de ton/dia referente à data de cada imagem/ano. Realizou-se também a obtenção de fotografias, além de voos com VANT (Veículo aéreo não tripulado) e Drone em parceria com o Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (LAPIG). Com esse estudo foi possível demonstrar intensas mudanças geomorfológicas no canal do Rio

Araguaia, que em parte apresenta-se por ser característica natural do próprio canal, devido às características geológicas. Por outro lado, devido às mudanças dos dados hidrossedimentológicos, que são facilmente modificados por alterações no uso do solo, que interfere diretamente na quantidade de sedimento transportado, erosão do canal fluvial, assoreamento, formação de bancos de areia, etc. O canal do Rio Araguaia na confluência com o Rio Vermelho, apresenta uma dinâmica de erosão e deposição de sedimentos ao longo dos anos, aspectos que interferem diretamente na formação de bancos de areia e orientação do talvegue.

Palabras clave: Confluencia, hidrosedimentología, geomorfología fluvial, transporte de sedimentos.

Introducción

El sistema fluvial del río Araguaia, en su tramo medio, desarrolla una planicie aluvial que representa una de las mayores áreas de almacenamiento de sedimentos del Cerrado. Esta compleja área "agradaional" está conformada por un conjunto de morfologías fluviales remanentes que reflejan importantes cambios en las condiciones pasadas y por un importante volumen de materiales "actuales" predominantemente arenosos que establecidos a los márgenes del canal conforman una especie de banda estrecha en permanente evolución, llanura de bancos más grandes e islas, (Bayer y Zancopé, 2014).

Los cambios en el uso del suelo en la cuenca del Río Araguaia afectan a las principales cuencas de aporte generando en las confluencias con el sistema fluvial del río Araguaia, acelerando los procesos de asentamiento y sedimentación. Es en ese encuentro que ocurre la interacción de

procesos sedimentarios de estos ríos, compitiendo para la estructuración y evolución de la morfología de la confluencia. Estas confluencias son puntos complejos en el ajuste hidráulico de las redes de drenaje, ya sean naturales o artificiales. Esto porque a partir de la zona de confluencia, dos ríos compiten por un mismo espacio.

El estudio de las confluencias de ríos todavía está poco destacado dentro de la geomorfología fluvial y de la hidrología comparado a los otros sitios de los sistemas fluviales. Las confluencias de los canales de los ríos componen importantes elementos morfológicos en ese sistema, constituyendo puntos de cambios en el flujo, en la cantidad de sedimento transportado y en la geometría hidráulica (BEST, 1988).

En este contexto se puede destacar que el suministro de sedimentos es un factor primario en la evolución de la confluencia de los canales. La morfología y dinámica

sedimentaria en la confluencia y su grado de estabilidad lateral dependen de las propiedades de los sedimentos transportados, tanto en términos de su composición (textura, volumen) como en la arquitectura de los depósitos sedimentarios, permitiendo la formación de depósitos, originando márgenes que pueden ser más o menos estables.

Con los cambios en el uso del suelo de la cuenca del Río Araguaia a partir de la década del 70, hubo una alteración significativa en el volumen de carga de sedimentos transportados por el sistema fluvial, acelerando la sedimentación en todo el curso medio del río. En el caso de las aguas residuales y las hidroeléctricas, se ha convertido en una de las principales causas de la geomorfología fluvial, y para la hidrología porque se refiere a futuros problemas ambientales, como: extracción de arena para construcción, dragado para implantación y conservación de hidrobias, asentamiento de represas, implantación de playas artificiales, puertos y de hidroeléctricas, una importante herramienta para la gestión de cuencas hidrográficas.

Objetivos

Se eligió la confluencia de los ríos Araguaia y Vermelho para el desarrollo del presente proyecto que tiene como objetivo analizar la hidrología y las dinámicas sedimentarias en la confluencia de los ríos Araguaia y Vermelho, el periodo del 2000-2016, además analizar la contribución de la carga hidrotransportada del río Vermelho al río Araguaia, caracterizar los depósitos fluviales en la confluencia y estudiar la dinámica geomorfológica de los canales.

Materiales y Métodos

La primera etapa del este trabajo consistió en mapear la geomorfología del canal, talvegue y bancos de arena en la confluencia del Río Araguaia con el Río Vermelho en el municipio de Aruanã / GO. La base de datos para el mapeo cartográfico fueron imágenes Landsat 3/4/5/6/7 y 8 en el período 2000 a 2016 en la escala de 1: 25.000. Todas las imágenes son del mes de agosto, excepto de los años (2010 y 2011) debido a la ausencia de imágenes referentes al mes de agosto. Las imágenes fueron procesadas en el software ArcGis 10.3, donde fue posible analizar los datos obtenidos y producir los mapas del trabajo.

Se realizó la obtención de datos hidrológicos en el período de 2000 a 2016, adquiridos en la plataforma HidroWeb disponibles por la Agencia Nacional de las Aguas (ANA). Se obtienen datos de

caudal, cota altimétrica, velocidad, con la finalidad de calcular cantidad transportada de ton / día referente a la fecha de cada imagen / año.

Como este trabajo es parte del proyecto "Determinación de anomalías topográficas en el perfil longitudinal del canal principal del río Araguaia" coordinado por el prof. Dr. Maximiliano Bayer, y financiado por el CNPq, se realizaron dos trabajos de campo en el área de estudio (septiembre / 2016 y mayo / 2017). En los dos trabajos de campo se realizaron también la obtención de fotografías, además de vuelos con VANT (Vehículo aéreo no tripulado) y Drone en asociación con el Laboratorio de Procesamiento de Imágenes y Geoprocesamiento (LAPIG).

Resultados y Discusión

La confluencia del Río Araguaia con el Río Vermelho (Figura 1) se sitúa en el municipio de Aruanã / GO. El río Araguaia nace en la Serra do Caiapó, en el suroeste del Estado de Goiás, recorriendo cerca de 2.110 km hasta desaguar en el Río Tocantins, siendo caracterizado como una de las principales vías de drenaje y transporte de sedimentos del Cerrado. El municipio de Aruanã posee 7.496 hab. y un área de 3.050,306 km² (IBGE 2016). El canal se caracteriza como anabranching debido a la baja sinuosidad con tendencia de entrelazado (Latrubesse, et al 2009). Se destacó por ser la principal cuenca hidrográfica de Brasil, con toda su área en el territorio nacional, con 380.000

km² generando un caudal promedio de 6.420 m³ / seg (Bayer, 2010).

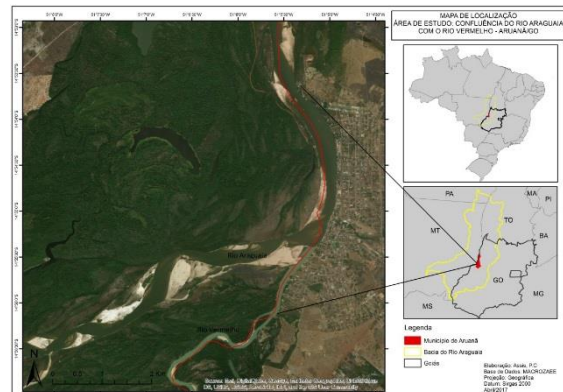


Figura 01: Mapa de Localização da Confluência do Rio Araguaia com o Rio Vermelho – Aruanã/GO

En el período de inundaciones, el canal está cubierto por las aguas de inundación, las islas separan canales que mantienen una independencia o identidad hidráulica-hidrológica, aun cuando el río se encuentra en etapas hidrológicas mayores que el de márgenes plenos (BAYER, 2010). Se caracteriza por presentar gran volumen de carga de fondo que, conjugado con fluctuaciones de las descargas, ocasionan sucesivas ramificaciones, o múltiples canales que se subdividen y se reencuentra, separados por islas asimétricas y barras arenosas, Christofoletti, (1981).

Las características climáticas son predominantes tropical continental, con dos estaciones definidas, una húmeda (octubre a marzo) y otra seca (abril a septiembre), con una temperatura media anual de 22 ° y máxima de 28 ° C.

Análisis de los datos morfométricos y fluviométricos en la Confluencia del Río Araguaia con el Río Vermelho

Los procesos de erosión, transporte y deposición de sedimentos en el lecho fluvial son modificados con el tiempo, siendo influenciados por la velocidad de flujo, caudal y concentración de sedimento del agua, influenciando así la capacidad de erosión del agua. Por eso hubo la necesidad de obtener los datos de caudal, cota altimétrica, velocidad media y concentración de sedimentos para un análisis conjunto de la investigación.

Los datos de hidrosedimentología obtenidos fueron adquiridos en la plataforma HidroWeb, por la Agencia Nacional de las Aguas (ANA).

Datos hidro - sedimentológicos y morfométricos en la Confluencia del Río Araguaia con el Río Vermelho			
AÑO	FECHA/IMAGEN	VAZÃO (m³/s)	COTA ALTIMETRÍA
2000	24/08	374,5	139,5
2001	11/08	294	113
2002	30/08	289	127
2003	17/08	346	146,5
2004	19/08	362	152
2005	22/08	323	139
2006	25/08	Ñ TEM	155,5
2007	28/08	323,7	139
2008	30/08	355,92	131
2009	17/08	358,98	151
2010	05/09	323,24	139
2011	08/09	351,37	147
2012	17/08	303,30	132
2013	28/08	329,09 (12/09/2013))*	144
2014	31/08	252,65	145
2015	18/08	341,84 (25/08/2015)	178,5
2016	20/08	230,84 (18/08/2016)	128 (18/08/2016)

Tabela 01: Datos hidro - sedimentológicos y morfométricos en la Confluencia del Río Araguaia con el Río Vermelho Fonte: Agência Nacional de Águas. (")Barra do Garças (*)Luis Alves.

En el caso de la estación fluviométrica de Aruanã (GO), debido a la ausencia de algunos datos, hubo la necesidad de obtener datos en la estación de Luiz Alves, municipio que se encuentra a 318 km de Aruanã y en el municipio de Barra do Garças a 260 km de Aruanã. No fue posible obtener los datos de los años 2005 y 2006 en ninguna de las estaciones consultadas.

Los datos de caudal y cuota altimétrica son referentes a la fecha de las imágenes utilizadas para el mapeo, o fechas aproximadas que estaban disponibles en las estaciones, así se obtuvieron los datos de velocidad media y concentración de sedimentos disponibles en la plataforma, permitiendo así el cálculo de carga transportadas en suspensión. Para el cálculo de transporte de sólidos en suspensión precisó de los datos de $Q =$ descarga en m^3 / s (caudal), $C_{ss} =$ Concentración en mg / l de la constante resultante de los segundos de unidades de masa, de gramos a toneladas = 0,0864 ,según la metodología presentada por Carvalho et al, 2000.

$$Q_{ss} = 0,0864 \times Q \times C_{ss} = (t/día)$$

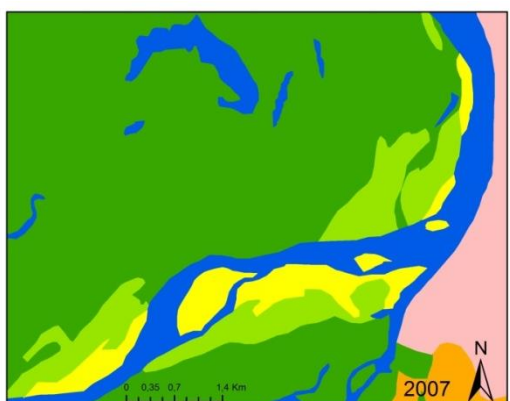
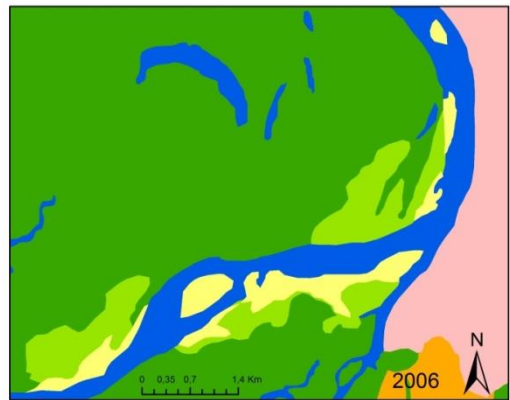
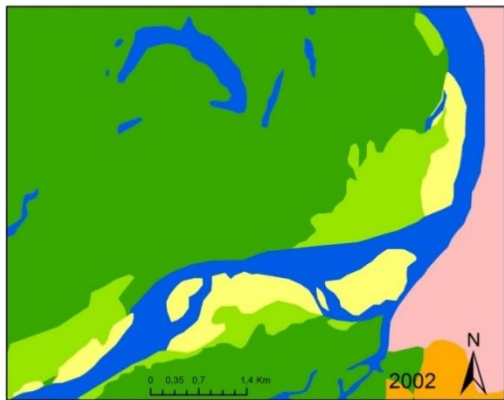
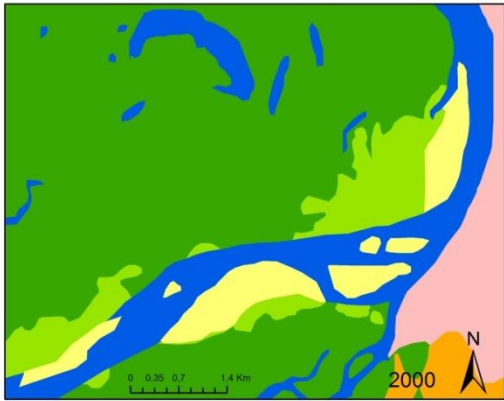
Mapeo de la geomorfología fluvial del canal, talvegue y bancos de arena

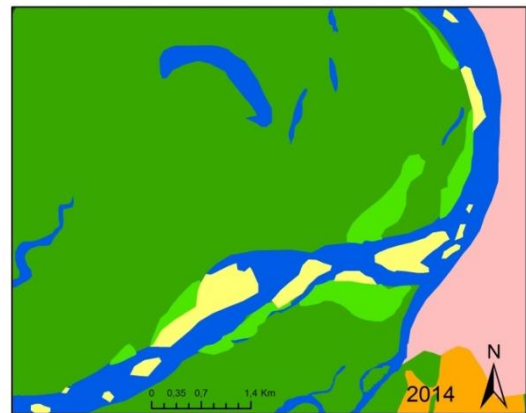
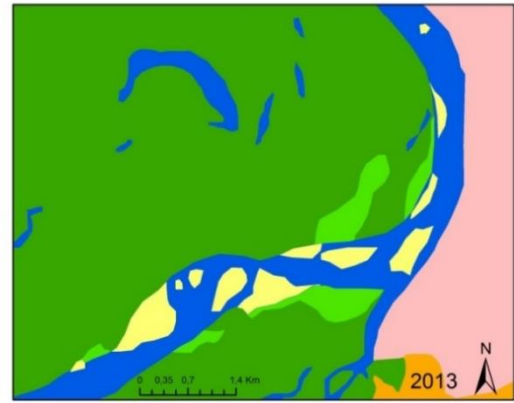
El mapeo de la geomorfología del canal consistió principalmente a través de imágenes Landsat 3/4/5/6/7 y 8 en el período de 2000 a 2016 en la escala de 1: 25.000. En los años de (2000 a 2009 y 2012 a 2016) las imágenes son referentes al mes de agosto, y los años 2010 y 2011 son del mes de septiembre, ya que no había imágenes disponibles del mes de agosto o septiembre para esos años. Los meses de agosto y septiembre fueron elegidos para la obtención de las imágenes, pues en época de sequía los bancos se encuentran más evidentes (abril a septiembre) y en los períodos de lluvia menos perspectiva (octubre a marzo), lo que permite hacer una exposición de los bancos de arena y la geomorfología del canal.

Las características geológicas de composición arenosa de los depósitos de la llanura del área de estudio proporcionan una inestabilidad en el margen del canal, acelerando así los procesos de erosión y migración lateral del canal. Esta llanura de bancos más grandes está compuesta por un banco arenoso que genera en un ambiente sedimentario de canal activo en condiciones de alto régimen de flujo (BAYER, 2012). Este cambio en el margen lateral se puede observar en las siguientes imágenes:

Datos hidro - sedimentológicos y morfométricos en la Confluencia del Río Araguaia con el Río Vermelho				
AÑO	VELOCIDAD MEDIA	Css (Mg/L)	TON/DIA	BANCOS DE ARENA (Km ²)
2000	-	43,13 (26/10/2000)	1.395,5 5	1,64
2001	0,735 (21/09/2001) "	44,48 (21/09/2001)"	1.129,8 6	1,61
2002	0,583 (27/09/2002)	37,83 (27/09/2002)	944,59	1,78
2003	0,837 (10/09/2003)	27,57 (10/09/2003)	824,18	1,67
2004	0,358 (05/10/2004)	20,7 (05/10/2004)	647,42 9	1,68
2005	-	-	-	1,50
2006	-	-	-	1,47
2007	0,608 (12/08/2007) "	7,95 (12/08/2007)"	222,34	1,63
2008	0,435 (11/09/2008)	26,49 (11/09/2008)	814,60	1,52
2009	0,738 (11/08/2009) "	12,04 (11/08/2009)"	373,43 1	1,35
2010	0,84 (31/08/2010) "	8,046 (31/08/2010)"	224,70	1,17
2011	0,81 (09/09/2011) "	11,29 (09/09/2011)"	342,74	1,18
2012	0,458 (06/07/2012)	41,4 (06/07/2012)	1.084,8 9	1,54
2013	0,567 (08/08/2013)	32,2 (08/08/2013)	915,55	1,21
2014	0,412 (31/08/2014)	30,6 (31/08/2014)	667,96	1,16
2015	0,417 (25/08/2015)	29,6 (25/08/2015)	874,23	1,01
2016	0,461 (18/08/2016)	23,5 (18/08/2016)	468,69	1,15

Tabela 02: Datos hidro - sedimentológicos y morfométricos en la Confluencia del Río Araguaia con el Río Vermelho. Fuente: Agência Nacional de Águas. (")Barra do Garças (*)Luis Alves.





Asociación de Universidades
GRUPO MONTEVIDEO



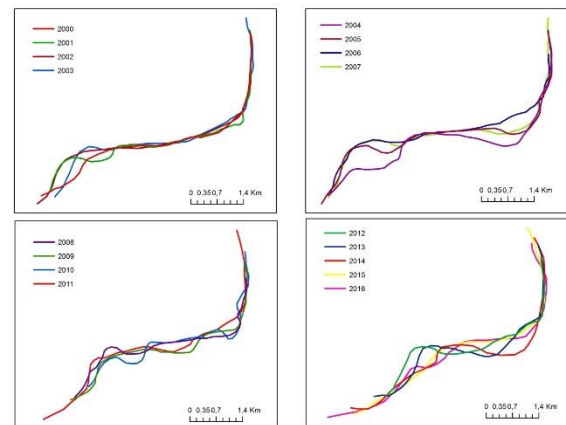
UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO





Con las análisis de las propiedades de los sedimentos, una geomorfología de los datos fluviométricos de la confluencia del río Araguaia con el Río Vermelho, es posible verificar su alta vulnerabilidad a los procesos erosivos. A lo largo del perfil fluvial, en velocidad de turbulencia que actúan en el proceso de erosión, son variables, habiendo así áreas de preferencia por erosión y deposición. El lecho asimétrico, del patrón meandérico, la zona de máxima velocidad de turbulencia, se ubica cerca de los márgenes cóncavos, disminuyendo de valor en la vecindad de menor profundidad (convexo). Como áreas de máxima turbulencia, las olas verticales del lecho (Guerra y Cunha). En el caso de que se produzca un aumento de la velocidad y de la fuerza de cizallamiento que crean posibilidades para las fuerzas erosivas remanejen el material sedimentario del lecho, promoviendo la entalladura del canal (CHRISTOFOLETTI, p 85, 1980).

Los resultados obtenidos en el mapeo desarrollados en estos 16 años indican, por ejemplo, que el área más vulnerable a la erosión es la margen izquierda del río Araguaia, que viene de varios años de procesos erosivos, mientras que el margen derecho del canal y el área preferente para la deposición de las partículas, con el cambio de esa forma de la geomorfología del canal. Este proceso puede ser explicado debido a la alteración



y posición del talvegue (Figura 03).

La entalladura y deposición son dos procesos que actúan modificando la forma del canal (Figura 04).



Figura 04: (1) Processos erosivos na margem esquerda e (2) Processo de deposição na margem direita do canal do Rio Araguaia. Fonte: Assis, P.C/2016

Con el mapeo fue posible analizar una disminución en área (km²) de los bancos

de arena, con el año 2000 un área de 1,64 km² y el año 2016 con 1,15 de área. El año 2002 representa en km² la mayor área de arena, con 1,78 km² y el año 2015 con el menor 1,01 km².

Sin embargo, en los últimos 40 años, grandes extensiones de cerrado pasaron por un intenso proceso de transformación, en función, principalmente, del avance de la frontera agrícola, alterando el régimen de las descargas del río Araguaia. En este sentido, el aumento del volumen de la carga de sedimentos transportados por el sistema fluvial desde entonces, acelerando la sedimentación en todo el curso medio del río (LATRUBESSE et al., 2009; FERREIRA et al., 2010; BAYER, 2010).

Con la ayuda del equipo de vehículo aéreo no tripulado (VANT) y Drone fue posible mapear los bancos de arena en los meses de junio y septiembre. Se nota la diferencia en la cantidad de bancos de arena después del período de lluvia.



Figura 05: Imagens aéreas realizadas com VANT nos meses de junho e setembro de 2016

Con el análisis de los datos, fue posible identificar que, la disminución en área km² de los bancos de arena ocurrió debido a la estabilización de las barras laterales islas formadas durante esos años. Esto ocurre porque hay la acumulación de material fino y materia orgánica, lo que proporciona el crecimiento de vegetación pionera, que crecen en proceso acelerado, formando una cobertura y fijando el material depositado. Este proceso de fijación de vegetación tiene la capacidad de mantenerse preservado en los próximos ciclos hidrológicos, ocasionando más acumulación de sedimento arenoso (BAYER, 2010).

Conclusiones

Con base en ese estudio fue posible demostrar intensos cambios geomorfológicos en el canal del Río Araguaia, en parte se presenta por ser característica natural del propio canal, debido a las características geológicas.

Por otro lado, debido a los cambios de los datos hidrosedimentológicos, que son fácilmente modificados por alteraciones en el uso de suelo, que interfiere directamente en la cantidad de sedimento transportado, erosión del canal fluvial, sedimentación, formación de bancos de arena, etc.

La ausencia o la falta de exactitud de esos datos, como los que se utilizaron en este estudio, principalmente debido a la falta de recolección en la estación fluviométrica de Aruanã, y luego debido a la necesidad de buscar esos datos en municipios con kilómetros de distancia del área de estudio, y en el análisis en conjunto de los datos hidrosedimentológicos con el mapeo de la geomorfología del canal.

Datos primarios como el caudal, cota altimétrica, velocidad del flujo, concentración de sedimentos y cantidad de sedimentos transportados son datos importantes, que influyen directamente la formación de los bancos de arena.

Como se observó, el canal del Río Araguaia en la confluencia con el Río Vermelho, presenta una dinámica de erosión y deposición de sedimentos a lo largo de los años, aspectos que interfieren directamente en la formación de bancos

de arena y orientación del talvegue. Con el margen izquierdo preferencial para procesos erosivos y el margen derecho del canal el área preferencial para la deposición de las partículas, habiendo una mayor tendencia de acumulación de sedimentos en la confluencia del Río Araguaia con el Río Vermelho.

De esta forma, los cambios geomorfológicos e hidrosedimentológicos que ocurren en el canal del Río Araguaia con la confluencia del Río Vermelho analizados en esa investigación, complementan un conjunto de informaciones importantes para estudios ambientales en el canal del Río Araguaia, como la implementación de una hidrovía, impactos en la biodiversidad, en la pesca y en el turismo, principal actividad económica del municipio de Aruanã – GO.

Agradecimientos

Agradezco al Dr. Maximiliano Bayer en conjunto con el Laboratorio de Geomorfología, Geografía Física y Pedología (LABOGEF) por las orientaciones y momentos de aprendizaje esenciales para mi formación de investigadora y desarrollo del trabajo.

Financiamiento

Agradezco al Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (CNPq) por la oportunidad de participar en el programa de iniciación científica.

Bibliografía

Bayer M. (2002). Diagnóstico dos processos de erosão/assoreamento na planície aluvial do rio Araguaia: entre Barra do Garças e Cocalinho (Dissertação de Mestrado em Geografia) – Instituto de Estudos Sócio-Ambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 2002.

Bayer M. (2010). Dinâmica do Transporte, composição e estratigrafia dos sedimentos da planície aluvial do rio Araguaia(Tese de Doutorado). CIAMB. Universidade Federal de Goiás.

Bayer M. y Zancopé M. (2014) Ambientes sedimentares da Planície aluvial do Rio Araguaia. Revista Brasileira de Geomorfologia. Vol 15 .P. 203-220.

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia fluvial: o canal fluvial. 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1981.

GUERRA Antonio José Teixeira e CUNHA, Sandra Baptista da. (orgs) Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

São Paulo, 2003.GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. da (orgs). Geomorfologia uma Atualização de Bases e Conceitos. 2ª edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

Zancopé M.; Gonçalves P.E. ; Bayer M., (2015). Potencial de transferência de sedimentos e suscetibilidade á assoreamento na rede hidrográfica do Alto Rio Araguaia. Boletim. Goiano de Geografia (2015).