



ESTRUTURA E FRAGMENTAÇÃO GEOECOLÓGICA DE PAISAGEM FLUVIAL NO BAIXO RIO XINGU - AMAZÔNIA CENTRO-ORIENTAL

STRUCTURE AND GEOECOLOGICAL FRAGMENTATION OF THE RIVER LANDSCAPE IN THE LOWER XINGU RIVER - CENTRAL-EASTERN AMAZON

ESTRUCTURA Y FRAGMENTACIÓN GEOECOLÓGICA DE PAISAJE FLUVIAL EN EL BAJO RÍO XINGU - AMAZONIA CENTRO-ORIENTAL

Eder Mileno Silva De Paula

Universidade Federal do Pará - Campus Universitário de Altamira
Grupo de Pesquisa Geocologia da Paisagem e Educação Ambiental Aplicada
E-mail: edermileno@ufpa.br

Edson Vicente da Silva

Universidade Federal do Ceará - Departamento de Geografia
Grupo de Pesquisa Geocologia da Paisagem e Educação Ambiental Aplicada
E-mail: cacauecara@gmail.com

RESUMO:

A análise geocológica busca subsidiar o planejamento dos usos e da ocupação da paisagem em acordo com seus limites e potencialidades. A área de estudo é uma paisagem fluvial localizada a jusante da Usina Hidrelétrica de Belo Monte, no Baixo Rio Xingu, a qual promove modificações no contexto geocológico regional e local. O objetivo da pesquisa é entender a estrutura geocológica de paisagem fluvial no Baixo Rio Xingu, incluindo análise das métricas dos fragmentos que compõem as unidades paisagísticas. Analisou-se a paisagem através de estudo sistêmico e holístico de dados produzidos em atividades de campo, pesquisas bibliográficas e utilizando-se técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. O entendimento das inter-relações entre os componentes da paisagem permitiu a identificação e caracterização das unidades de paisagem fluvial e identificou-se que a transgressão do Oceano Atlântico sobre o Rio Amazonas possibilita o aumento e redução diária e pode aumentar ou diminuir sazonalmente as cotas fluviométricas do Rio Xingu, antecipando ou perdurando cheias.

Palavras-chave: Fragmentação da Paisagem; Geomorfologia Fluvial; Análise Geoambiental.

ABSTRACT:

The geocological analysis seeks to subsidize the planning of the uses and occupation of the landscape in accordance with its limits and potentialities. The study area is river landscape located downstream of the Hydroelectric of Belo Monte on the lower Xingu River, which promotes modifications in the regional geocological context. In order to understand the geocological structure of the fluvial landscape in the lower Xingu River, including the analysis of the metrics and fragments that compose it's units. The landscape was analyzed through a systemic and holistic study of data produced in field activities, bibliographical and using remote sensing and geoprocessing techniques. The understanding of the interrelations between the components of the landscape allowed the identification and characterization of the fluvial landscape units. The transgression of the Atlantic Ocean over the Amazon River makes it possible to increase and reduce daily, and may increase or decrease seasonally the Xingu River.

Keywords: Landscape Fragmentation; River Geomorphology; Geoenvironmental Analysis.

RESUMEN:

El análisis geocológica busca subsidiar la planificación de los usos y de la ocupación del paisaje de acuerdo con sus límites y potencialidades. El área de estudio es paisaje fluvial localizado río abajo de la Usina Hidroeléctrica de Belo Monte en el bajo río Xingu y promueve modificaciones en el contexto geocológico regional y local. El objetivo entender la estructura geocológica de paisaje fluvial en el bajo río Xingu,

incluindo análise de las métricas de los fragmentos que componen las unidades paisagísticas. Analizó el paisaje a través del estudio sistémico y holístico de datos producidos en actividades de campo, investigaciones bibliográficas y utilizando técnicas de detección remota y geoprocésamiento. La comprensión de las interrelaciones entre los componentes del paisaje permitió la identificación y caracterización de las unidades del paisaje fluvial. La transgresión del Océano Atlántico por el río Amazonas hace que sea posible para aumentar y reducir al día, y puede aumentar o disminuir la estacionalidad del río Xingu.

Palabras clave: Fragmentación del Paisaje; Geomorfología Fluvial; Análisis Geoambiental.

1 INTRODUÇÃO

A análise geocológica busca compreender a estrutura vertical e horizontal, funcionamento, evolução, estabilidade e vulnerabilidade ambiental da paisagem, compreendendo a paisagem de forma sistêmica e holística, com objetivo principal de subsidiar o planejamento dos usos e da ocupação da paisagem em acordo com suas potencialidades e respeitando seus limites (RODRIGUEZ; SILVA; CAVALCANTI, 2013; DE PAULA *et al.*, 2016).

A área de estudo é conhecida localmente como Embaubal e está localizada no trecho inicial da foz afogada do Rio Xingu, um dos principais afluentes do Rio Amazonas, a jusante da Usina Hidroelétrica (UHE) de Belo Monte, sendo assim incluída no contexto vivenciado pela região Norte do Brasil de construção de usinas hidrelétricas, a qual pode passar por retrocesso econômico, social e ambiental (MÜLLER, 1995), fato já observado por Fearnside (2015) em áreas da Amazônia que receberam as Usinas Hidrelétricas de Balbina, Tucuruí e Samuel.

As praias do Embaubal já foram a principal escolha das *Podocnemis expansa* (tartaruga-da-Amazônia) para ambiente de desova, ressalta-se que essa espécie necessita de ações conservacionistas para existir, segundo a *International Union for Conservation of Nature* (IUCN). Lembrando que em 2016, visando à preservação da *Podocnemis expansa* foram criadas, pelo Governo do Estado do Pará, duas Unidades de Conservação (UC): a Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS) Vitória de Souzel; e o Refúgio de Vida Silvestre (RVS) Tabuleiro do Embaubal.

Modificações no contexto geocológico regional repercutem decisivamente na estrutura da paisagem fluvial. Portanto, para além de contribuir com o desenvolvimento conceitual e metodológico da análise geocológica das paisagens fluviais amazônicas, esta pesquisa pode apoiar o planejamento e a gestão ambiental de paisagens fluviais, especificamente para os Planos de Manejo das Unidade de Conservação do Embaubal.

Tendo como objetivo principal entender a estrutura geocológica de paisagem fluvial no Baixo Rio Xingu, incluindo análise das métricas dos fragmentos que compõem as unidades da paisagem, na pesquisa analisou-se os componentes da paisagem através de estudo sistémico e holístico de dados climáticos e hidrológicos e de mapeamentos geológico, geomorfológico, dos



tipos de solos, usos da terra e da cobertura vegetal, produzidos em atividades de campo, pesquisas bibliográficas, e com técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. O entendimento das inter-relações entre os componentes permitiu a identificação e caracterização de cinco unidades de paisagem e o cálculo de métricas dos seus fragmentos.

2 TEORIA E MÉTODO

2.1 ANÁLISE GEOECOLÓGICA E ESTRUTURA DA PAISAGEM

A metodologia de análise da paisagem proposta por Rodrigues (1998) busca um sistema único na caracterização, análise e mapeamento das paisagens e desenvolve conceitos e procedimentos normativos de avaliação paisagística. O esquema metodológico para análise geocológica da paisagem perpassa pelo estudo da organização da paisagem, classificação e taxionomia das estruturas paisagísticas, conhecimento dos fatores modificadores das paisagens, do seu potencial e tipos funcionais, e dos impactos ambientais das atividades humanas.

As pesquisas geocológicas propõem ou subsidiam o planejamento e a gestão ambiental das paisagens visando ao desenvolvimento sustentável. Nesta direção, Silva e Rodriguez (2011) acrescentam que a geocologia das paisagens constitui um sistema de métodos e procedimentos técnicos com o objetivo de diagnosticar de forma integrada a paisagem, e o diagnóstico deve “subsidiar informações necessárias para a instituição de programas de desenvolvimento socioeconômico e seus devidos planos de gestão e manejo territorial” (ibidem, p. 4).

A proposta de análise geocológica da paisagem descrita em Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2013) foi aplicada por Mauro *et al.* (1995) em sua totalidade para o município de Corumbataí em São Paulo, onde analisaram a estrutura, o funcionamento, a evolução, as modificações antropogênicas e a estabilidade daquela paisagem. Outros trabalhos também aplicaram esta proposta, tais como: Manosso e Nóbrega (2008) ao analisaram a estrutura geocológica das regiões Norte, Oeste e Centro-Sul do Paraná; Vidal (2014) que estudou a estrutura horizontal e vertical, o funcionamento e as modificações antropogênicas e de estabilidade para o Baixo Curu no litoral Oeste cearense; Farias (2015) que aplicou os conceitos de estrutura, modificações antropogênicas e de estabilidade para a bacia hidrográfica do Rio Palmeira no Ceará; e De Paula *et al.* (2016) ao analisaram a estrutura, modificações antropogênicas e de estabilidade para a sub-bacia do Baixo Rio Xingu-PA.

Nesta pesquisa, somente analisou-se a estrutura da paisagem, buscando entender como se inter-relacionam os seus componentes na sua formação e como se dá espacialmente sua organização, uma vez que a estrutura da paisagem possui os índices e as propriedades dos objetos materiais estruturantes e “reflete a organização sistêmica dos seus elementos funcionais e as regulações que determinam sua essência, sua morfologia e sua integridade” (RODRIGUEZ; SILVA; CAVALCANTI, 2013, p. 111).

Duas análises foram realizadas: das estruturas horizontais e das estruturas verticais. A estrutura vertical da paisagem é formada pela composição e inter-relação entre os elementos e componentes da paisagem, onde se procura esclarecer as relações entre componentes abióticos, bióticos e antrópicos. Na estrutura horizontal analisa-se o reflexo da paisagem natural no território, que se define como o mosaico de unidades paisagísticas. Ao estudar o reflexo (a imagem) da paisagem no território, tem-se atenção especial às suas particularidades geométricas, ou seja, à composição da estrutura, formas, orientação e situação dos contornos e suas relações de posição e de contrastes (VICTOROV, 1986 apud RODRIGUEZ; SILVA; CAVALCANTI, 2013).

2.2 METODOLOGIA DE EXECUÇÃO

Inicialmente, realizou-se a revisão teórica dos principais conceitos relacionados à Geoecologia da Paisagem, identificando trabalhos que aplicaram esse método de análise, o que permitiu o entendimento que a análise geocológica do Embaubal deveria ser realizada em duas escalas, uma regional e outra local. O estudo em escala regional foi desenvolvido por De Paula *et al.* (2016) para a sub-bacia do Baixo Curso do Rio Xingu, que se estende da confluência do Rio Xingu com o Rio Irirí até a confluência com o Rio Amazonas.

Para a escala local adotou-se como limite da área de estudo o trecho da planície fluvial do Xingu entre as sedes dos municípios paraenses de Vitória do Xingu e Senador José Porfírio, que contém o conjunto de ilhas conhecido localmente como Embaubal, incluindo os elementos submersos e o leito maior excepcional para o trecho.

Foram catalogadas informações bibliográficas e cartográficas de diversas instituições públicas, destacando que foram basilares para análise da estrutura geocológica do Embaubal as informações provenientes do diagnóstico socioeconômico e fundiário de Pará (2013), o estudo de evolução sedimentar de Souza (2015) e de compartimentação geocológica do Baixo Xingu realizado por De Paula *et al.* (2016).



Foram realizadas cinco campanhas de campo entre os anos de 2011 e 2016, em períodos de cheia (dezembro a maio) e de vazante (junho a novembro), para reconhecimento das informações mapeadas, tanto no Embaubal, como no Baixo Rio Xingu. Nessas campanhas coletou-se informações com ribeirinhos, pilotos de embarcações e técnicos da Secretaria de Meio Ambiente do município Senador José Porfírio, sobre as modificações na paisagem, tipos de uso da terra e dinâmica fluvial do Xingu.

Na análise climática e hidrológica utilizou-se informações das médias de chuvas, temperaturas máximas, médias e mínimas dos meses entre os anos de 1984 a 2014 das estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) em Altamira-PA, Porto de Moz-PA, São Félix do Xingu-PA e Canarana-MT; e informações de cotas médias fluviométricas e de vazão provenientes das estações fluviométricas em Altamira, Porto de Moz e a jusante da UHE Belo Monte, disponibilizadas pela Agência Nacional de Águas (ANA).

As informações cartográficas foram readequadas para a escala da pesquisa (1:250.000), e em virtude da baixa ocorrência de nuvens utilizou-se com base para os mapeamentos a imagem/cena 225/062 de 02/08/2016 do sensor Operational Land Imager (OLI) do LANDSAT 8, a qual foi submetida a procedimento de correção atmosférica utilizando-se a extensão Semi-Automatic Classification Plugin (SCP) (CONGEDO, 2017) para o QGIS.

O mapeamento das feições geomorfológicas foi realizado como indicado por De Paula (2018); as unidades geológicas foram classificadas com base nos mapeamentos geológico e geomorfológico do Projeto RADAM (BRASIL, 1974), do Programa Geológico Brasileiro (BRASIL, 2004), e do estudo de evolução sedimentar de Souza (2015), e as classes de solos foram definidas de acordo com Pará (2013).

O mapa de uso da terra e cobertura vegetal foi construído através da reclassificação dos valores de Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) (ROUSE *et al.*, 1974 apud JESEN, 2009), calculado com as bandas espectrais do vermelho e infravermelho próximo do LANDSAT 8. A classe de cobertura vegetal Floresta Ombrófila Aluvial possui valores de NDVI entre 0,56 a 1; a Formação Pioneira Arbustiva e Herbácea de influência fluvial possui entre 0,24 a 0,56; e as áreas ocupadas por água possuem valores de NDVI de -1 a 0,24. Auxiliado pelas informações obtidas nos trabalhos de campo, relacionou-se as áreas de cobertura vegetal com os usos e identificou-se, com navegadores do Sistema de Posicionamento Global (GPS), os trechos de transportes de cargas de passageiros e locais de pesca artesanal. A localização das comunidades, residências e os limites das Unidades de Conservação (UC) foram obtidos dos mapeamentos

realizados pela SEMAS-PA (PARÁ, 2013), e o local das áreas de mineração foi extraído do banco de dados do Departamento Nacional de Pesquisa Mineral (DNPM, 2015).

O mapeamento das unidades geológicas foi elaborado através da análise sistêmica e holística das inter-relações verticais dos componentes da paisagem (clima, recursos hídricos, geomorfologia, geologia, solos, cobertura vegetal e usos da terra) e hierarquizadas nas categorias domínio, província, distrito, regiões geológicas proposta por De Paula *et al.* (2016) e em unidades geológicas. Calculou-se a área e porcentagem de cada unidade geológica na paisagem e o número e área de cada fragmento das unidades utilizando o Landscape Ecology Analysis (LECOS) (MARTIN, 2016), implementado no QGIS e desenvolvido de acordo com as proposições Mcgarigal e Marks (1994).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 FATORES CLIMÁTICOS E HIDROLÓGICOS DO EMBAUBAL

O Embaubal está localizado no extremo Leste do macrodomínio morfoclimático amazônico que, de acordo com Ab'Sáber (2003), possui fortes entradas de energia solar, alto estoque de nebulosidade, baixa amplitude térmica anual e recebe precipitações pluviárias anuais entre 1600 a 3600 mm. Entendendo-se que a dinâmica hidrológica do Embaubal está atrelada aos dados pluviométricos de toda bacia hidrográfica do Rio Xingu, analisou-se a variação temporal nos anos de 1984 a 2014 dos totais pluviométrico das Estações INMET (Figura 1) localizadas em Canarana no Mato Grosso (Alto Curso do Rio Xingu) e as estações de São Félix do Xingu (Médio Curso), Altamira e Porto de Moz (Baixo Curso) situadas no Pará.

Os dados mensurados nessas estações indicam totais anuais de chuvas entre 1236,3 e 2965,9 mm, ambos registrados no médio curso do Xingu que, diferentemente das outras estações do INMET analisadas, sofre influência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Quando se verifica o valor médio de precipitação entre as estações, a estação de Porto de Moz é a que possui maior média de chuva anual (2337mm) e somente a estação Canarana, com 1887mm, possui média inferior a 2000mm anuais.

A avaliação da média mensal pluviométrica entre 1984 e 2014 (Figura 2) indica que o Alto curso do Rio Xingu possui 5 meses com valores de precipitação inferiores a 50mm (maio a setembro) e o mês de fevereiro com maior média de chuvas. O Médio e o Baixo curso possuem de 3



a 5 meses com médias inferiores a 100mm. As maiores médias são registradas no mês de março para as estações de Altamira e São Félix do Xingu e em abril para Porto de Moz.

Analisando dados de precipitação e temperatura da Estação Altamira - INMET (Figura 3), a mais próxima do Embaubal, e seguindo a metodologia de Nimer (1979), a área de estudo encontra-se na zona climática Equatorial Quente e Úmido por ter médias de temperaturas anuais superiores a 18°C para fevereiro (o mês mais frio) e 2 meses secos (agosto e setembro). O período com maior concentração de precipitações de chuva está entre dezembro e maio e por vezes se estende até junho.

Correlacionando os dados de pluviometria (Figuras 1 e 2) e cotas fluviométricas (Figuras 4 e 5), percebe-se relação direta entre os temas, ou seja, o aumento da precipitação de chuva eleva as cotas altimétricas e o aumento e diminuição da cota fluviométrica do trecho final do Rio Xingu também estão sob influência dos regimes de cheias e vazantes do Rio Amazonas, o que pode ocasionar a permanência espaço-temporal de níveis da água acima do nível médio histórico local.

Franco *et al.* (2015) concluem que o regime de cheia se encontra nos meses de março a maio; e regime de vazante nos meses de agosto a outubro para o Rio Xingu. Entretanto, há diferenças quando se analisa as médias para os meses do ano, onde se observa que o término dos regimes de cheias e vazantes na foz do Rio Xingu ocorrem um mês depois da ocorrência na sede municipal de Altamira, com máximo fluviométrico no mês abril e mínimo em novembro.

Os dados relativos à vazão (mensurados na Estação Altamira) foram expressos na figura 6; e comparando-os com as figuras 2 e 5 observa-se relação direta entre vazão, chuvas e nível da água no trecho do Rio Xingu nas imediações da cidade de Altamira. Contudo, deve-se fazer ressalvas quando inferir a vazão para o trecho do Embaubal, pois há desaceleramento das águas do rio, provocado pelo processo de ria e esse trecho está sobre rochas sedimentares.

Figura 1: Pluviometria Total entre 1984 e 2014, mensurada nas Estações do INMET: Porto de Moz, Altamira, São Félix do Xingu e Canarana

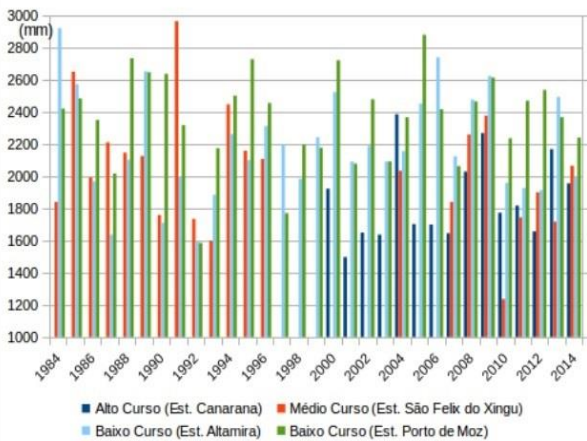


Figura 3: Pluviometria Média e Temperatura Média das Máximas, Médias e Mínimas para os meses entre 1984 e 2014, mensuradas na Estação Altamira (INMET)

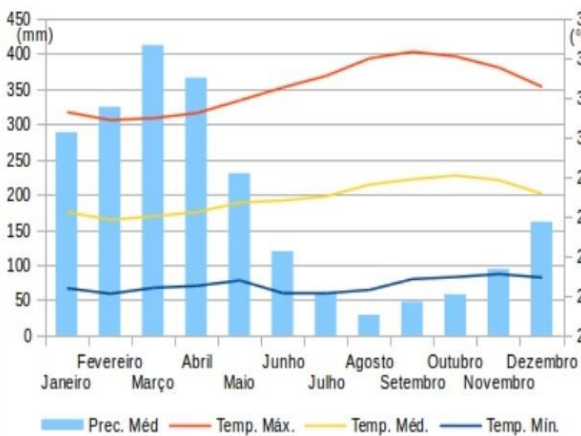


Figura 5: Cota Fluviométrica Média dos meses entre 1984 e 2014, mensurada nas Estações da ANA: Porto de Moz e Altamira

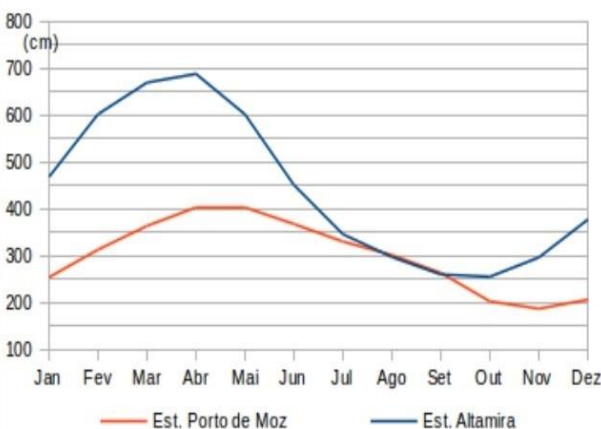


Figura 2: Pluviometria Média Mensal entre 1984 e 2014, mensurada nas Estações do INMET: Porto de Moz, Altamira, São Félix do Xingu e Canarana

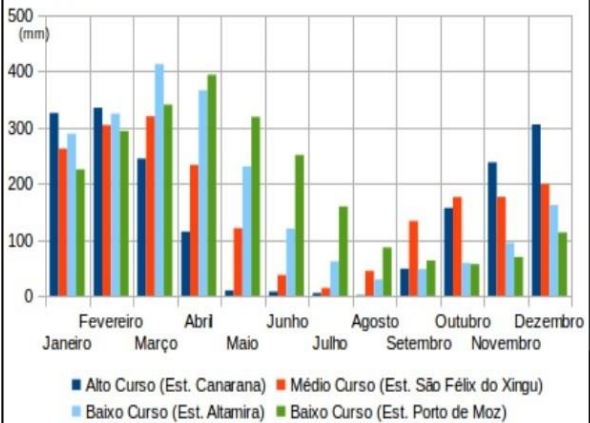


Figura 4: Cota Fluviométrica Média entre 1984 e 2014, mensurada nas Estações da ANA: Porto de Moz e Altamira

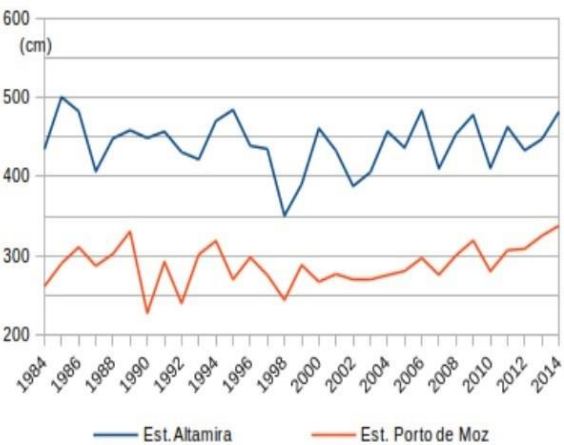
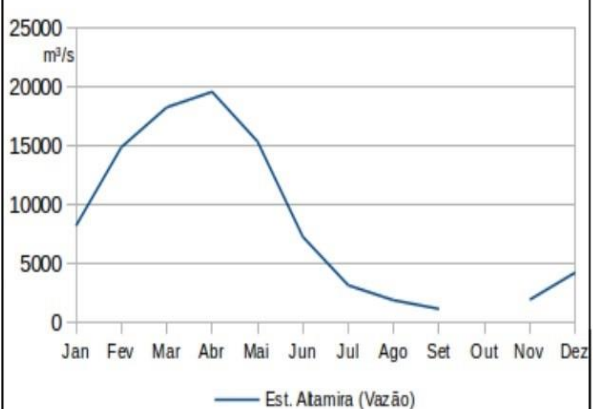


Figura 6: Vazão Média dos meses entre 2007 e 2014, mensurada na Estação Altamira da ANA



Elaboração: dos autores



3.2 ASPECTOS GEOLÓGICO-GEOMORFOLÓGICO E TIPOS DE SOLOS DO EMBAUBAL

No mapa de unidades litoestratigráficas do Baixo Rio Xingu (cf. DE PAULA *et al.*, 2016) é perceptível que o trecho do rio, correspondente ao Embaubal, está sobre a Formação Alter do Chão. Nesse trecho o rio possui padrão anastomosado, independente do período do ano observado, fato relacionado à deposição de cargas detríticas mais arenosas (SCHUMM, 1967; CUNHA, 1995). Trechos anastomosados caracterizam-se por apresentar grande volume de carga de fundo, que conjugado com as flutuações das descargas ocasionam a ramificação do rio em múltiplos canais, separados por ilhas assimétricas (CHRISTOFOLETTI, 1980; CUNHA, 1995).

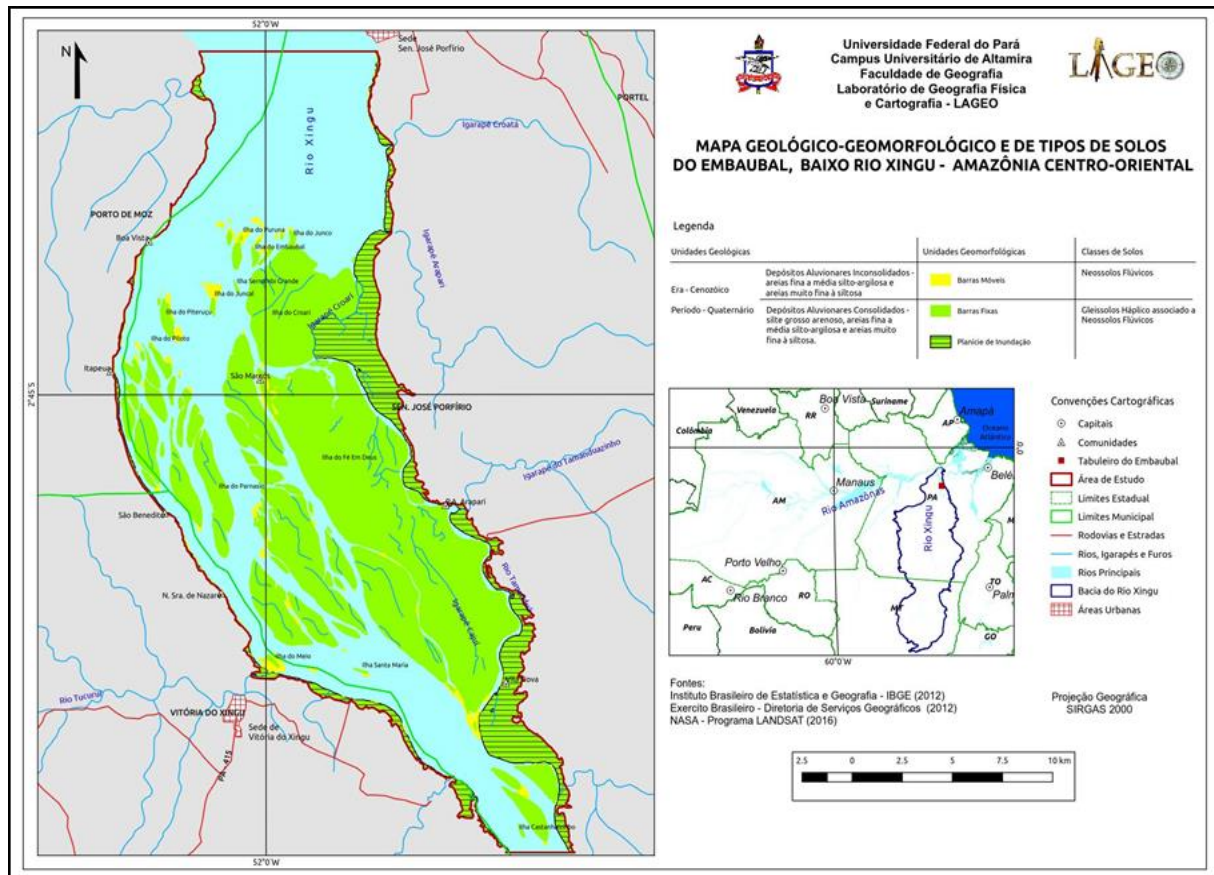
Nesse trecho do rio Xingu, dá-se o início da *ria* formada pela transgressão marinha exercida pelas águas do oceano Atlântico sobre o Rio Amazonas, o qual também provoca aumento diário do nível das águas do Rio Xingu e tornou o vale largo com foz em forma de trombeta. A *ria* diminui a competência de transporte do Rio Xingu, o que viabiliza a deposição de sedimentos finos, que formam a paisagem do Embaubal.

A datação de sedimentos por luminescência opticamente estimulada, realizada por Souza (2015) em depósitos de sedimentos dessa paisagem fluvial, registra idades relacionadas ao Pleistoceno Inferior e, principalmente, ao Holoceno Médio. O trecho leste do Embaubal é mais antigo que o trecho oeste e as áreas recobertas por Floresta Ombrófila Densa Aluvial são mais antigas, com idade superior a cem anos (SOUZA, 2015); e as áreas recobertas por Vegetação Pioneira com influência fluvial são mais recentes, idade inferior a 100 anos.

Na Figura 7 foram identificadas as seguintes unidades geológicas quaternárias: depósitos aluvionares inconsolidados e depósitos aluvionares semi-consolidados. Os depósitos aluvionares são formados pela deposição de sedimentos finos transportados pelas águas do Rio Xingu e seu estado de consolidação está relacionado à presença ou não de cobertura vegetal, os inconsolidados possuem cobertura vegetal incipiente e os consolidados possuem cobertura vegetal arbustiva e/ou arbórea.

De acordo com Souza (2015), a estratigrafia sedimentar dos depósitos aluvionares inconsolidados tem no topo areias finas a médias silto-argilosas; e na base areias muito finas a siltosas. Já nos depósitos aluvionares semi-consolidados possuem como topo uma camada de silte grosso arenoso, outra de areias finas a médias silto-argilosas, e na base, camada de areias muito finas a siltosas.

Figura 7: Mapa Geológico-Geomorfológico e de Tipos de Solos do Embaubal, Baixo Rio Xingu - Amazônia Centro-Ocidental



Os depósitos aluvionares inconsolidados constituem geomorfológicamente as barras móveis ou barras laterais (praias fluviais), que surgem no período de vazante do Rio Xingu e localizam-se, principalmente, na porção Oeste do Embaubal. Porém, podem ser encontradas no entorno das ilhas e nas margens do rio. As barras móveis, ou parte delas, podem ser transitórias, somente existindo entre dois períodos de cheias, quando seriam removidas com a retomada da capacidade de transporte do rio. Geralmente, são ambientes planos com diferenças altimétricas inferiores a 1,5m. Algumas dessas praias, a exemplo da praia formada na ilha do Juncal, possuem cristas com altimetria superior a 2m em relação ao seu entorno, o que as tornam aptas a serem utilizadas como local de desova para as *Podocnemis expansa*.

As praias fluviais possuem solos pouco evoluídos, constituídos por material mineral e quantidade insignificante de matéria orgânica e são classificados como Neossolos Flúvicos. Nesses solos inicia-se a formação vegetal das ilhas e o conseqüente processo de fixação sedimentar. Os Neossolos Flúvicos encontrados no Embaubal, por serem inundados sazonalmente, não são indicados para práticas agrícolas permanentes. As áreas recobertas por gramíneas são comumente utilizadas para o pastoreio de bovinos no período de vazante dos rios, o qual pode retardar o



processo de formação de solos, devido à retirada da vegetação, que amenizam processos morfogênicos e intensificam processos pedogenéticos.

Nos depósitos aluvionares semi-consolidados foram mapeadas duas classes geomorfológicas: Barras Fixas e Planície de Inundação. As barras fixas ou ilhas fluviais diferenciam-se das barras móveis, por já possuírem cobertura vegetal arbustiva e arbórea, e ocuparem grande parte da área central do leito fluvial.

A planície de inundação está, em sua maior expressão, na margem direita do trecho do rio em estudo, sendo recoberta por vegetação arbórea inundada nas cheias do Rio Xingu; e enquanto a margem direita possui declive suave, a margem esquerda tem declive abrupto em forma de falésias fluviais.

As Barras Fixas e Planície de Inundação possuem solos do tipo Gleissolos Háplicos associados a Neossolos Flúvicos. Os Gleissolos Háplicos desenvolvem-se em sedimentos aluviais Holocênicos sujeitos a condições de hidromorfia. De acordo com Pará (2013), quando ocorrem associados a solos fluviais apresentam alta fertilidade, o que incentiva o uso pela agricultura que deve estar adaptada aos regimes de cheia do rio que os inundam. Os moradores do arquipélago desenvolvem atividades agrícolas de subsistência associadas à pecuária extensiva de bubalinos nesses solos.

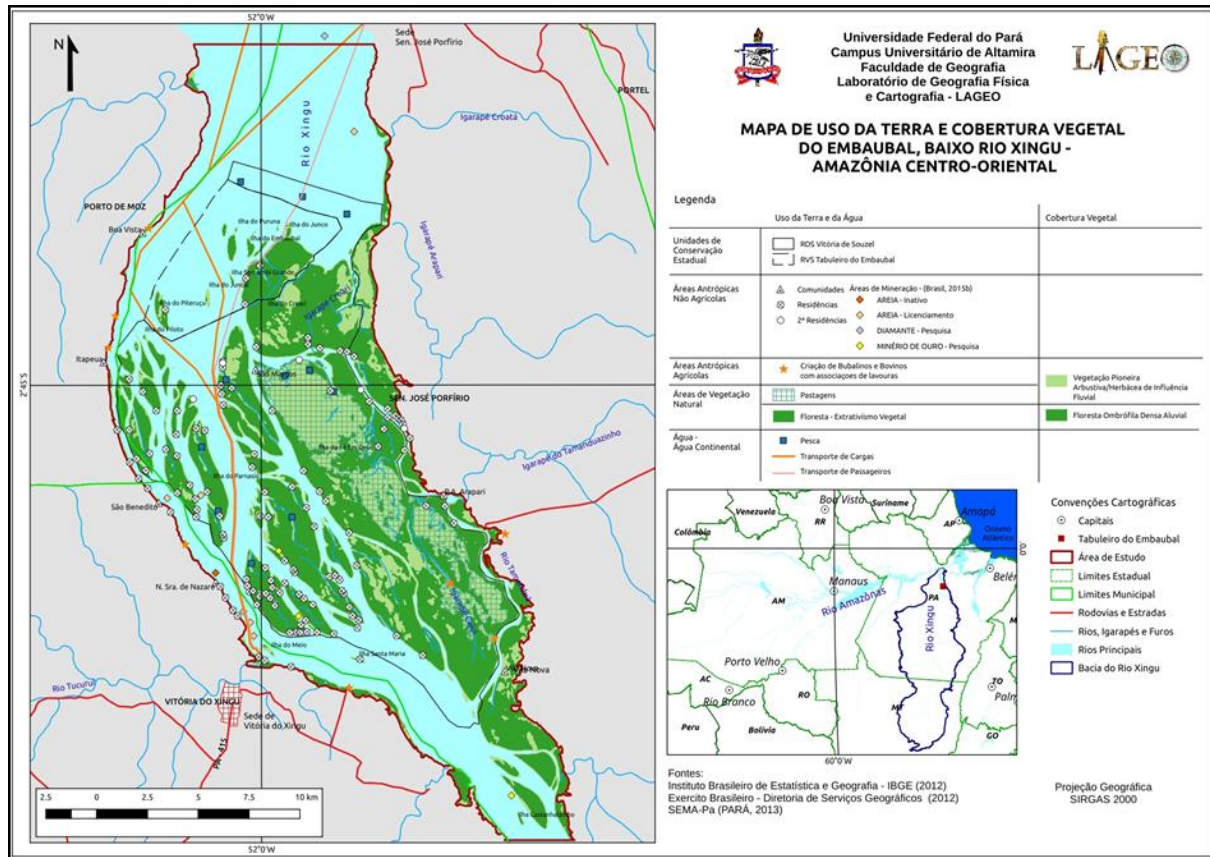
3.3 USOS DA TERRA E COBERTURA VEGETAL

Steinen (1884 apud UMBUZEIRO; UMBUZEIRO, 2012) indica que os usos da terra e das águas do Embaubal estão inicialmente relacionados ao avanço colonizador dos padres Jesuítas na Floresta Amazônica no século XVII, os quais subiram o Rio Xingu e instalaram a Aldeia Xingu (Aricari, ou Souzel Velho) próximos à porção Norte do Embaubal, onde extraíram látex das seringueiras e produziram óleo com ovos das tartarugas-da-Amazônia.

Segundo Pará (2013), as principais atividades no Embaubal são a pesca artesanal, pecuária, pequenas roças e a extração do látex dos seringais nativos, que foram mapeados e categorizados, segundo Brasil (2013), em Áreas Antrópicas Agrícolas, Área de Vegetação Natural e Água Continental (Figura 8).

O Embaubal possui duas Unidades de Conservação Estaduais, a saber: Refúgio de Vida Silvestre (REVIS) Embaubal; e Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS) Vitória de Souzel. Ambas criadas pelo Decreto nº 1.566, de 17 de junho de 2016, do Governo do Estado do Pará (PARÁ, 2016), e juntas totalizam cerca de 272 km².

Figura 8: Mapa de Uso da Terra e Cobertura Vegetal do Embaubal, Baixo Rio Xingu - Amazônia Centro-Oriental



As Áreas Urbanas referem-se às áreas das sedes das cidades paraenses Senador José Porfírio e Vitória do Xingu, que mesmo não possuindo as sedes dentro do Embaubal exercem significativo papel no uso e ocupação dessa paisagem, pois os pescadores, os habitantes, a fiscalização ambiental, as vias de transporte de carga e passageiros surgem ou confluem dessas cidades.

No limite da área de estudo estão as comunidades São Marcos, Projeto de Assentamento Arapari, Vila Nova, Boa Vista, Itapeua, São Benedito e Nossa Senhora de Nazaré, constituídas por famílias de pescadores, extrativistas, pequenos pecuaristas e agricultores. Segundo Pará (2013), há ocupações temporárias, permanentes e ainda 2^{as} residências. De acordo com relatos da equipe de fiscalização do IDEFLOR-BIO, esses números para o ano de 2016 foram ampliados.

De acordo com Pará (2013), a agricultura no Embaubal é incipiente e majoritariamente temporária com esporádicos casos de implantação de sistemas agroflorestais. Os moradores das ilhas mantêm pequenas áreas com plantações de arroz, mandioca, banana, mamão, coco-da-baía, acerola, caju, feijão, milho, cacau, melancia, maracujá e hortaliças. Conforme relatos de habitantes locais, na maior ilha do arquipélago, a Ilha do Fé em Deus, na década de 1980 ocorreu um grande incêndio que comprometeu parte da sua formação florestal. A ilha ainda é predominantemente ocupada por Vegetação Pioneira Herbácea e Arbustiva que são utilizadas como pastagens para



criação de bubalinos durante o ano e bovinos no período de diminuição do nível do rio. Ainda há uso do fogo para abertura de novas áreas de pastagens, que suprime a cobertura vegetal e, segundo Pará (2013), potencializa o processo erosivo e a convivência conflituosa dos criadores de gado com seringueiros e pescadores.

A Vegetação Pioneira Herbácea ou sua fase Arbustiva de influência fluvial são tipificações vegetais atribuídas às comunidades vegetais das planícies fluviais, que constituem reflexo dos efeitos das cheias dos rios nos períodos chuvosos; sendo formações vegetais relacionadas ao modelado de acumulação, solos em processo inicial de formação e sujeitos à inundação e podem ser denominadas como Campos Mistos alagáveis e/ou Campos de Várzeas (BRASIL, 2008). Nas áreas que permanecem alagadas a maior parte do ano, presencia-se plantas como o Aguapé (*Eichhornia sp.*), e plantas anfíbias como a Perimembeca (*Paspalum repens*), e a fase arbustiva é bem caracterizada pela Aninga (*Montrichardia arborescens*).

De acordo com Brasil (2008), a Floresta Ombrófila Aluvial é uma formação vegetal típica da região Amazônica, com ocorrência ao longo dos cursos d'água e ilhas, ocupando as planícies fluviais sazonalmente inundadas. Também é conhecida como igapó e tem o predomínio de espécies de rápido crescimento, casca lisa e frequentemente seus troncos apresentam raízes aéreas.

O Extrativismo Vegetal está associado às áreas com coberturas típicas de Floresta Ombrófila Aluvial, principalmente nas ilhas da porção Oeste, e tem como principal produto o látex das seringueiras. Segundo fiscal ambiental da SEMMA de Senador José Porfírio, há algumas árvores produtoras de látex que se encontravam em estado de abandono, que de acordo com Carneiro et al. (2016) é consequência dos entraves à subvenção governamental vivenciados no ano de 2013, que desestimularam a continuidade da extração e comercialização da borracha pelos extrativistas na área.

Quanto ao saneamento básico, as águas do Rio Xingu e dos igarapés do Embaubal são utilizadas pelos moradores das ilhas para o desenvolvimento de atividades domésticas (tratamento de alimentos e dessedentação) e higiene pessoal. Na ausência de rede de esgoto sanitário e coleta de resíduos sólidos, o esgoto doméstico é posto em fossas rudimentares, e os resíduos sólidos, quando não são enterrados ou queimados, são jogados nas águas do rio.

O transporte de cargas e passageiros por via fluvial é realizado tanto no canal principal do Rio Xingu, como nos furos (conexão fluvial entre ilhas). As cargas e os passageiros são transportados em embarcações de pequeno a médio porte; as pequenas embarcações fazem o transporte principalmente entre Senador José Porfírio e Vitória do Xingu. As embarcações de médio porte são menos frequentes e transportam os maiores volumes de cargas; o percurso passa próximo

dos locais de desova das tartarugas-da-Amazônia e, segundo Carneiro (2012), comprometem o processo de desova da espécie.

Os moradores das ilhas do Embaubal e entorno utilizam pequenas embarcações conhecidas localmente como “popopô”, “catraias” e canoas para deslocamentos curtos e para o desenvolvimento da atividade da pesca comercial ou de subsistência. A atividade de pesca é realizada nos furos, igarapés e lagos intermitentes entre as ilhas ou dentro delas. Segundo Pará (2013), essa atividade tem como principal fim a comercialização e são utilizadas redes de pesca e veneno. No período chuvoso (fevereiro a maio) a atividade é mais intensa, entretanto a pesca é realizada durante todo o ano.

3.4 UNIDADES GEOECOLÓGICAS E FRAGMENTAÇÃO DA PAISAGEM

O Embaubal encontra-se no Domínio Bacia Sedimentar Amazônica, Província Planície e Planaltos da Amazônia Oriental, Distrito Planície Fluviais da Amazônia Centro-Oriental e na Região da Planície Fluvial do Rio Xingu (DE PAULA *et al.*, 2016). Considerando o nível mínimo normal da água do Rio Xingu, delimitou-se cinco unidades geoecológicas (Figura 9), a saber: Praias Fluviais; Ilhas Desagregadas; Ilhas Agregadas; Planície de Inundação da Margem Direita; e Planície de Inundação da Margem Esquerda.

A unidade Praias Fluviais (Figura 10C) constitui 7,7 km² (2%) dos 431,2km² calculados para a paisagem de Embaubal. É composta por 285 fragmentos, que somente entre setembro e dezembro, meses com as menores cotas fluviométricas, são perceptíveis na paisagem. Constituem depósitos aluvionares inconsolidados, com Neossolos Flúvicos com insignificante cobertura vegetal do tipo Vegetação Pioneira Herbácea de Influência Fluvial e são utilizados esporadicamente para pastoreio de bovinos e como anteparo para estruturas temporárias de lazer e de caça e pesca.

Da unidade Planície de Inundação da Margem Esquerda, o menor fragmento possui área de 0,09ha e o maior possui 413,37ha, com média de 10,58ha.



Figura 9: Mapa de Unidades Geológicas do Embaubal, Baixo Rio Xingu - Amazônia Centro-Oriental

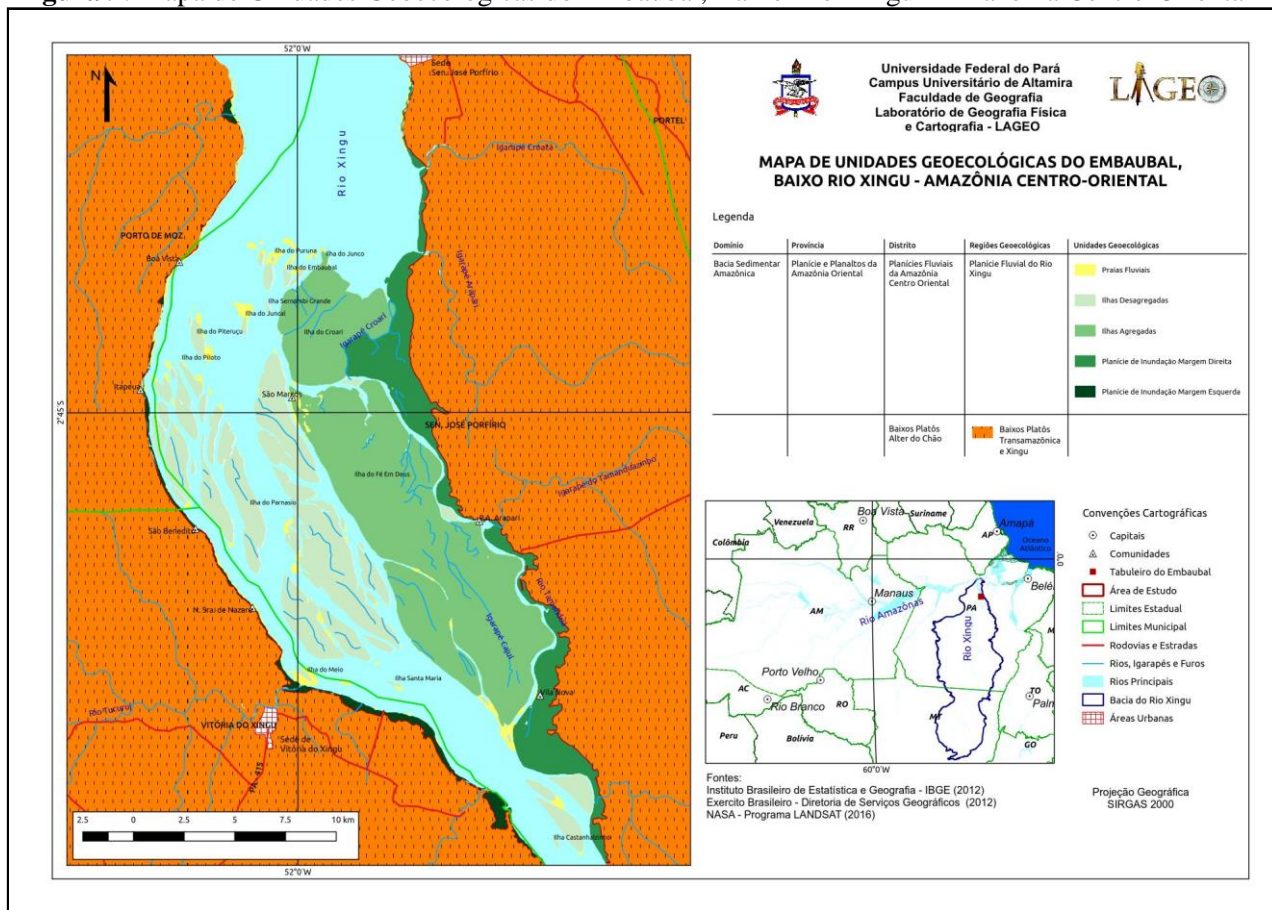
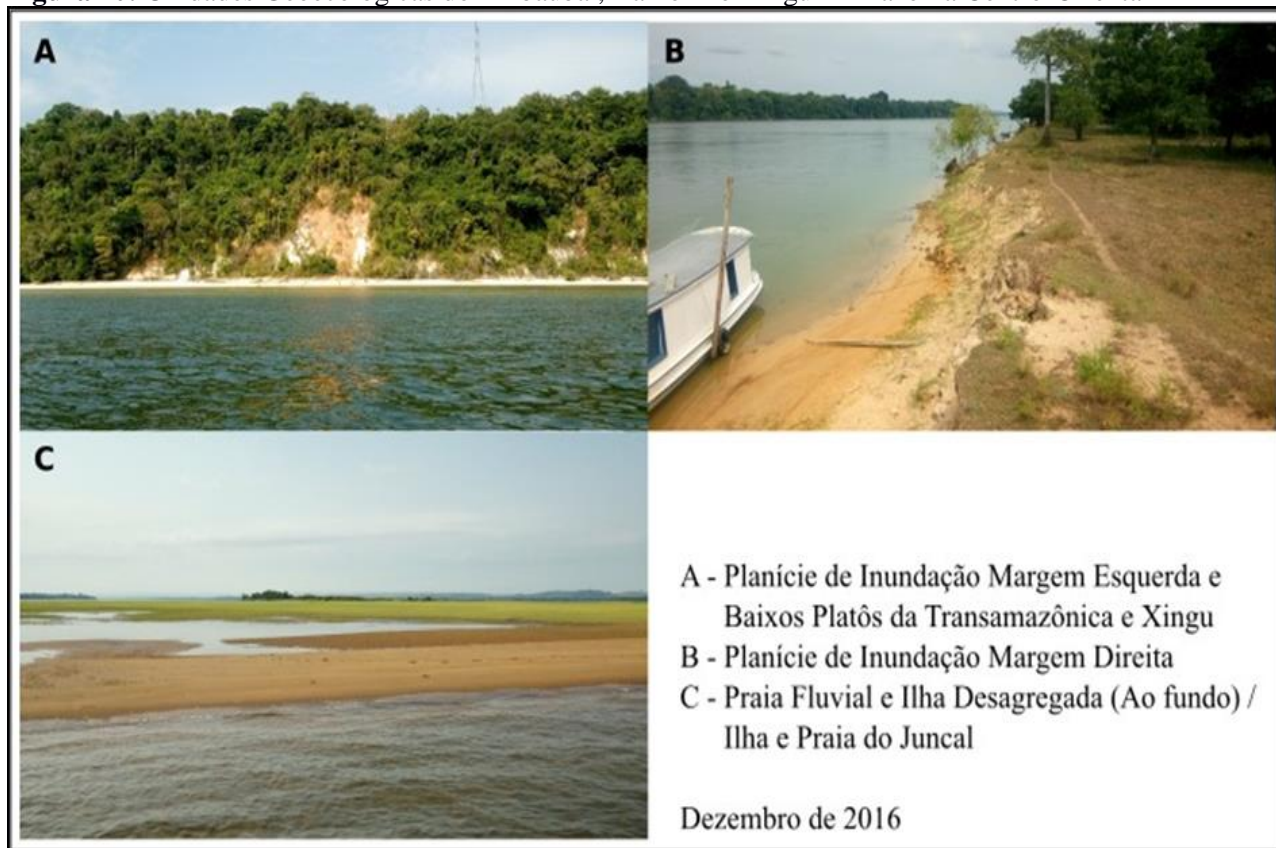


Figura 10: Unidades Geológicas do Embaubal, Baixo Rio Xingu - Amazônia Centro-Oriental



A Margem Esquerda, em decorrência das suas características geocológicas, é estreita quando comparada à Planície de Inundação da Margem Direita e é compartimentada em pequenos fragmentos; 81,7% desses possuem tamanho até 1ha e que os maiores fragmentos da Planície de Inundação da Margem Esquerda estão associados à foz de tributários do Rio Xingu.

A unidade Ilhas Agregadas e a Planície de Inundação Margem Direita, apesar do menor quantitativo de fragmentos na paisagem, possuem os maiores fragmentos. A unidade Ilhas Agregadas possui três fragmentos, com áreas de 1.263,15ha, 2.105,1ha e 7.170,57ha, onde o maior ocupa cerca de 19,56% da paisagem de Embaubal. A Planície de Inundação Margem Direita possui fragmentos que variam de 2,97ha a 1.747,44ha, com área média de 685,3ha.

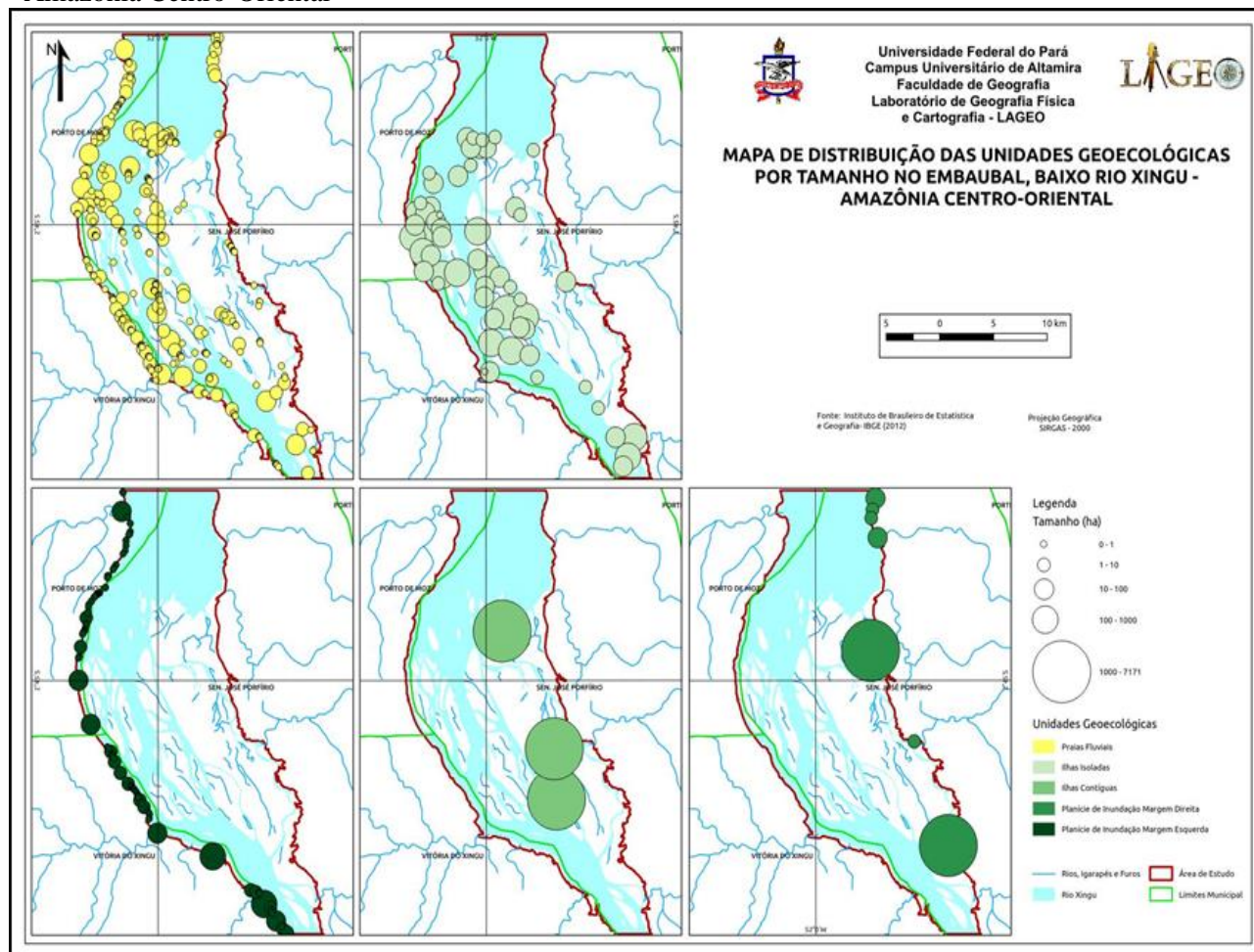
As Ilhas Desagregadas (Figura 10C) possuem 57 fragmentos, perfazendo um total de 62,7 km² (15%) da paisagem, recobertas por Floresta Ombrófila Aluvial, que reveste os Gleissolos Háplicos associados a Neossolos Flúvicos formados sobre depósitos aluvionares semiconsolidados, e tem como principal uso o extrativismo vegetal do látex de seringueiras (*Hevea sp.*).

As unidades Planície de Inundação Margem Direita (Figura 10B) e Planície de Inundação Margem Esquerda (Figura 10A) estão às margens do canal fluvial, até o contato com a região geocológica Baixos Platôs Transamazônica e Xingu. Possuem vegetação dos tipos Floresta Ombrófila Aluvial e Vegetação Pioneira Herbácea-Arbustiva, que recobrem Gleissolos Háplicos formados sobre Depósitos Aluvionares Semi-consolidados. Além da localização, a Margem Direita se diferencia estruturalmente da Margem Esquerda, por possuir menor número de compartimentações (em número de 8) e maior tamanho (34,3km²), enquanto que a Margem Esquerda apresenta 109 partes e uma menor superfície (6,1km²).

Como pode ser observado na Figura 11, a massa de água do Rio Xingu representa 50%, ou 215km² da paisagem do Embaubal; e quando observado o nível mínimo normal das águas, a unidade Praias Fluviais possui o maior número de fragmentos entre as unidades de paisagem do Embaubal e menores tamanho, com variação entre 0,09 a 83,97ha e área média de 4,05ha. A distribuição dos fragmentos até 10ha na paisagem é uniforme, entretanto os fragmentos de 10 a 100ha espalham-se, principalmente, na porção leste do canal fluvial.



Figura 11: Mapa de Distribuição das Unidades Geoecológicas por Tamanho no Embaubal, Baixo Rio Xingu - Amazônia Centro-Oriental



A unidade Ilhas Desagregadas possui fragmentos com tamanhos que variam entre 0,81 a 1245,33 ha, com área média de 116,13ha. Apesar de possuir fragmentos em todas as classes de tamanho, 95% estão entre 1 a 1000ha, e a distribuição, assim como nas Praias Fluviais, concentra-se na porção leste do trecho fluvial em estudo.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O entendimento sistêmico e holístico das paisagens fluviais, proporcionado pelos estudos geoecológicos, pode contribuir para solucionar problemas complexos impostos pela implantação da Usina Hidrelétrica de Belo Monte no Rio Xingu e pelos usos da terra e das águas no Embaubal.

O Embaubal está localizado no início do trecho que contém a ria formada no Rio Xingu pela transgressão do Oceano Atlântico sobre o Rio Amazonas, fato que provoca aumento e redução diária da cota fluviométrica nesse trecho do Rio Xingu. Nesse trecho também não há sincronismo pleno na elevação e rebaixamento sazonal das cotas fluviométricas com o restante do Rio Xingu,

porque o nível da água do trecho final do rio está também sob influência dos regimes de cheias e vazantes do Amazonas, dado que o prolongamento ou antecipação das cheias no Amazonas pode aumentar ou diminuir as cotas fluviométricas do Xingu, antecipando ou perdurando cheias nos baixos cursos.

Foram identificadas cinco unidades de paisagem, a saber: Praias Fluviais, Ilhas Desagregadas, Ilhas Agregadas, Planície de Inundação da Margem Direita e Planície de Inundação da Margem Esquerda. Mudanças nessa estrutura da paisagem, por motivo da evolução natural ou por necessidade de atividades humanas, repercutirá no seu funcionamento, evolução, ecodinâmica e consequentemente na vulnerabilidade ambiental.

Estudos futuros sobre funcionamento e evolução geocológica podem indicar se os espaços ocupados pelas águas do Rio Xingu atuam como corredores, através da distribuição e coleta de energia, matéria e informação entre as unidades de paisagem, entre os ambientes adjacentes; e se exercem controle sobre o seu funcionamento e evolução; e verificar se são consideradas matrizes da paisagem, por ser lócus de origem das unidades de paisagem.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos às Universidades Federais do Pará e do Ceará, à Universidade Estadual do Ceará e ao Instituto de Desenvolvimento Florestal e da Biodiversidade do Estado do Pará pelo apoio científico e logístico na construção da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. **Domínios da natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.
- BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Ministério de Minas e Energia (Comp.). **Processos Minerários**. [Brasília]: Autor, 2015. Dados até 20 de julho de 2015. Disponível em: <<http://sigmine.dnpm.gov.br/webmap/>>. Acesso em: 21 jun. 2015.
- BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Governo Federal (Org.). **Projeto Radam - Folha SB.22 Araguaia: Levantamento de Recursos Naturais**. Rio de Janeiro: [si], 1974.
- BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Ministério do Planejamento Orçamento e Gestão. **Estado do Pará: Vegetação**. Rio de Janeiro: IBGE, 2008. Mapa.
- BRASIL. Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária – Embrapa/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. **TERRA CLASS 2010: Levantamento de informações de uso e cobertura da terra na Amazônia**. [São José dos Campos]: Autor, 2013a. Sumário Executivo.



BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Ministério do Planejamento Orçamento e Gestão. **Manual Técnico de Uso da Terra: Manuais Técnicos em Geociências**. 3. ed. Rio de Janeiro, 2013b. 171 p.

BRASIL. Instituto Nacional de Pesquisa Espacial. Governo Federal (Org.). Os satélites LANDSAT 5 e 7. **Principais características e aplicações das bandas TM e ETM dos satélites LANDSAT 5 e 7**. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/Suporte/files/Cameras-LANDSAT57_PT.php>. Acesso em: 12 jun. 2014.

BRASIL. Instituto Nacional Pesquisas Espaciais - INPE. **Ministério da Ciência Tecnologia e Inovação - MCTI. Projeto PRODES: Divulgação da taxa consolidada do desmatamento da Amazônia Legal para período ago/2013 – jul/2014**. Brasília: Autor, 2015. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/prodes/Prodes_Taxa2014.pdf>. Acesso em: 15 set. 2015.

CARNEIRO, A. C. C. et al. Extrativismo da borracha no Arquipélago do Tabuleiro do Embaubal: cadeia produtiva e entraves. **Revista Observatorio Economía Latinoamericana**, [S.I.], v. 1, n. 226, p.1-18, dez. 2016. Disponível em: <<http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/br/16/tabuleiro.html>>. Acesso em: 11 ago. 2018.

CARNEIRO, Cristiane Costa. **Influência do Ambiente de Nidificação sobre a Taxa De Eclosão, a Duração da Incubação e a Determinação Sexual em Podocnemis (reptilia, Podocnemididae) no Tabuleiro do Embaubal rio Xingu, Pará**. 2012. 54f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ecologia Aquática e Pesca, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará, Belém, 2012.

CHANDER, G; MARKHAM, B. L.; HELDER, D. L. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. **Remote Sensing of Environment**, [S.I.], v. 113, n. 5, p.893-903, maio 2009.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Editora Blucher. 12ª reimpr., 1980.

CONGEDO, Luca. **Semi-Automatic Classification Plugin Documentation: Versão 5.3.6.1**. S.i: S.i., 2017. 274 p. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.29474.02242/1>>. Acesso em: 3 abr. 2017

CUNHA, Sandra B. **Impactos das Obras de Engenharia Sobre o Ambiente Biofísico da Bacia do Rio São João (Rio de Janeiro – Brasil)**. Rio de Janeiro: Ed: Instituto de Geociências, UFRJ, 1995. 378 p.

DE PAULA, E. M. S. *et al.* Compartimentação Geoecológica da Sub-Bacia do Baixo Rio Xingu – Amazônia Centro-Oriental, Brasil. **Revista Equador**, Teresina, v. 5, n. 4, p.128-150, 2016.

DE PAULA, E. M. S. **Mapeamento e Caracterização Geológica- Geomorfológica de Trecho Fluvial do Baixo Rio Xingu – Amazônia Centro-Oriental**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 12. 2018, Crato. **Anais....** Crato: SINAGEO, 2018. p. 18 Disponível em:<<http://sinageo.org.br/2018/trabalhos/8/8-183-1268.html>>. Acesso em: 1 ago. 2018.

FARIAS, Juliana Felipe. **Aplicabilidade da Geoecologia das Paisagens no Planejamento Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Palmeira-Ceará/Brasil**. 2015. 222 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

- FEARNSIDE, Philip M. **Hidrelétricas na Amazônia: Impactos ambientais e sociais na tomada de decisões sobre grandes obras.** Manaus: INPA, 2015. 296 p.
- FRANCO, V. dos S. et al. Evolução Mensal da Cota Fluviométrica do Rio Xingu em Altamira-PA Associada aos Eventos El Niño e La Niña. **Ciência e Natura**, [s.l.], v. 37, n. 1, p. 104-109, 7 mar. 2015.
- JESEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres.** Tradução José Carlos Neves Epiphânio (Coordenador). [et al.]. São José dos Campos, SP: Parêntese, 2011. 2ªed.
- MANOSSO, F. C; NÓBREGA, M. T. A estrutura geoecológica da paisagem como subsídio a análise geoambiental no município de Apucarana-PR. **Revista Geografar**, Curitiba, v. 3, n. 2, p. 86-116, jul./dez. 2008.
- MARTIN, J. Lecos - A python plugin for automated landscape ecology analysis, **Ecological Informatics**, 31, 2016. p. 18-21.
- MAURO, Cláudio Antônio de; *et al.* Análise da paisagem como base para uma estratégia de organização geoambiental: Corumbataí-SP. **Revista Geografia**, 20 (1). abr. 1995. p. 81-129.
- MCGARIGAL, K.; MARKS, B. J. **FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure.** 2. ed. [Corvallis]: Oregon State University, 1994. 141 p.
- MÜLLER, A. C. **Hidrelétricas, Meio Ambiente e Desenvolvimento.** São Paulo, Makron Books, 1995.
- NIMER, E.. Um modelo metodológico da classificação de climas. **Revista Brasileira de Geografia.** IBGE, Rio de Janeiro, n 4, p. 59-89, out de 1979.
- PARÁ (Estado). Decreto nº 1556, de 17 de junho de 2016. Cria o Refúgio de Vida Silvestre Tabuleiro do Embaubal e a Reserva de Desenvolvimento Sustentável Vitória de Souzel, ambas no Município de Senador José Porfírio e dá outras providências. **Decreto no 1566 de 17/06/2016.** 1. ed. Palácio do Governo, PA: Diário Oficial do Estado, 20 jun. 2016.
- PARÁ. Diretoria de áreas Protegidas. Secretaria de Estado de Meio Ambiente. **Diagnóstico Ambiental, Socioeconômico e Fundiário para Criação de Unidades de Conservação de Proteção Integral e Uso Sustentável Tabuleiro Do Embaubal.** Belém: SEMA-PA, 2013. 305 p. 2 volumes.
- RODRIGUEZ, J. M. M. **La ciencia del paisaje a la luz del paradigma ambiental.** Cadernos de Geografia. Belo Horizonte, v. 8, n. 10, 1998. p. 63-68.
- RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V.; CAVALCANTI, A. P. B. **Geoecologia das Paisagens: Uma visão geossistêmica da análise ambiental.** Fortaleza: Edições UFC, 2013, 222p.
- ROUSE, J. W.; HASS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In: **EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE SYMPOSIUM**, 3., 1973, Washington. Proceedings. Washington: NASA, 1974. p. 309-317.
- SCHUMM, S. A. Meander wavelenght of alluvial rivers. *Science*, 157: 1549-1550, 1967.



SILVA, E. V.; RODRIGUEZ, J. M. M. Geocologia da paisagem: zoneamento e gestão ambiental em ambientes úmidos e subúmidos. **Revista Geográfica de América Central**, v. 2, n. 47E, 2011.

SOUZA, D. F. e. **Evolução Sedimentar do Tabuleiro do Embaubal, Baixo Rio Xingu**. 2015. 68 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geoquímica e Geotectônica, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

STEINEN, K. V. D.. **Durch Central-Brasilien Expedition zur Erforschung des shingü im Jabre**. 1884. Leipzig: F. A. Brockhaus, 86, p. 3.

UMBUZEIRO, A. U. B.; UMBUZEIRO, U. M.. Antecedentes Históricos. In: UMBUZEIRO, A. U. B.; UMBUZEIRO, U. M.. **Altamira e a sua História**. 4. ed. Belém: Ponto Press Ltda, 2012. p. 35-48. Edição Revista e Ampliada.

VICTOROV, A. S. **A imagem da paisagem**. Moscou: Editora Misl., 1986. 179p.

VIDAL, M. R.. **Geocologia das Paisagens: Fundamentos e Aplicabilidades para o Planejamento Ambiental no Baixo Curso do Rio Curu-Ceará-Brasil**. 2014. 191 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

Recebido em 03 de Dezembro de 2018
Aprovado em 19 de Maio de 2019