

GEOMORFOLOGIA E PLANEJAMENTO AMBIENTAL EM UMA REGIÃO DE CONFLITOS SOCIOAMBIENTAIS NA AMAZÔNIA BRASILEIRA

GEOMORPHOLOGY AND ENVIRONMENTAL PLANNING IN A REGION OF SOCIOENVIRONMENTAL CONFLICTS IN THE BRAZILIAN AMAZON

João Paulo S. de CORTES^{1,3}, Claudio Fabian SZLAFSZTEIN², George Luiz LUVIZOTTO³

¹Instituto de Ciência e Tecnologia das Águas, Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA. Avenida Mendonça Furtado, 2946 - Fátima, Santarém, PA, Brasil. E-mail: decortesjps@gmail.com.

²Núcleo de Meio Ambiente (NUMA), Universidade Federal do Pará – UFPA. Cidade Universitária Prof. José da Silveira Netto. Rua Augusto Corrêa, 01 – Guamá, Belém, PA, Brasil. E-mail: ioselesz@gmail.com.

³Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista – UNESP. Programa de Pós Graduação em Geociências e Meio Ambiente. Avenida 24-A, n 1515 - Bela Vista, Rio Claro, SP, Brasil. E-mail: george.luvizotto@gmail.com

Introdução

Materiais e Métodos

Resultados e Discussão

Planície em Barras de Acreção - PBA

Planície Inundável - PI

Planície Emersa - PE

Terraço de Santarém - TS

Planalto de Santarém-Belterra – PSB

Dinâmica Geomorfológica na área prevista para instalação do TUP EMBRAPAS

Conclusões

Referências

RESUMO - A região oeste do estado do Pará tem atraído investimentos crescentes devido à sua posição estratégica dentro de um modelo de exportação em consolidação no Brasil, de escoamento de *commodities* via a calha Amazônica. Este interesse vem acompanhado de conflitos associados a implantação de obras, especialmente de infraestrutura e logística e de mudanças no uso do solo com a conversão de terras. Dentro deste cenário é fundamental que haja subsídios para que seja realizado um planejamento ambiental adequado tanto das obras quanto das atividades econômicas que vêm sendo propostas e implementadas em nível regional. Este trabalho propõe, através de compartimentação geomorfológica em escala adequada, contribuir para o processo de planejamento ambiental desta região, com foco na planície do Maicá, situada no município de Santarém, apontando potencialidades e vulnerabilidades encontradas em cada compartimento. São utilizados dados de sensoriamento remoto óptico e de radar adquiridos com base no regime hidrológico local, associados a dados oficiais (cartas náuticas e topográficas) e observações de campo. A descrição dos compartimentos identificados, traz ainda elementos para a discussão sobre a origem e evolução das formas e dos processos geomorfológicos na planície amazônica e terra firme, além de fornecer as bases para estudos de maior detalhe que possam investigar as relações entre os compartimentos encontrados.

Palavras Chave: Geomorfologia Aplicada; Planície Amazônica; Sentinel 1; Planejamento Ambiental.

ABSTRACT - The western state of Pará region has attracted increasing investments due to its strategic position within a model of exportation in consolidation in Brazil, of commodity outflow via the Amazon waterway. This interest is accompanied by conflicts associated with the implementation of works, especially infrastructure and logistics and changes in land use, such as land conversion processes. Within this scenario, it is essential to have subsidies for an adequate environmental planning of both the works and the economic activities that have been proposed and implemented at a regional level. This work proposes, through geomorphological compartmentation on a suitable scale, to contribute to the environmental planning process of this region, focusing on the Maicá floodplain, situated in the Santarém municipality, pointing out the potentialities and vulnerabilities found in each compartment. Optical remote sensing and radar data acquired on the basis of the local hydrological regime, associated with official data (nautical and topographic charts) and field observations are used. The description of the identified compartments also provides elements for the discussion on the origin and evolution of the geomorphological forms and processes in the Amazon floodplain and “terra firme”, as well as providing the bases for more detailed studies that can investigate the relationships between the compartments found.

Keywords: Applied Geomorphology; Amazon floodplain; Sentinel 1; Environmental Planning.

INTRODUÇÃO

A aplicação do conhecimento geomorfológico no planejamento e gestão ambiental e territorial transcende a compreensão da estrutura e dinâmica geomorfológica de uma determinada área e da probabilidade da iminência de eventos catastróficos, devendo-se avaliar também elementos sociais, culturais, políticos e

econômicos (Panizza, 1991).

O município de Santarém (estado do Pará, Brasil) está situado em uma região de interesse estratégico para a consolidação de uma rota de exportação amazônica de *commodities* (especialmente grãos), denominada Arco Norte de Exportação (Aguiar, 2017). Esta consolidação

está condicionada a investimentos em obras de infraestrutura que alteram a dinâmica territorial municipal e regional.

A região do Lago do Maicá, situada a oeste da zona urbana de Santarém (Figura 1), é de interesse estratégico para instalação de obras de infraestrutura de grande porte, como três Terminais de Uso Privados (TUP) já projetados e previstos no Plano Mestre do Complexo Portuário de Santarém (BRASIL, 2017).

Em consequência, conflitos socioambientais emergem associados não só com a mudança proposta de usos do território, mas principalmente com a maneira com que este processo está ocorrendo. Um caso que ilustra bem esta problemática está associado ao licenciamento ambiental do TUP “Porto do Maicá” (FADESP, 2015), que recebeu diversas críticas em função da pouca ênfase dada à presença de populações tradicionais na área de influência do empreendimento (UFOPA, 2018).

Do ponto de vista dos diagnósticos ambientais, especialmente do meio físico, o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) apresentado está embasado majoritariamente em dados secundários, desconsiderando aspectos locais importantes, como a dinâmica geomorfológica na planície amazônica, uma das mais ativas do mundo (Lewin & Astworth, 2014).

Estudos que subsidiem ações capazes de prevenir, reduzir, mitigar e compensar os impactos socioambientais decorrentes da instalação destas obras são fundamentais para que políticas de planejamento ambiental possam ser bem formuladas.

No entanto, a escassez de levantamentos do meio físico adequados em termos de escala para a utilização em planejamento ambiental é uma realidade no município de Santarém e na região Amazônica.

O projeto RADAM (BRASIL, 1976), na escala ao milionésimo, ainda é o trabalho que traz a proposta sistemática mais completa sobre a

distribuição das unidades do relevo e sua evolução para a Amazônia. No município de Santarém a deficiência de mapeamentos sistemáticos em escala de detalhe é especialmente relevante, frente a crescentes demandas de uso do território, apesar de aportes importantes como Andrade & Szlafsztein (2017), que discutem a distribuição de áreas sujeitas a enchentes e alagamentos, e Dourado (2017), que avalia a propensão a ocorrência de movimentos de massa.

Neste sentido, verifica-se a necessidade da atualização da discussão a respeito da origem e distribuição das unidades do relevo, de acordo com os dados mais recentes (Mertes & Dunnes, 2007; Latrubesse et al., 2010; Rossetti et al., 2015; Fricke et al., 2017), assim como da formulação de propostas de caracterização dos ambientes morfológicos em sua diversidade e complexidade e em escala de maior detalhe.

Este trabalho propõe a compartimentação geomorfológica para a região do entorno da cidade de Santarém em escala 1:200.000, adequada para que seja utilizada em processos de planejamento ambiental, e que reflita a diversidade de formas e processos existentes. Os compartimentos descritos são considerados representativos de algumas das unidades geomorfológicas ao longo da planície amazônica, especialmente a partir do baixo curso do rio Amazonas.

Potencialidades e vulnerabilidades associados com o uso destes terrenos são analisadas, com base nas características de cada compartimento, sua sujeição ao regime hídrico anual e mudanças ocorridas dentro de uma escala temporal superior a duas décadas (1995-2017). Por fim, é analisada a área prevista para instalação do Terminal de Uso Privado da empresa EMBRAPS em função da dinâmica geomorfológica dentro do período analisado (1995 -2017), e em função da variação sazonal de alagamento da planície amazônica nesta área.

MATERIAIS E MÉTODOS

A compartimentação geomorfológica teve base nos procedimentos descritos em IBGE (2009), associados com técnicas de fotointerpretação (Soares & Fiori, 1976), geoprocessamento, sensoriamento remoto e observações de campo. Propostas geomorfológicas prévias para a área de estudo foram consideradas como Gourou (1949), Ab’Saber (1967), Brasil (1976), Miranda et al.

(1983) e Bemerguy & Costa (1991).

Os produtos de sensoriamento remoto e as bases cartográficas utilizadas estão listados na tabela 1. Dados de cotas hidrológicas mensais foram obtidos na plataforma *Hybam* (www.ore-hybam.org) para a estação Santarém (código 179000) e utilizados como critério para a seleção das imagens de sensoriamento remoto.

As imagens de sensores remotos ópticos e radar foram selecionadas de acordo com as cotas hidrológicas máximas e mínimas na confluência entre os rios Tapajós e Amazonas em 1995 e 2017, de modo a captar variações extremas da superfície úmida dentro da planície. A escolha da cena do sensor óptico seguiu ainda o critério de mínima cobertura de nuvens (< 5% na área de estudo).

A dinâmica geomorfológica na planície fluvial

entre as datas analisadas (1995-2017) foi avaliada pela comparação entre as cenas das imagens dos sensores Landsat 5 e Sentinel 1 para o mês mais seco (outubro). O padrão da variação hidrológica foi analisado com base na soma entre as áreas inundadas nos extremos das estações de cheia e seca em 2017, extraída da análise das imagens de radar, gerando as categorias de áreas emersas, sazonalmente alagadas e perenes.

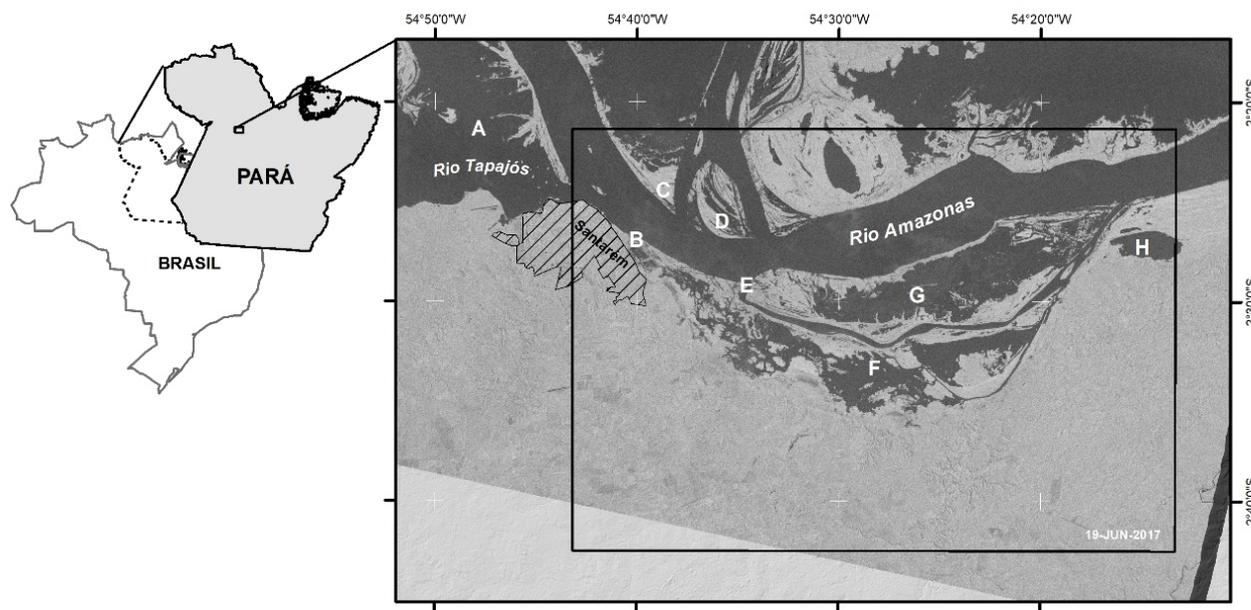


Figura 1 – Localização da área de estudo e feições descritas. A – Lago Tapajós, B – Furo do Maicá, C – Ilha do Arapemã, D – Ilha Saracura, E – Paraná do Ituqui, F – Ilha do Maicá, G – Ilha do Ituqui, H – Lago Terra Firme.

As imagens de radar foram processadas no programa SNAP 5.0, realizando-se os procedimentos de correção geométrica (*range doppler terrain correction*), calibração radiométrica e filtragem de ruído (*lee speckle filter*). A geração do arquivo contendo a área inundada em cada uma das cenas foi feita através do uso de limiares de corte (*thresholds*), aplicados com base na análise dos histogramas de cada imagem.

A extensão dos corpos hídricos calculada nas imagens foi somada de modo a se obter a variação da superfície inundável (Cenci et al., 2017). Uma composição falsa cor (RGB 5-4-3) da cena LANDSAT 5 foi processada no programa ArcGis 10.5 e utilizada para reconhecer elementos da planície.

Diferentes tipos de vegetação, solo exposto e profundidade relativa das massas d'água foram identificados, indicando a sujeição dos terrenos ao regime hídrico da planície, como áreas permanentemente emersas, sazonalmente alagadas e corpos d'água perenes, respectivamente (Mertes et al., 1995).

Os sensores de radar possuem a vantagem de serem insensíveis à presença de nuvens. Devido à disponibilização relativamente recente dos produtos do sensor Sentinel 1, o potencial de uso dessas imagens está ainda em fase de exploração (Guimarães, 2017), sendo este um dos trabalhos pioneiros na aplicação destas imagens para caracterização geomorfológica no país.

Dados vetoriais de rede hidrográfica e planimetria foram adquiridos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), relativos a mapeamentos atualizados ao milionésimo e arquivos vetoriais das cartas topográficas 1:100.000.

A caracterização dos compartimentos morfológicos foi baseada em análises e tratamentos de imagens em ambiente de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), como a geração de mapas de hipsometria e declividade, e em descrições e observações feitas em campo. A confecção dos produtos finais e os tratamentos analíticos dos dados foram realizadas no programa ArcGIS 10.5.

Perfis topográficos foram elaborados com auxílio do programa *GlobalMapper* 18.1 e imagens SRTM, adquiridas do Serviço Geológico dos Estados Unidos. Para a extrapolação das cotas batimétricas foi utilizada a carta náutica Costa do Itaquí à Ilha do Meio (código de nomenclatura 4103B), disponibilizada pela Marinha do Brasil. Estes dados foram inseridos no perfil gerado no programa *GlobalMapper* 18.1 com escala vertical exagerada em 100% com relação às altitudes positivas, para que fossem ressaltadas as formas do leito.

A dinâmica geomorfológica da região, representada pelas áreas que sofreram erosão e sedimentação dentro do tempo considerado. Foram consideradas como áreas de erosão, as presentes na imagem óptica (1995) e ausentes na imagem de radar (2017) e o caso inverso como áreas de sedimentação dentro do intervalo considerado. A área de instalação prevista para o projeto do Terminal de Uso Privado da EMBRAPAS, foi extraída do respectivo Estudo de Impactos Ambientais (FADESP, 2015).

Tabela 1 – Imagens de satélite e bases cartográficas utilizadas.

PRODUTO		DATA	FONTE	ESPECIFICAÇÕES
Carta Topográfica	Santarém	1978 (Imageamento aéreo de base) e 1983 (Publicação)	Diretoria de Serviço Geográfico – Exército Brasileiro www.bdgex.eb.mil.br	Escala 1:100.000 Arquivos vetoriais e Imagens raster
	Monte Alegre			
Carta Náutica	Costa do Itaquí à Ilha do Meio	2007 (Última Publicação/atualização)	Centro de Hidrografia da Marinha Brasileira www.marinha.mil.br	Escala 1:100.000 Imagens raster
Imagem	Óptica LANDSAT 5	10 de outubro de 1995 (estação de águas baixas)	NASA <i>Earth Explorer</i> https://earthexplorer.usgs.gov/	Sensor TM
	SRTM	-----	USGS Disponível <i>on-line</i> através do Software <i>GlobalMapper</i> 18.1	
	SAR SENTINEL 1	6 de junho 2017 (estação de cheia) 28 de outubro de 2017 (Seca)	ESA <i>Copernicus Program</i> https://scihub.copernicus.eu	Formato de aquisição GRD/IW

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A compartimentação geomorfológica permitiu a individualização e caracterização dos seguintes compartimentos:

Planície em Barras de Acreção - PBA

A unidade Planície em Barras de Acreção – PBA é caracterizada pela presença de barras de acreção arenosas e diques aluviais, evidentes na morfologia da planície. O relevo predominante é de padrão Crista e Calha (*ridge and swale*), que caracteriza os ambientes formados pela acreção gradativa de barras laterais, seguindo a evolução e migração de canais. O resultado é um conjunto de feições lineares com alternância de cristas vegetadas permanentemente emersas e depressões sazonalmente ou permanentemente alagadas.

A evolução deste relevo, segundo Nanson (1980), é marcada pela deposição de barras (sedimentos grosseiros) nas adjacências da margem convexa de um meandro. Esta deposição está associada com um fluxo secundário de menor velocidade e maior concentração de sedimentos, que diverge do fluxo principal do

canal por uma “zona de separação”, que se configura em uma crista em formação a partir do leito do rio.

Quando a margem côncava é erodida novamente no pulso seguinte, uma nova crista é formada no sentido de migração do canal, aumentando a área da planície dominada por estas barras. Este tipo de padrão pode ser formado ainda pela acreção lateral de diques aluviais em canais retilíneos com migração lateral (Lewin & Astworth, 2014).

Apesar que ambas formas de relevo são semelhantes, os processos de formação se diferenciam principalmente pela ausência de deposição de material grosseiro no leito, gerando um canal secundário que migra lateralmente a medida em que processos erosivos predominam na margem oposta. Na formação pela acreção de diques marginais, predominam depósitos finos e a escala de tempo envolvida na sua evolução é secular em contraponto às variações decadais bem perceptíveis no processo envolvendo a presença de barras na área de estudo.

Van der Lageweg et al. (2014) demonstram experimentalmente a importância da erosão da margem externa tanto na migração do canal, quanto na formação das planícies dominadas por estas feições. Latrubesse & Franzinelli (2002) atribuíram idade pleistocênica tardia para a formação de planícies configuradas neste padrão no médio Amazonas, em uma zona morfologicamente muito similar à planície do Maicá.

Diques aluviais associados ao canal principal do Rio Amazonas, aos canais secundários (paraná) e seus afluentes, estão representados nesta unidade como relevos positivos nas bordas de trechos retilíneos dos canais. Uma rede complexa de diques em canais conectores nas zonas alagadas marginais (várzeas) pode estar morfologicamente ativa e é caracterizada por terrenos que se encontram suspensos a partir do nível de vazão plena. Estas feições possuem as maiores declividades dentro da planície, sendo as zonas de quebra de um relevo majoritariamente plano.

A cobertura vegetal varia de acordo com a estabilidade do canal associado, ao passo que também influi na mesma à medida que diques densamente vegetados contribuem para a preservação do canal, gerando um *feedback* positivo. Wittman et al. (2004) descrevem este processo a partir do estabelecimento da vegetação pioneira que intensifica a deposição de sedimento grosseiro devido ao aumento da resistência à energia do fluxo, gerando o soerguimento da topografia e a diminuição do período inundável, o que favorece a sucessão florestal.

A vulnerabilidade deste compartimento ao suporte de empreendimentos de infraestrutura associa-se à intensa atividade geomórfica, representada por áreas extensas de erosão e sedimentação fluvial do rio Amazonas e de seus afluentes diretos. A figura 2B mostra que este compartimento apresenta mudanças morfológicas bem perceptíveis, associadas com processos de erosão e sedimentação intensos como na boca do Paraná do Ituqui (Figura 1E).

Este compartimento é importante no controle dos pulsos de inundação de toda área do Lago do Maicá, de modo que intervenções antrópicas como obras de alteamento e/ou terraplanagem, se mal projetadas, possuem potencial de causar impactos irreversíveis e de escala regional nos meios físico, biótico e socioeconômico. Sugere-

se fortemente que a dinâmica geomorfológica da planície seja considerada em sua perspectiva espaço-temporal nas etapas de planejamento e avaliação de impactos de empreendimentos previstos.

Planície Inundável - PI

A unidade Planície Inundável (PI) é amplamente representada na área, sendo menos extensa somente que a unidade Planalto de Santarém-Belterra. Esta planície de várzea é delimitada quase em sua totalidade por diques aluviais e barras de acreção da unidade PBA, que atuam no sentido de confinar estas porções rebaixadas, limitando sua conectividade com os canais principais e secundários com o fluxo principal e permitindo a formação de mosaicos complexos de ecossistemas ripários, lânticos e de várzea (Tockner & Stanford, 2002).

O relevo da unidade é plano e raramente atinge altitudes superiores a 10 metros acima do nível do mar. A maior parte da PI associa-se a terras baixas nas ilhas do Maicá e do Ituqui, e na margem direita do furo do Maicá, todas regiões sujeitas à inundação sazonal das águas dos canais associados ao rio Amazonas, da variação do lençol freático, e em menor grau, dos igarapés de terra firme.

A formação de terras baixas inundáveis pode ser associada com a avulsão do canal principal associada à agradação no cinturão de canais, formando um canal lateral com vantagem em termos de gradientes hidráulicos com relação à zona abandonada (Allen, 1965).

Este é um processo similar ao descrito para a formação das planícies em barras de acreção. Zonas de agradação são comuns em zonas próximas ao nível de base de rios com baixos gradientes, e podem ter relação com o aumento na sinuosidade (redução do gradiente hidráulico), atividade neotectônica, variações eustáticas ou a compactação diferencial da planície de inundação (Kleinhans et al., 2013).

Outros processos envolvidos na evolução destas planícies em escalas temporais (decadais a seculares) incluem o rompimento de meandros, e a compactação, sedimentação e sucessão vegetacional. O balanço entre deposição de sedimentos finos na planície de inundação e a sua remoção por erosão e avulsão fluvial está associado com a largura do canal principal, e afeta o padrão de formação de barras, a morfologia da planície e as taxas de migração do canal (Lewin & Astworth, 2014).

A morfologia da planície inundável na área do Lago do Maicá relaciona-se ainda a um contexto de confluência tripla, entre o rio Tapajós e dois canais bifurcados do rio Amazonas, separados a montante pela Ilha do Arapemã (Figura 1C).

A confluência destes fluxos com velocidades e aportes sedimentares distintos em uma zona com espaço de acomodação de sedimentos, origina um complexo de feições geomorfológicas que inclui duas ilhas principais (Maicá e Ituqui), apartadas da terra firme por canais secundários (paraná) e compostas internamente por planícies inundáveis (várzeas) margeadas por PBA. A presença de diques aluviais alteados e estreitos com relação aos canais principais e secundários favorece o predomínio de sedimentação orgânica sobre a mineral nas áreas inundáveis, formando lagos perenes de água escura.

O uso do solo neste compartimento está associado com atividades agropastoris, envolvendo técnicas de manejo adaptadas as situações do ambiente e de pesca efetuadas de acordo com a dinâmica hidrológica da planície pelas populações tradicionais. Além da importância biológica e ecológica (Pinheiro et al., 2016), estes terrenos possuem relevância na manutenção de modos de vida de populações ribeirinhas, sendo essencial que tais fatores sejam considerados em qualquer proposta de implantação de empreendimentos que altere as condições deste compartimento.

Vale pontuar ainda as limitações em termos da execução de obras de nivelamento topográfico que envolvam especialmente a drenagem destes terrenos, eventualmente necessárias para que outros usos sejam implementados.

Do ponto de vista do meio biótico, dentro dos processos de licenciamento ambiental, é crucial que sejam realizados estudos de detalhe que possam avaliar corretamente a diversidade de ambientes em termos espaciais e em sua variação sazonal. Intervenções sem o planejamento adequado neste compartimento podem impactar diretamente os ecossistemas de várzea, afetando os estoques pesqueiros do lago e impactos diretos igualmente expressivos no meio socioeconômico.

Planície Emersa - PE

A unidade Planície Emersa (PE) se encontra distribuída na margem direita da planície do canal principal do rio Amazonas, à jusante da ilha do Maicá, e se estende por cerca de 22 km até a inflexão do rio para Norte, nas proximidades da cidade de Monte Alegre. Difere da Planície

Inundável pela baixa conectividade dos principais corpos d'água com o fluxo do rio Amazonas, seja por seu canal principal ou secundários.

Deste modo, os lagos aqui presentes são alimentados quase que exclusivamente por fluxo hiporréico, caracterizado pela mistura de águas superficiais e freáticas, e eventuais contribuições de igarapés, como é o caso do Lago Terra Firme (Figura 1H). Zonas dominadas por este tipo de fluxo são importantes no suprimento de nutrientes e substratos para os ciclos biogeoquímicos em ambientes altamente húmicos, com pouca contribuição de sedimentação mineral mesmo durante o estágio das cheias (Boano et al., 2006). Uma descrição mais pormenorizada dos ambientes de sedimentação e tipos de solos na planície do Maicá pode ser encontrada em De Cortes & Luvizotto (2019).

O padrão em crista e calha denuncia a origem em comum deste compartimento com os demais da planície, no entanto a pouquíssima contribuição das águas das cheias do rio Amazonas na variação do nível dos corpos de água indica a presença de processos morfogenéticos distintos. Nota-se aqui a predominância de maiores altitudes (entre 10 e 20 metros), diretamente associadas com ausência de áreas inundáveis internamente à planície.

A reduzida conectividade com a dinâmica fluvial do Amazonas aumenta a expressividade da contribuição das águas advindas dos igarapés de terra firme na alimentação dos lagos presentes, o que provavelmente afeta também as características físico-químicas e os processos ecológicos nestes corpos d'água.

Este trecho da planície apresenta limitações do ponto de vista do planejamento ambiental similares às descritas para os compartimentos PBA e PI, apesar de ser considerado mais estável em termos geomorfológicos devido à menor interação com as variações hidrológicas sazonais. A figura 2 ilustra a dinâmica hidrológica dos compartimentos de planície observada em dois produtos distintos; o mosaico (A), gerado a partir da sobreposição de cenas de radar representativas dos períodos seco e cheio, indica as zonas perenes e inundáveis no interior da planície, e a composição Landsat 5 (B) mostra esta variação a partir da tonalidade da vegetação.

Os tons verdes intensos indicam terrenos permanentemente emersos e os marrons aqueles que ficam a maior parte do tempo submersos,

com poucas condições para o estabelecimento de vegetação. Os diferentes tons de azul aludem à batimetria dos lagos, com distinções entre zonas rasas e profundas. A comparação entre as imagens indica mudanças claras na planície no período 1995-2017, como a erosão total da “Ilha Nova” e mudanças na morfologia da “Ilha do

Arapemã”.

Nota-se ainda, a pouca variação hidrológica sazonal do compartimento PE com relação às demais áreas da planície, explicitada pela limitada ocorrência de áreas cinzas em A (inundáveis) e pelo estabelecimento uniforme da vegetação em B (ausência de tons marrons).

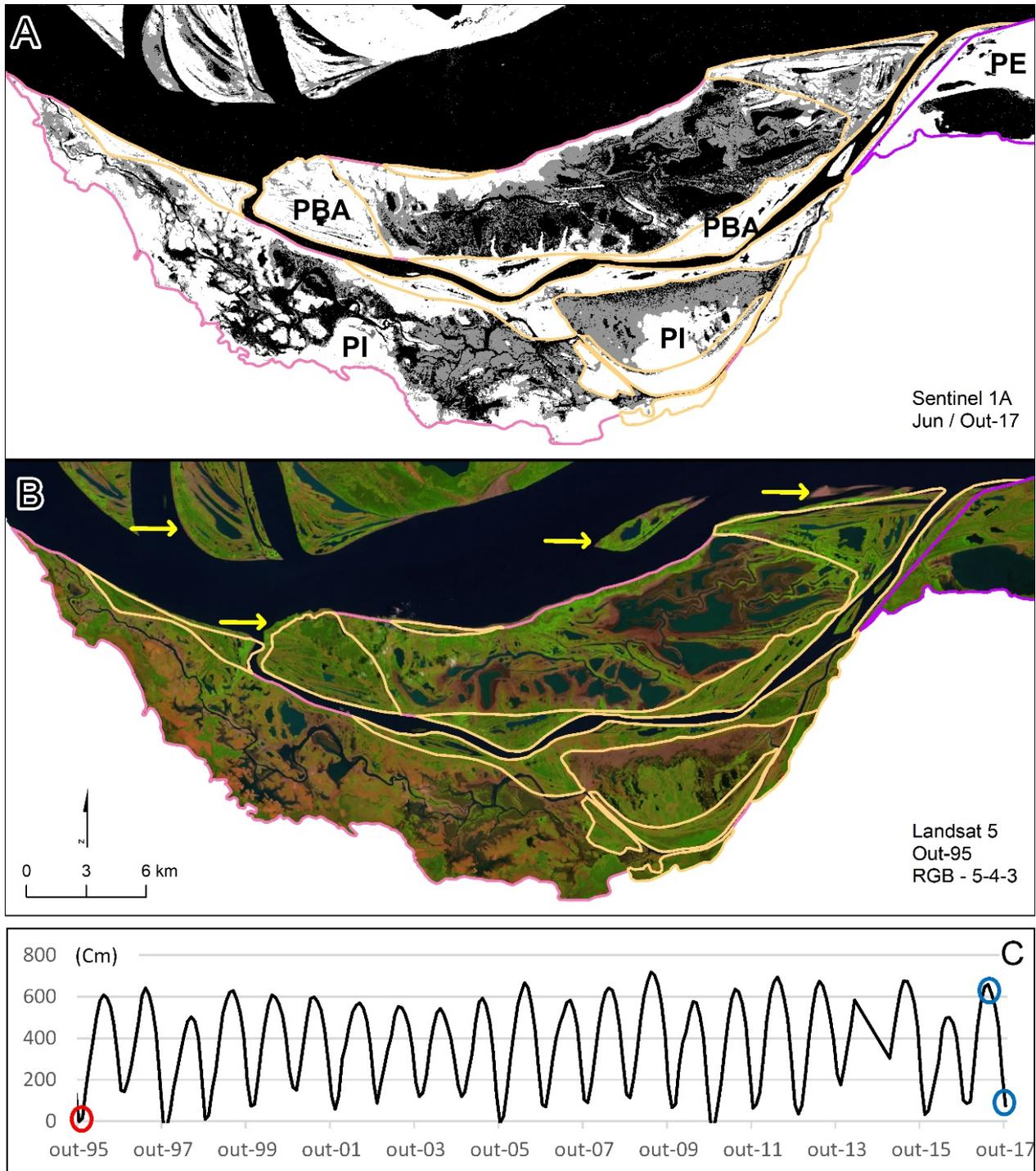


Figura 2 – Elementos hidrológicos da planície amazônica na área de estudos. A – Composição de imagens de radar, indicando os corpos d’água (preto), as áreas inundáveis sazonalmente (cinza) e as áreas permanentemente emersas (branco). B – Composição de sensor ótico onde nota-se diferentes tons de vegetação e solo exposto, associados com o regime hidrológico da planície. As setas amarelas indicam mudanças evidentes na morfologia, como a total erosão da “Ilha Nova” no centro da cena, bem como de um pequeno banco de areia mais à jusante do rio Amazonas em sua margem direita e mudanças na morfologia na ilha do Arapemã e no furo do Ituqui (à leste na imagem). C – Relação entre as cotas hidrográficas na estação Santarém e o período de aquisição das imagens de sensoriamento remoto Landsat 5 (círculo vermelho) e Sentinel 1 (círculo azul).

Terraço de Santarém - TS

A denominação Terraço de Santarém – TS aparece pela primeira vez em Gourou (1949). Ab´Saber (1967) e de Meis (1968) referenciam terrenos intermediários, situados a uma altitude média de 30 metros acima do nível do mar, entre a planície amazônica e os planaltos adjacentes dispostos em cotas superiores, a 150 metros acima do nível do mar. De Meis (1968) menciona solos arenosos associados à baixa frequência de drenagens, à esparsa vegetação e à presença de morros testemunhos (ex. Serras do Índio e Saubal), que atestariam a origem desta superfície como terraços erosivos.

A individualização do TS como um compartimento do relevo no entanto remonta à Hartt (1874) que, além de diferenciar as “terras baixas” das “terras altas” (os planaltos adjacentes), observa que as terras baixas se tornam mais amplas e abundantes à jusante da bacia, enquanto os planaltos são mais representativos à montante da confluência entre os rios Amazonas e Xingu.

Este autor menciona as “escarpas de Cuçuri”, na região de Santarém e as serras de Parintins, Almeirim e Trombetas, incluindo no mesmo contexto os mencionados “Planaltos do Tapajós-Xingu” (BRASIL, 1976), presentes na margem direita do rio Amazonas, no interflúvio entre estes importantes tributários e as “serras” da margem esquerda do rio Amazonas.

Os terrenos apresentam baixas declividades e vales pouco encaixados de igarapés de ordens hierárquicas inferiores. Os morros testemunhos, localmente chamados de Serras (Figura 3B), são feições marcantes e se elevam até cerca de 100 metros da base, apresentando topos convexos ou planos e vertentes íngremes. A Serra do Saubal na zona urbana de Santarém corresponde a um morro testemunho típico, com presença de materiais mais resistentes (níveis lateríticos ou de arenitos ferruginizados) contrastantes com camadas muito friáveis que compõem as sequências inferiores ao longo das vertentes (Figura 5A).

Os materiais que compõem os terrenos emersos na área de estudos (TS e PSB) pertencem à Formação Alter do Chão (CAPUTO et al., 1971), e são caracterizados pela intercalação de camadas siliciclásticas, com deposição no Cretáceo em ambientes provavelmente fluvio-lacustres (MENDES et al., 2012) com a presença marcante de níveis

lateríticos distintos, classificados por Costa (1991) como ferruginosos e imaturos.

Brasil (1976) considera este compartimento como uma superfície pediplanada de idade neopleistocênica, acatando a proposta de Ab´Saber (1967). Este autor acrescenta que tal superfície seria formada durante alternância entre períodos erosivos e de afogamento dos vales fluviais associados com variações glácio-eustáticas, enquanto que a tectônica influencia as orientações preferenciais das drenagens. Segundo Cunha (1973), a direção do rio Arapiuns se relaciona com outras drenagens a nível regional (rios Urubu, Crepori, Abacaxis, Mamuru, Jatapu), coincidentemente com direções estruturais.

O mesmo trabalho considera que o baixo curso do rio Tapajós se desenvolveu no interior de um gráben, segundo o modelo de *rift valley*, cujos falhamentos Jura-Triássicos são reativados após a deposição dos sedimentos mesozoicos. A figura 3 ilustra a paisagem a partir dos compartimentos PI (Figura 3A) e TS (Figuras 3B e 3C).

O TS junto com o Planalto de Santarém-Belterra (PSB) forma a unidade dos “Baixos Platôs Terciários”. Sua diferença topográfica ocorre por escalonamentos e rebaixamentos denominados como Degradação Erosiva Pré-pliocênica, associados a processos de desgaste e aplainamento generalizado na Amazônia brasileira durante o Mioceno (Ab´Saber 1967).

As limitações à implantação de empreendimentos estão relacionadas principalmente com possíveis efeitos sinérgicos, associados com problemas advindos do crescimento rápido e pouco planejado do sítio urbano de Santarém, o que impõe, especialmente à área do Maicá situações de vulnerabilidade socioambiental (Silva, 2017). Vale salientar ainda que esta área se configura em um dos principais eixos de urbanização e ocupação no município, aproveitando os acessos da rodovia Curuá-Una (PA-370).

Outro aspecto a ser considerado é a influência direta que situações de desequilíbrio ambiental podem causar nos recursos hídricos dos compartimentos de planície, especialmente na Planície Inundável (PI), como possíveis processos de assoreamento desencadeados pela retirada da cobertura vegetal em áreas com substrato geológico pouco consolidado em TS (Lopes, 2018).



Figura 3 – Elementos da paisagem na área de estudo. **A** –Terrenos de Terra Firme de TS a partir de PI, onde está situada toda malha urbana de Santarém (notar construções no canto direito da imagem). Ao fundo, o Planalto de Santarém-Belterra (PSB) se impõe. **B** –Um morro testemunho de topo convexo marca a paisagem no Terraço de Santarém. **C** – Ao fundo da imagem é possível visualizar a Planície do Maicá (seta preta), a partir de TS. O ponto de aquisição das imagens e direção de visada são indicados no mapa de compartimentos geomorfológicos (Figura 4).

Planalto de Santarém-Belterra - PSB

Brasil (1976) caracteriza o Planalto de Santarém-Belterra (PSB) como parte do conjunto “Planaltos do Tapajós-Xingu”, limitado na margem direita pelo rio Tapajós e na transição a nordeste com a planície amazônica, em forma de rebordos erosivos com desníveis que podem alcançar dezenas de metros de altura.

Na bacia do rio Curuá-Una, a transição entre as porções mais altas e as mais dissecadas do terreno é gradual e suave, contrastante com as referidas quebras que marcam essa transição no sentido das drenagens principais. Bemerguy & Costa (1991), em concordância com Miranda et al. (1983), interpretam este compartimento como conjuntos de serras formados por frações de dobras em tetos de cavalgamento dispostos em blocos estruturais individualizados por movimentação diferencial.

Apesar da aparente homogeneidade apresentada nas propostas de classificação do

relevo existentes, internamente podem ser definidos terrenos distintos. Tais situações podem variar de tabuleiros que se estendem por dezenas de quilômetros como na zona de interflúvio do rio Uruará, a relevos suave-ondulados a ondulados, com topos convexos e vertentes suaves nas proximidades do rio Curuá-Una.

Em outros casos, drenagens bem encaixadas se apresentam em vales estreitos e controladas estruturalmente por lineamentos de caráter regional bastante evidentes (Miranda et al., 1983), além de anomalias tais como cotovelos, capturas de drenagem e padrões anelares localizados.

A assimetria encontrada na configuração das bacias interiores, incluindo a do rio Curuá-Una, para qual conflui praticamente toda a drenagem do planalto, também é um indicativo da importância do arranjo estrutural na conformação e conseqüente evolução do relevo.

Este compartimento passa por pressões intensas de mudança de uso do solo, com a implantação de extensos cultivos especialmente de soja, desde o município de Mojuí dos Campos até o entorno de Santarém, aproveitando os principais acessos rodoviários e as vantagens competitivas advindas da consolidação da região como entreposto no Arco Norte de Exportação (Araújo et al., 2008).

Problemas ambientais recorrentes na Amazônia são verificados neste compartimento, como exaustão de solos e abandono de áreas, inviabilização da manutenção de modos de vida de populações tradicionais e agricultores familiares, por vezes secularmente estabelecidos

(Gayoso Da Costa, 2011).

A implantação de novos empreendimentos seja de infraestrutura ou unidades produtivas deve considerar as pressões já sofridas pelas populações residentes, assim como pelos recursos naturais, entre os quais é possível observar impactos na água, nos solos e no ar, advindos diretamente da implantação do modelo agrícola de larga escala na região e ampliação de obras de infraestrutura.

A distribuição dos compartimentos geomorfológicos e seus perfis, indicando as feições apontadas ao longo do texto e a morfologia do leito do Amazonas são apresentadas nas figuras 4 e 5.

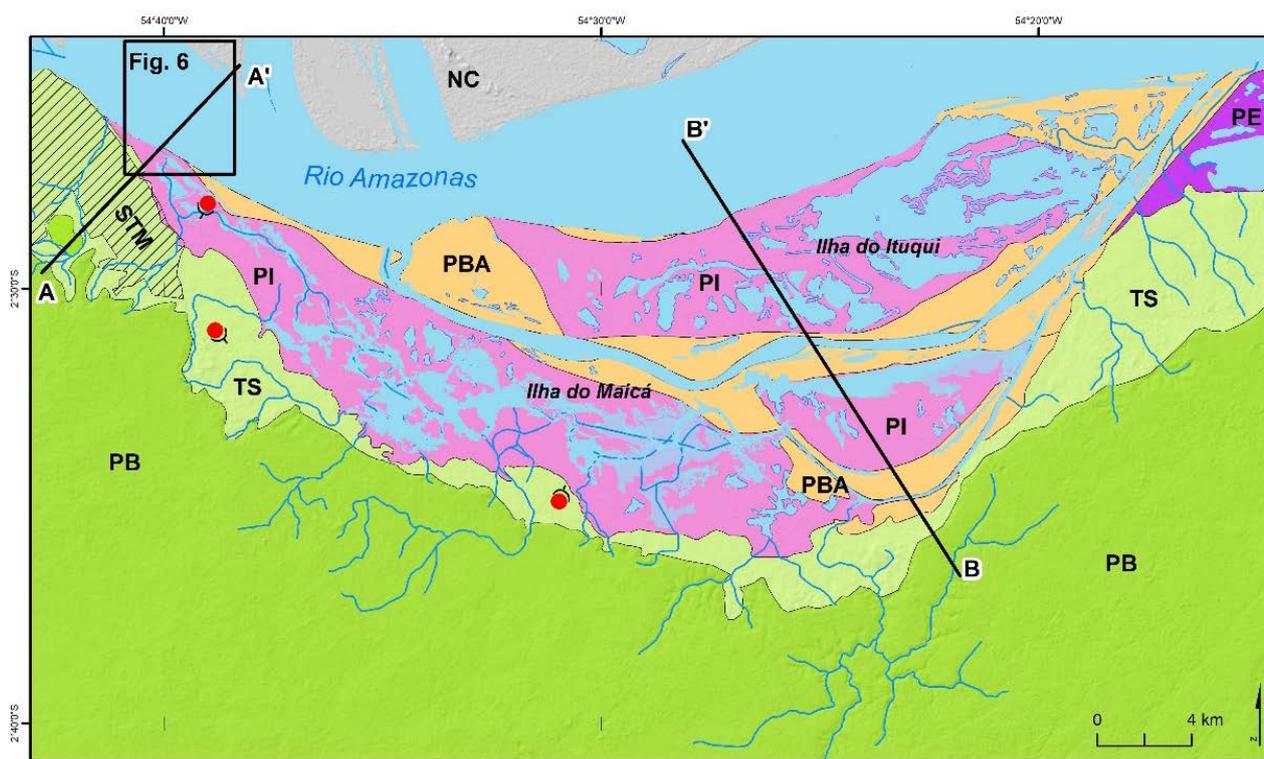


Figura 4 – Compartimentos Geomorfológicos na região de Santarém. STM – Malha urbana de Santarém – PBA – Planície em Barras de Acreção – PI – Planície Inundável – PE – Planície Emersa – TS – Terraço de Santarém – PB – Planalto de Santarém-Belterra – NC – Não classificado. Os círculos vermelhos representam os pontos de tomada e direção das fotografias apresentadas na figura 3, de oeste (3A) para leste (3C). Os perfis A-A' e B-B' são apresentados na figura 5. O retângulo no quadrante noroeste representa a área apresentada na figura 6.

Dinâmica Geomorfológica na área prevista para instalação do TUP EMBRAPS

O diagnóstico do meio físico apresentado no Estudo de Impacto Ambiental (EIA) que compôs o processo de licenciamento ambiental do TUP EMBRAPS, se utilizou apenas de dados secundários na escala ao milionésimo para redação do capítulo referente à geomorfologia da área (FADESP, 2015). Vale salientar que mesmo em relação aos dados ao milionésimo, como os apresentados no mapeamento do projeto RADAM (Brasil, 1976), a área do Maicá está incluída no

compartimento “Planície Amazônica”, o que não ocorre com o mapa geomorfológico apresentado no referido Estudo de Impacto Ambiental.

Neste, o compartimento “Planície Amazônica” está restrito aos terrenos localizados na margem norte do canal do Amazonas, de modo que a planície do Maicá é forçosa e erroneamente considerada parte do compartimento “Planalto Rebaixado da Amazônia”.

Os resultados apresentados neste trabalho, considerando tanto a dinâmica sazonal da área prevista para instalação do referido empreen-

dimento, quanto a dinâmica dos processos erosivos ao longo de praticamente duas décadas, medidos através da variação em área de imagens de satélite com controle de aquisição, permitem apresentar dois fatores fundamentais de serem considerados.

Com relação à dinâmica sazonal, é evidente na

imagem de radar composta, que apresenta os terrenos classificados em permanentemente emersos, sazonalmente inundados e corpos d'água perenes, e também na imagem óptica, está parcialmente situada em uma zona sazonalmente pertencente ao compartimento geomorfológico Planície Inundável.

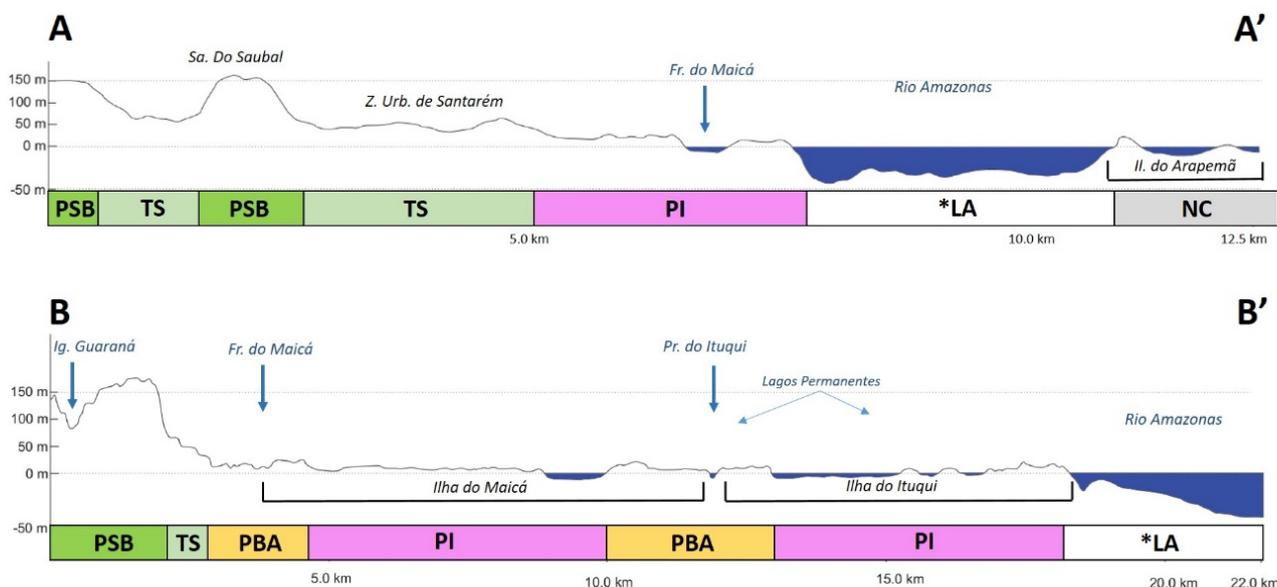


Figura 5 – Perfis topográficos indicando a distribuição dos compartimentos geomorfológicos e a morfologia dos leitos – *LA – Leito do rio Amazonas com exagero vertical de 100% - NC – Não Classificado.

As restrições à ocupação deste compartimento do ponto de vista geomorfológico são discutidas neste trabalho, mas não são mencionadas no Estudo de Impacto Ambiental, desconsidera inclusive o caráter de planície destes terrenos.

De modo similar, é possível notar uma atividade geomorfológica muito intensa nas margens do canal do Rio Amazonas, dentro da Área de Influência Direta (AID) do

empreendimento.

A atividade morfodinâmica intensa característica do compartimento Planície Emersa (PE), também não é investigada e tampouco reconhecida nos itens em que deveriam constar dentro do EIA apresentado ao órgão ambiental.

A figura 6 apresenta ambos aspectos da atividade morfodinâmica no entorno da área considerada para instalação do TUP EMBRAPES.

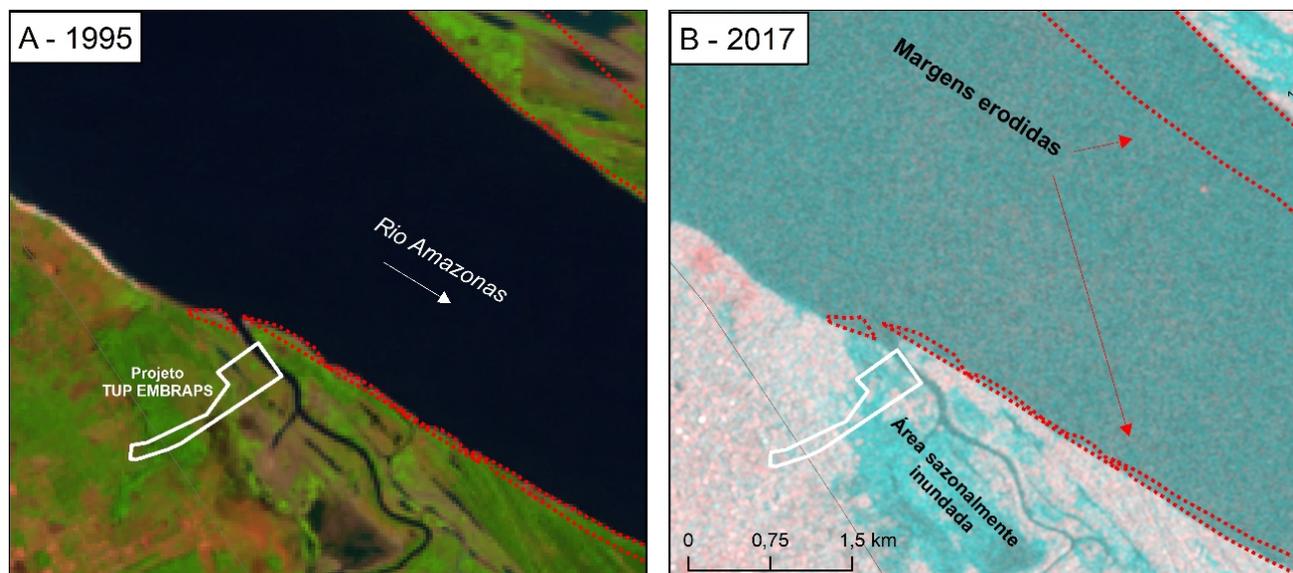


Figura 6 – Atividade morfodinâmica entre os anos de 1995 e 2017 e áreas sazonalmente inundadas no entorno da área prevista para instalação do TUP EMBRAPES.

CONCLUSÕES

A compartimentação geomorfológica apresentada neste trabalho pode ser utilizada como subsídio para o planejamento ambiental dos empreendimentos já previstos para a área de estudo e outros que possam vir a ser propostos em seu entorno.

A individualização destes compartimentos é importante também no sentido de direcionar esforços em compreender as formas e os processos geomórficos atuantes neste trecho da planície amazônica.

Os trabalhos são ainda escassos que proponham a individualização de feições nesta escala na Amazônia brasileira.

A comparação de imagens entre diferentes anos, com um hiato superior a duas décadas, permitiu observar uma dinâmica intensa nos processos de erosão/sedimentação, contando inclusive com o desaparecimento total da Ilha Nova e mudanças evidentes na forma da ilha do Arapemã.

Estudos de alta resolução temporal com imagens de satélite podem indicar taxas de ocorrência destes processos, zonas com maior propensão à ocorrência dos mesmos e até apontar tendências no desenvolvimento da planície a médio prazo.

Estes resultados são de extrema utilidade para a eficácia de processos de planejamento ambiental, especialmente de empreendimentos de grande porte instalados nas áreas de planície (ex. infraestrutura portuária).

Em termos metodológicos, ficou evidente a necessidade do uso de dados de sensores remotos para realização de trabalhos não só em geomorfologia na Amazônia, devido à magnitude e dificuldade de acesso às áreas.

Neste sentido as imagens de radar captadas pelo satélite Sentinel-1 possuem grande aplicabilidade, pois além de não serem influenciadas pela cobertura de nuvens, um dos grandes problemas do imageamento óptico na região, estão sendo disponibilizadas gratuitamente e em resolução temporal e espacial adequada para trabalhos desta natureza.

O uso de tais dados deve ser estimulado e testada sua potencialidade em diferentes áreas do conhecimento, e em conjunto com os dados de sensores ópticos, como os da série Landsat, com uso já consolidado.

Em termos de evolução do relevo, observa-se

a importância dos processos fluviais na formação deste trecho da planície amazônica, especialmente os ligados à construção e abandono de barras de acreção.

Nos terrenos de terra firme, descreve-se a dissecação de uma superfície mais antiga, alçada por volta da cota 150 metros, em um terraço que oscila entre 30 e 60 metros acima do nível do mar, testemunhos de tempos onde os planaltos deveriam se estender até a proximidade do vale moderno do rio Amazonas.

A formação do Terraço de Santarém parece diretamente relacionada à presença de uma rede de canais curtos e de igarapés, responsável pela dissecação dos planaltos (PSB) através do recuo das escarpas e alargamento dos vales.

O arranjo dos canais coletores apresenta forte controle estrutural, com evidente influência de lineamentos regionais na conformação da drenagem e conseqüentemente, na evolução do relevo.

Sugere-se que estas relações sejam avaliadas com auxílio de técnicas de morfometria e à luz de informações sobre o arranjo estrutural, como dados geológicos e geofísicos, seguindo algumas das propostas já existentes a este respeito e tentando compreender a importância de uma provável tectônica recente na conformação do relevo.

A complexidade das formas em cada um dos compartimentos indica a necessidade de realizar estudos em escala de maior detalhe, para permitir a extrapolação destes resultados a unidades mais amplas (compartimentos geomorfológicos) e por conseguinte, a outras áreas da região Amazônica.

Tais resultados, podem contribuir ainda para a discussão a respeito da origem e evolução do relevo amazônico, em termos de idade e influência de fatores internos (tectonismo e arranjo estrutural) e externos (variações glácio-eustáticas e respostas da cobertura vegetal).

Em um contexto de planejamento, estes estudos devem apontar para as potencialidades e fragilidades de cada compartimento, e se possível, indicar as tendências de desenvolvimento do relevo, especialmente com relação à planície onde os processos são bastante dinâmicos. Este planejamento é essencial para que haja o mínimo de harmonia entre os usos propostos e já consolidados do território e dos recursos nele existentes.

REFERÊNCIAS

- AB' SABER, A. Problemas geomorfológicos da Amazônia Brasileira In: **SIMPÓSIO SOBRE A BIOTA AMAZÔNICA**, Rio de Janeiro, 1967. *Atas...* Rio de Janeiro: CNPq, 1967.
- AGUIAR, D. **A Geopolítica de Infraestrutura da China na América Do Sul: Um estudo a partir do caso do Tapajós na Amazônia Brasileira**. ActionAid / FASE, Rio de Janeiro, 83 p., 2017.
- ALLEN, J. A Review of the origin and character of recent alluvial sediments. *Sedimentology*, v. 5, p. 89-191, 1965.
- ANDRADE, M. & SZLAFSZTEIN, C. Community participation in flood mapping in the Amazon through interdisciplinary methods. *Natural Hazards*, v. 78, n. 3, p. 1491-1500, 2015.
- ARAÚJO, R.; CASTRO, E.; ROCHA, G.; SÁ, M.; MATHIS, A.; MONTEIRO, M.; PUTTY, C.; MONTEIRO, R.; CANTO, O.; BENNATI, J. Estado e Sociedade na BR 163: desmatamento, conflitos e processos de ordenamento territorial. In: CASTRO, E. (org.). **Sociedade, território e conflitos: BR-163 em questão**. Belém: NAEA, 2008.
- BEMERGUY, R. & COSTA, J. Considerações sobre a evolução do sistema de drenagem da Amazônia e sua correlação com o arcabouço tectono-estrutural. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, Série Ciências da Terra, v. 3, p. 75-97, 1991.
- BEMERGUY, R. **Morfotectônica e evolução paleogeográfica da região da calha do Rio Amazonas**. Belém, 1997. 200 p. Tese (Doutorado em Geologia e Geoquímica). Centro de Geociências Universidade Federal do Pará
- BOANO, F.; CAMPOREALE, C.; REVELLI R.; RIDOLFI L. Sinuosity-driven hyporheic exchange in meandering rivers. *Geophys. Res. Lett.*, v. 33, n.18, 2006.
- BRASIL, Departamento Nacional de Produção Mineral, projeto RADAMBRASIL. **Folha SA 21-SANTARÉM, Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação, Uso potencial da Terra**. Rio de Janeiro, 1976.
- BRASIL. Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil. **Plano Mestre: Complexo Portuário de Santarém**. Florianópolis: SEP/PR-UFSC, 2017.
- CAPUTO, M.; RODRIGUES, R.; VASCONCELOS, D. **Litoestratigrafia da Bacia do Amazonas**. PETROBRÁS. RENOR. DIREX, Belém, 1971.
- CENCI, L.; PULVIRENTI, L.; BONI, G.; CHINI, M.; MATGEN, P.; GABELLANI, S.; SQUICCIARINO, G. An evaluation of the potential of Sentinel 1 for improving flash flood predictions via soil moisture data assimilation. *Adv. Geosci.*, v. 44, p. 89-100, 2017.
- COSTA, M. Aspectos geológicos dos lateritos da Amazônia. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 21, n. 2, p. 146-160, 1991.
- CUNHA, F. **Aspectos geomorfológicos da bacia do Médio Amazonas**. PETROBRÁS. RENOR. DIREX, Belém, 1973.
- De CORTES, J.P.S. & LUVIZOTTO, G.L. Potenciais de uso e fragilidades dos solos da Planície do Maicá, Santarém-PA. In: BENASSULY, M.J. & CONCEIÇÃO, F.S. **Coletânea de Resumos do II Seminário de Pesquisa em Políticas Públicas e Dinâmicas Territoriais na Amazônia**. Santarém, UFOPA., p. 60-66, 2019.
- DOURADO, F.; ANDRADE, M.; CARNEIRO, C. Geração de mapas de riscos naturais em Santarém – PA: abordagem baseada na lógica fuzzy. *Geociências*, v. 36, n. 3, p. 579-587, 2017.
- FADESP - Fundação de Amparo e Desenvolvimento da Pesquisa. **Estudo de Impacto Ambiental do Terminal Portuário da Empresa Brasileira de Portos de Santarém Ltda. – EMBRAPPS**. Belém, 2015, 1118 p.
- FRICKE, A.; NITTRouer, C.; OGSTON, A.; NOWACKI, D.; ASP, N.; SOUZA FILHO, P.; DA SILVA, M. River tributaries as sediment sinks: Processes operating where the Tapajós and Xingu rivers meet the Amazon tidal river. *Sedimentology*, v. 64, n. 6, p. 1731-1753, 2017.
- GAYOSO DA COSTA, S. Agronegócio e terras na Amazônia: conflitos sociais e desterritorialização após a chegada da soja na região do Baixo Amazonas no Pará. In: SAUER, S. & ALMEIDA, W. (Org.). **Terras e Territórios na Amazônia: demandas, desafios e perspectivas**. 1ed. Brasília: UNB, 2011. p. 69-89.
- GOUROU, P. Observações geográficas na Amazônia. *Revista Brasileira de Geografia*, v. 3, p. 355-408, 1949.
- GUIMARÃES, U.; NARVAES, I.; GALO, M. Aplicação de dados ERS, Envisat e Sentinel para detecção de mudanças nos ambientes costeiros amazônicos. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, São Paulo, v. 18, n. 2, p. 257-278, 2017.
- HARTT, C. Contributions to the geology and physical geography of the lower Amazonas. *Bulletin of the Buffalo Society of Natural Sciences*, v 1, 1874. p. 201-235.
- IBGE. **Manual Técnico de Geomorfologia**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 175 p., 2009
- KLEINHANS, M.; FERGUSON, R.; LANE, S.; HARDY, R. **Splitting rivers at their seams: bifurcations and avulsions**. *Earth Surf. Proc. Land.*, v. 38, p. 47-61, 2013.
- LATRUBESSE, E. & FRANZINELLI, E. The Holocene alluvial plain of the middle Amazon River, Brazil. *Geomorphology*, v. 44, n. 3-4, p. 241-259, 2002.
- LATRUBESSE, E.; COZZUOL, M.; SILVA-CAMINHA, S.; RIGSBY, C.; ABSY, M. L.; JARAMILLO, C. The Late Miocene paleogeography of the Amazon Basin and the evolution of the Amazon River system. *Earth-Science Reviews*, v. 99, p. 99-124, 2010.
- LEWIN, J. & ASHWORTH, P. The negative relief of larger floodplains. *Earth-Science Reviews*, v. 129, p. 1-23, 2014.
- LOPES, C. **Análise das alterações morfodinâmicas da microbacia do Irurá, Santarém-PA**. Trabalho de Conclusão de Curso (Geologia). Santarém, 2018. 69 p. Instituto de Engenharia e Geociências, Universidade Federal do Oeste do Pará.
- MEIS, M. Considerações sobre o Médio Amazonas. *Revista Brasileira de Geografia*, v. 30, n. 2, p. 3-20, 1968.
- MENDES, A.C.; TRUCKENBROD, W.; NOGUEIRA, A. Análise faciológica da Formação Alter do Chão (Cretáceo, Bacia do Amazonas), próximo à cidade de Óbidos, Pará, Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 42, n. 1, p. 39-57, 2012.
- MERTES, L. & DUNNE, T. Effects of tectonism, climate change and sea level change on the form and behavior of the modern Amazon River and its floodplain. In: GUPTA, A. **Large rivers: geomorphology and management**. United Kingdom: John Wiley and Sons, 2007.
- MERTES, L.; DANIEL, D.; MELACK, J.; NELSON, B.; MARTINELLI, A.; FORSBERG, B. Spatial patterns of hydrology, geomorphology, and vegetation on the floodplain of the Amazon River in Brazil from a remote sensing perspective. *Geomorphology*, v. 13, p. 215-232, 1995.
- MIRANDA, F.; MCCAFFERTY, F.; TARANIK, J. Sensoriamento remoto na prospecção de Hidrocarbonetos na bacia do Amazonas. *Boletim Téc. Petrobras*, v. 26, n. 4, p. 268-291, 1983.
- NANSON, G. **Point bar and floodplain formation of the meandering Beaton River, northeastern British Columbia, Canada**. *Sedimentology*, v. 27, p. 3-29, 1980.
- PANIZZA, M. Geomorphology and seismic risk. *Earth-Science Reviews*, v. 31, n. 1, p. 11-20, 1991.
- PINHEIRO, D.; CORRÊA, J.; CHAVES, C.; CAMPOS, D.; PONTE, S.; ZACARDI, D. Diversidade e distribuição da ictiofauna associada a bancos de macrófitas aquáticas de um lago de inundação amazônico, estado do Pará, Brasil. *Acta Fish*, v. 4, n. 2, p. 59-70, 2016.
- ROSSETTI, D.; COHEN, M.; TATUMI, S.; SAWAKUCHI, A.; CREMON, E.; MITTANI, J.; BERTANI, T.; MUNITA, C.; TUDELA, D.; YEE, M.; MOY, G. Mid-Late Pleistocene OSL chronology in western Amazonia and implications for the

- transcontinental Amazon pathway. **Sedimentary Geology**, v. 330, p. 1-15, 2015.
- SILVA, M. **Vulnerabilidade Socioambiental na Produção do Espaço Urbano da Cidade de Santarém-PA**. Tese (Doutorado em Geografia). Rio Claro, 2017. 301 p. Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista.
- SOARES, P. & FIORI, A. Lógica e sistemática na análise e interpretação de Fotografias Aéreas em Geologia. **Notícia Geomorfológica**, v. 16, p. 71-104, 1976.
- TOCKNER, K. & STANFORD, J. Riverine floodplains: present state and future trends. **Environmental conservation**, v. 29, p. 308-330, 2002.
- UFOPA - Universidade Federal do Oeste do Pará. **Relatório Técnico do Grupo de Estudo do EIA do Porto do Maicá**. Santarém, 2018. 68p.
- VAN DE LAGEWEG, W.; VAN DIJK, W.; BAAR, A.; RUTTEN, J.; KLEINHANS, M. Bank pull or bar push: what drives scroll-bar formation in meandering rivers? **Geology**, v. 42, p. 319-322, 2014.
- VAZ, E.; RABELO, Y.; CORRÊA, J.; ZACARDI, D. A pesca artesanal no Lago Maicá: aspectos socioeconômicos e estrutura operacional. **Biota Amazônia**, v. 7, n. 4, p. 6-12, 2017.
- WITTMAN, F.; JUNK, W.; PIEDADE, M. The varzea forests in Amazonia: Flooding and the highly dynamic geomorphology Interact with natural forest succession, **For. Ecol. Manage.**, v. 196, p.199-212, 2004.

Submetido em 30 de maio de 2020
Aceito para publicação em 15 de julho de 2020