



Revista GeoAmazônia https://periodicos.ufpa.br/index.php/geoamazonia

eISSN: 2358-1778

Universidade Federal do Pará Programa de Pós-graduação em Geografia

PLANEJAMENTO E VULNERABILIDADE AMBIENTAL DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO EM PAISAGEM FLUVIAL AMAZÔNICA

PLANNING AND ENVIRONMENTAL VULNERABILITY OF CONSERVATION UNITS IN THE AMAZON RIVER LANDSCAPE

PLANEAMIENTO Y VULNERABILIDAD AMBIENTAL DE LAS UNIDADES DE CONSERVACIÓN EN EL PAISAJE FLUVIAL AMAZÓNICA

Eder Mileno Silva de Paula

Universidade Federal do Pará, Brasil edermileno@ufpa.br http://orcid.org/0000-0002-6895-2126

Edson Vicente da Silva

Universidade Federal do Ceará, Brasil cacauceara@gmail.com http://orcid.org/0000-0001-5688-750X

RESUMO

As Unidades de Conservação (UC) constituem importante política pública brasileira de proteção e conservação socioambiental para Amazônia, a qual vivencia fortes modificações das suas paisagens, provocadas pela exploração hidroelétrica, por exemplo. As UC Reserva de Desenvolvimento Sustentável Vitória de Souzel e o Refúgio de Vida Silvestre Tabuleiro do Embaubal, analisadas nessa pesquisa, localizam-se no rio Xingu, à jusante da Usina Hidroelétrica Belo Monte. Com meta de contribuir com o plano de manejo dessas UC, a pesquisa teve o objetivo de analisar a vulnerabilidade ambiental da paisagem fluvial Embaubal, e, de acordo com as demais características geoecológicas, propor zoneamento ambiental. O mapeamento da vulnerabilidade ambiental foi realizado por Processo de Análise Hierárquico (AHP) e subsídio teórico da geoecologia das paisagens, e o zoneamento ambiental proposto está em consonância com observações de reuniões para criação das UC, bem como com as potencialidades e limitações ambientais do Embaubal. Como principal conclusão, evidenciou-se que as paisagens fluviais amazônicas constituem ambientes de moderada a muito alta vulnerabilidade ambiental e que os planejamentos ambientais devem delimitar zonas para preservação ambiental e de usos sustentável, além de, quando necessário, zonas de recuperação e de amortecimento a danos socioambientais. Palavras-chave: Geoecologia das Paisagens; Plano de Manejo; AHP; Embaubal; Rio

Xingu.

ABSTRACT

Units (CU) constitute a significant Brazilian public policy for socio-environmental protection and conservation for the Amazon, which experiences significant changes in its landscapes. These are caused by hydroelectric exploitation, for instance. This research analyzed the CUs Sustainable Development Reserve Vitória de Souzel and Wildlife Refuge Tabuleiro do Embaubal. Both are located on the Xingu River, downstream of the Belo Monte Hydroelectric Power Plant. With the goal of contributing to the management plan of these CUs, the research analyzed the environmental vulnerability of the Embaubal river landscape. Thus, in accordance with other geoecological characteristics, it proposes environmental zoning. The research used Analytic Hierarchic Process (AHP) and theoretical support from the geoecology of landscapes in mapping the environmental vulnerability. The proposed environmental zoning is in line with observations of meetings for the creation of the CUs, as well as with the environmental potentialities and limitations of Embaubal. The main conclusion is as follows. The Amazonian river landscapes are environments of moderate to very high environmental vulnerability. As such, environmental planning must delimit zones for environmental preservation and sustainable use, in addition to recovery and buffer zones to socio-environmental damage, when necessary.

Keywords: Geoecology of Landscapes; Management Plan; AHP; Embaubal; Xingu River

RESUMEN

Las Unidades de Conservación (UC) constituyen una importante política pública brasileña para la protección y conservación socioambiental de la Amazonía, que experimenta fuertes cambios en sus paisajes, causados por la explotación hidroeléctrica, por ejemplo. Las UCs Reserva de Desarrollo Sostenible Vitória de Souzel y el Refugio de Vida Silvestre Tabuleiro do Embaubal, analizados en esta investigación, están ubicados en el río Xingu, aguas abajo de la Usina Hidroeléctrica de Belo Monte. Para contribuir al plan de manejo de estas UC, la investigación tuvo como objetivo analizar la vulnerabilidad ambiental del paisaje fluvial Embaubal y proponer una zonificación ambiental de acuerdo con las demás características geoecológicas. El mapeo de la vulnerabilidad ambiental se realizó mediante Analytic Hierarchic Process (AHP) y subsidio teórico de la geoecología de los paisajes. La zonificación ambiental propuesta está en línea con las observaciones de las reuniones para la creación de las UC, así como con las potencialidades y limitaciones ambientales de Embaubal. Como conclusión principal, se mostró que los paisajes fluviales amazónicos constituyen ambientes de vulnerabilidad ambiental moderada a muy alta. Por lo tanto, la planificación ambiental debe delimitar zonas de preservación ambiental y aprovechamiento sustentable, además de zonas de recuperación y amortiguamiento de socioambientales, cuando sea necesario.

Palabrasclave: Geoecología de los Paisajes; Plan de gestión; AHP; Embaubal; Río Xingú.

Introdução

As Unidades de Conservação (UC) constituem importante política pública de proteção e conservação da biodiversidade em tempos de grandes ameaças à natureza (LAURANCE et al., 2004; PAULA et al., 2016), com a ampliação do desflorestamento, redução da biodiversidade, mudanças climáticas, emissões de gases de efeito estufa, contaminação dos solos e águas.

A Amazônia brasileira vivencia fortes modificações nas suas paisagens, que repercutem em mudanças climáticas regionais e globais (NOBRE; SAMPAIO; SALAZAR, 2007), como observado nas paisagens amazônicas que receberam as grandes hidrelétricas de Balbina, Tucuruí, Samuel e Belo Monte (RODRIGUES, 2013; FEARNSIDE, 2015; PAULA, 2019; ZUANON et al, 2019), onde a exploração hidroelétrica promove impactos naturais e sociais irreversíveis.

Em virtude da magnitude da intervenção no corredor fluvial, a Usina Hidroelétrica (UHE) Belo Monte impacta na dinâmica do fluxo fluvial de energia (capacidade de erosão e transporte), de matéria (água, areias, siltes, argilas, húmus) e informação (navegação e dispersão da biodiversidade) do rio Xingu. No trecho à jusante da UHE, devido a retenção retenção de sedimentos à montante, ocorrerá a ampliação a capacidade de erosão e transporte nesse trecho fluvial (PAULA, 2019), onde se localizam as UC Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS) Vitória de Souzel e o Refúgio de Vida Silvestre (RVS) Tabuleiro do Embaubal.

A RDS Vitória de Souzel e o RVS Tabuleiro do Embaubal contêm grande parte do arquipélago fluvial conhecido localmente como Tabuleiro do Embaubal. Ambas foram criadas pelo Governo do Estado do Pará no ano de 2016 sem a indicação de área de amortecimento e ainda não possuem plano de manejo, fato que limita o alcance dos objetivos de conservação e preservação das UC.

Planos de manejos construídos sem critérios e rigoroso embasamento científico, que não considerem aspectos de manutenção e reprodução dos principais componentes da paisagem e a sua resiliência natural, não são capazes de subsidiar estratégias para conservar a biodiversidade de forma ampla, satisfatória e duradoura (QUEIROZ, 2005), bem como a manutenção da vida econômica e cultural local. Assim, tendo como meta contribuir com a organização territorial dessas UC e de outras paisagens fluviais amazônicas, o objetivo dessa pesquisa foi analisar a vulnerabilidade ambiental da paisagem fluvial Embaubal e, em conformidade com as suas características geoecológicas, propor zoneamento ambiental para as UC RDS Vitória de Souzel e o RVS Tabuleiro do Embaubal.

Esse artigo é parte dos resultados do projeto Paisagem Fluvial Amazônica: Geoecologia do Tabuleiro do Embaubal – Baixo Rio Xingu, o qual tem como objetivo analisar a geoecologia do Tabuleiro do Embaubal, localizado no baixo rio Xingu,

proporcionando subsídios ao planejamento e gestão ambiental de paisagens fluviais amazônicas.

Metodologia

A análise geoecológica das paisagens, utilizada nessa pesquisa, busca compreender a estrutura vertical e horizontal, o funcionamento, a evolução, a estabilidade e a vulnerabilidade ambiental das paisagens, compreendendo-as de forma sistêmica e holística, para, assim, subsidiar o planejamento dos usos e da ocupação de acordo com suas potencialidades e em respeito a seus limites ambientais (PAULA et al., 2016; RODRIGUEZ; SILVA; CAVALCANTI, 2013).

O referencial teórico sobre a estrutura, funcionamento e evolução geoecológica do baixo rio Xingu foi construído a partir de Paula et al. (2016), Paula, Silva (2019) e Paula (2017). Já para a análise da vulnerabilidade ambiental, esta pesquisa se baseou nos estudos desenvolvidos por Tricart (1977) e Souza (1998; 2000).

Para o mapeamento da vulnerabilidade ambiental selecionaram-se critérios mapeáveis, integrados em seguida por *Analytic Hierarchic Process* (AHP), que se destaca entre os vários operadores de análise espacial (modelo Bayesiano, as Redes Neurais e Média Ponderada) por permitir organizar e avaliar a importância relativa entre critérios e ponderar a consistência dos julgamentos (CÂMARA et al., 1996).

No AHP os critérios são comparados dois a dois, valorando sua importância para o tema em análise, conforme escala pré-definida (Quadro 1), capturando o conhecimento do especialista, que indica o grau de importância relativa entre os critérios comparados, ou seja, quanto cada critério é mais ou menos importante do que outro, no caso específico dessa pesquisa, para a vulnerabilidade ambiental.

Intensidade de importância	Definição	Explicação
1	Importância igual	Os dois fatores contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância moderada	Um fator é ligeiramente mais importante que o outro.
5	Importância essencial	Um fator é claramente mais importante que o outro
7	Importância demonstrada	Um fator é fortemente favorecido e sua maior relevância foi demonstrada na prática.
9	Importância extrema	A evidência que diferencia os fatores é da maior ordem possível.
2,4,6,8	Valores intermediários	Possibilidade de compromissos adicionais.

Quadro 1 - Quadro dos Valores de Importância para comparação pareada AHP Fonte: Manual do Usuário do SPRING 5.4.(CÂMARA et al., 1996)

Em virtude da escala dessa pesquisa e com o objetivo de identificar a vulnerabilidade ambiental em nível das partes (dos fragmentos) das unidades geoecológicas do Embaubal, além do mapa das Unidades Geoecológicas (UG), selecionou-se como critério a Cobertura Vegetal (CV) (PAULA; SILVA, 2019); Borda-Núcleo (BN) e Distância de Rotas de Navegação (DR) (Figura 1).

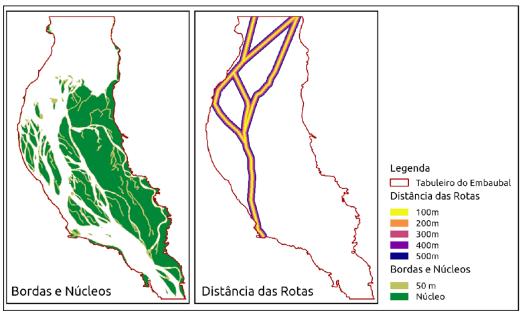
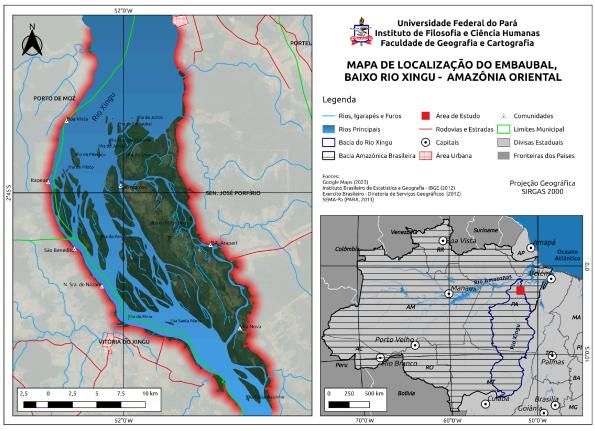


Figura 1 - Critérios Distância de Rotas e Bordas e Núcleos utilizados na análise da Vulnerabilidade Ambiental do Tabuleiro do Embaubal, Baixo Rio Xingu.

Fonte: Autores

Quanto ao planejamento ambiental das UC Reserva de Desenvolvimento Sustentável Vitória de Souzel e Refúgio de Vida Silvestre Tabuleiro do Embaubal, foram construídas proposições em consonância com as observações realizadas nas reuniões para criação das UC entre os anos 2012 e 2016 com representantes da Secretaria de Meio Ambiente do Estado do Pará e demais atores locais, os estudos desenvolvidos por Queiroz (2005) e Rodrigues e Silva

(2013), e em conformidade com as potencialidades e limitações da paisagem Embaubal (Mapa 1).



Mapa 1 – Localização do Embaubal, Baixo Rio Xingu, Amazônia Oriental. Fonte: Autores

Resultados e Discussão

Estrutura, Funcionamento e Evolução Geoecológica do Embaubal

A paisagem fluvial Embaubal está localizada no início da ria do rio Xingu. Rias estão relacionadas ao alargamento do canal fluvial próximos as suas zonas de confluências (GOUDIE, 2004; CORTES, 2023), e no rio Xingu é formada pela transgressão do Oceano Atlântico sobre o rio Amazonas, que provoca marés fluviais, promovedoras do aumento e da redução diária da cota fluviométrica desses rios. Nesse trecho do rio Xingu, não há sincronismo pleno na elevação e rebaixamento sazonal com os demais trechos do rio Xingu, pois o nível da água está também sob influência dos regimes de cheias e vazantes do rio Amazonas, antecipando ou perdurando os períodos de cheias no Xingu (PAULA, 2019).

De acordo com Paula (2019, p. 2262), as "paisagens de gênese fluvial têm o funcionamento geossistêmico em primeiro nível dependente da quantidade de energia (...) e

2025 v. 13, n. 27 p. 01–23

matéria (...) que o fluxo fluvial erode, transporta e deposita." Em período de chuvas acima da média na Amazônia Oriental, ocorrem excedentes de energia e matéria, e, é nesse momento funcional que o Embaubal se remodela, suas partes evoluem ou desaparecem.

Entretanto, algumas intervenções antrópicas interferem significativamente nesse fluxo. O desflorestamento, a mineração e a pecuária são exemplos de intervenções que proporcionam o aumento ou a redução da disponibilidade de energia e matéria do fluxo fluvial no rio Xingu, sendo que os barramentos para exploração hidroelétrica possuem a maior capacidade de desequilibrar o fluxo fluvial.

- O Embaubal encontra-se no Domínio Geoecológico da 'Bacia Sedimentar Amazônica', na Província 'Planície e Planaltos da Amazônia Oriental', no Distrito 'Planície Fluviais da Amazônia Centro-Oriental' e na Região 'Planície Fluvial do Rio Xingu' (PAULA et al., 2016). Considerando o nível mínimo normal da água do rio Xingu, Paula e Silva (2019) delimitaram 5 unidades de paisagem, a saber:
- Praias Fluviais: constituem 7,7 km² (2%) dos 431,2km² do Embaubal, sendo somente perceptíveis entre setembro e dezembro, meses com as menores cotas fluviométricas. Compostas por depósitos aluvionares inconsolidados, que formam Neossolos Flúvicos com incipiente cobertura vegetal do tipo 'Vegetação Pioneira Herbácea de Influência Fluvial', são utilizadas sazonalmente para pastoreio de bovinos.
- Ilhas Desagregadas: possuem 62,7 km² (15%) do Embaubal, sendo recobertas por Floresta Ombrófila Aluvial. Esta recobre os Gleissolos Háplicos, que estão associados a Neossolos Flúvicos formados sobre depósitos aluvionares semiconsolidados. Tem como principal uso o extrativismo vegetal do látex de seringueiras (*Hevea sp.*), hortas e a criação de bubalinos, suínos e aves.
- Ilhas Agregadas: ocupam 105,4 km² (24%) do Embaubal. São três ilhas, diferenciando-se das ilhas desagregadas pelo tamanho e idade, superior a 1000 anos (SOUZA, 2015). Contam com a presença de lagoas intermitentes alongadas, que geoindicadores da aglutinação das ilhas. São recobertas por Vegetação Pioneira Herbácea-Arbustiva, em parte degradada por fogo, estando associadas hortas, à criação de bubalinos, bovinos, suínos e aves.
- Planície de Inundação da Margem Direita: com 6,1 km² (1%) da área de estudo, é a margem Leste do canal fluvial até o contato com a região geoecológica 'Baixos Platôs Transamazônica e Xingu'. Possui vegetação dos tipos Floresta Ombrófila Aluvial e

Vegetação Pioneira Arbustiva, que recobrem Gleissolos Háplicos formados sobre Depósitos Aluvionares Semi-consolidados.

• Planície de Inundação da Margem Direita: além da localização, à Oeste do Embaubal, a Margem Direita se diferencia estruturalmente da Margem Esquerda por ser menos fragmentada e mais larga, ocupando 34,3 km² (8%) da área de estudo.

Considerando a proposição de Forman e Gordon (1986) e Casimiro (2009) para corredor e matriz da paisagem, entende-se que os igarapés, paranás, furos e lagos intermitentes atuam como corredores na paisagem fluvial à medida que distribuem e coletam energia, matéria e informação entre as unidades de paisagem e entre paisagens adjacentes, com controle sobre o funcionamento e evolução da paisagem.

As unidades ilhas agregadas e as planícies de inundação da margem direita são as porções de paisagem mais antigas, e as praias fluviais, as mais recentes. As ilhas tendem a se unir no seu processo evolutivo, perceptível na Planície de Inundação Margem Direita e Ilhas Agregadas, que estão no último estágio da evolução da paisagem.

O surgimento de Praias Fluviais e, em seguida, das Ilhas está condicionado ao crescimento das antepraias e dunas submersas. As antepraias são bordas e base da paisagem fluvial; sua remoção implica no desmoronamento do seu entorno superior e imediato, de modo que sua manutenção contribui para conservação e evolução da paisagem.

Com a Usina Hidroelétrica de Belo Monte, mesmo com vazão semelhante à natural, a restrição de sedimentos à jusante dos barramentos dá início à erosão da calha fluvial horizontal e vertical, que erodirá, inicialmente, as dunas submersas, antepraias e praias fluviais (PAULA, 2019).

Vulnerabilidade ambiental de Paisagem Fluvial

Os estudos ambientais que possuem em sua metodologia de integração de mapas o *Analytic Hierarchic Process* (AHP), em um primeiro momento, selecionam critérios; no segundo, realizam neles reclassificação temática e quantitativa; no terceiro, integram por soma ponderada os critérios, e no último momento, definem classes para o tema em análise, no caso dessa pesquisa, a vulnerabilidade ambiental.

Lage, Peixoto, Vieira (2008), Paula, Souza (2011), Pinese Júnior e Rodrigues (2012) selecionaram como critérios para análise da vulnerabilidade ambiental os componentes da paisagem - geologia, geomorfologia, solos, clima, cobertura vegetal e usos da terra -, apesar

de justificarem o uso algumas vezes de forma diferente para um mesmo componente utilizado. Já Silva, Nunes (2009) e Cavalcante et al. (2010) adotaram diferentes critérios, de acordo com a escala e o método das pesquisas por eles propostos.

Quanto aos critérios, estes devem ser escolhidos quando realmente influenciam no fenômeno estudado, atendem as especificidades da paisagem em estudo e da escala de investigação da pesquisa. Desse modo, devem haver justificativas para seu uso, eximindo semelhanças entre critérios ou mesmo superestimação.

O mapa das unidades geoecológicas (PAULA; SILVA, 2019) reflete o entendimento da relação entre os componentes da paisagem e deve ser critério principal em estudos desenvolvidos por método geossistêmico, pois sua ausência pode deixar de fora da análise o entendimento da estrutura, funcionamento e evolução da paisagem, essenciais para interpretação da estabilidade, e, consequentemente, da vulnerabilidade ambiental.

Os demais critérios escolhidos são atenuadores ou potencializadores da vulnerabilidade ambiental, pois a reduzem ou ampliam quando atuantes ou presentes, tornando as unidades de paisagem e suas partes mais ou menos suscetíveis a processos morfogenéticos. Assim, os critérios têm capacidade de interferir decisivamente na ecodinâmica da paisagem.

A análise da evolução geoecológica do Embaubal indica que as modificações nessa paisagem ocorrem com mais intensidade nas áreas de bordas, onde os efeitos da erosão fluvial são mais intensos, quando comparado com o interior (núcleo) das unidades geoecológicas. Murcia (1995) define que as bordas constituem áreas com maior incidência de impactos negativos sobre a fauna e a flora e, especificamente para o Embaubal, acrescenta que é o local de atividades agrícolas e de instalação das infraestruturas de moradia das comunidades ribeirinhas.

A escolha do critério Cobertura Vegetal (CV) foi feita com base em Ross (1994), que destaca a função protetora desse critério para as paisagens, pois ele inibe processos erosivos. Já o critério Distância de Rotas (DR) de navegação foi escolhido de acordo com as observações empíricas *in locu*, pois as ondas formadas pelas embarcações solapam e erodem a borda das unidades de paisagem.

Quanto à reclassificação dos critérios, esta se deve ao fato de cada critério possuir uma unidade temática diferente, de modo que foi necessário reclassificá-las para o tema vulnerabilidade ambiental. Identificaram-se duas formas para reclassificação em estudos de

vulnerabilidade ambiental, a saber: reclassificação com auxílio do AHP (SILVA; NUNES, 2009; PINESE JÚNIOR; RODRIGUES, 2012); e reclassificação 'de acordo com parâmetros do pesquisador' (LAGE; PEIXOTO; VIEIRA, 2008; CAVALCANTE et al., 2010; PAULA; SOUZA, 2011).

A reclassificação com auxílio do AHP foi descartada por induzir erros no mapeamento, pois classificaria partes das unidades geoecológicas como de vulnerabilidade ambiental muito baixa, inadequado para unidades de paisagens fluviais. Adotou-se a reclassificação temática das classes dos critérios 'de acordo com parâmetros do pesquisador', na tentativa de expressar o entendimento integrado e holístico do pesquisador sobre a análise da paisagem, com os valores de cada classe dos critérios (Tabela 1), retratando sua contribuição com a atenuação ou com a potencialização da vulnerabilidade ambiental.

Critério - Classe	Valor de VA
UG - Praias Fluviais	1
UG - Planície de Inundação Margem Esquerda	0,7
UG - Ilhas Desagregadas	0,7
UG - Ilhas Agregadas	0,5
UG - Planície de Inundação Margem Direita	0,5
BN - 50m	1
BN - Núcleo	0,5
CV - Sem Cobertura	1
CV - Formação Pioneira Arbustiva/Herbárcea de Influência Fluvial	0,8
CV - Floresta Ombrófila Densa Aluvial	0,5
DR - 100m	1
DR - 200m	0,9
DR - 300m	0,8
DR - 400m	0,7
DR - 500m	0,6

Tabela 1 - Valores da reclassificação das classes dos critérios para o tema Vulnerabilidade Ambiental (VA) para análise do Embaubal, Baixo Rio Xingu.

VA – Vulnerabilidade Ambiental; UG - Unidade Geoecológicas; BN - Borda e Núcleo; CV - Cobertura Vegetal; e DR - Distância de Rotas

Fonte: Autores

Após a reclassificação dos critérios, executa-se a operação algébrica soma ponderada com pesos dos critérios indicados pela metodologia AHP. A razão de consistência do AHP deve ser igual ou menor a 0,1; nessa pesquisa, a razão de consistência foi 0,028, e os valores utilizados na matriz de comparação estão expressos no quadro 2.

Critérios	UG	CV	BN	DR
UG – Unidades Geoecológicas	1	3	5	9
CV – Cobertura Vegetal	-	1	3	5
BN – Borda e Núcleo	-	-	1	3
DR – Distância de Rotas	-	-	-	1

Quadro 2 - Matriz de Comparação para os Critérios do Tabuleiro do Embaubal

Fonte: Autores

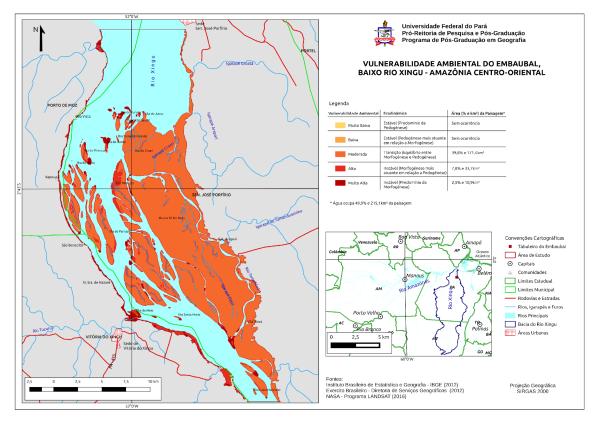
Os pesos indicados na Tabela 2 foram utilizados na soma dos critérios, e o resultado foi classificado em cinco classes de vulnerabilidade ambiental: muito alta, alta, moderada, baixa e muito baixa.

Critérios	Pesos
UG - Unidades Geoecológicas	0,581
CV - Cobertura Vegetal	0,255
BN - Borda e Núcleo	0,114
DR - Distância de Rotas	0,050

Tabela 2 - Pesos atribuídos aos critérios para a análise da Vulnerabilidade Ambiental (VA) do Tabuleiro do Embaubal, Baixo Rio Xingu

Fonte: Autores

Como pode ser observado no Mapa 2 e Tabela 3, a água ocupa 49,9% do Embaubal, e as unidades geoecológicas ocupam 51,1% dessa paisagem, com 2,5% das unidades classificadas como Vulnerabilidade Ambinetal (VA) Muito Alta, 7,8% de VA Alta e 39,8% de VA Moderada. As áreas de VA Muito Alta concentram-se na porção oeste da paisagem, já as de VA Alta estão principalmente nas bordas das unidades geoecológicas, enquanto que as de VA Moderada abrangem as áreas do interior das unidades de paisagem e são recobertas por vegetação arbórea.



Mapa 2 - Mapa de Vulnerabilidade Ambiental do Embaubal, Baixo Rio Xingu Fonte: Autores

As Praias Fluviais foram em sua totalidade identificadas como VA Muito Alta, sendo somente essa unidade geoecológica classificada em uma única classe e nenhuma outra unidade geoecológica, em mais do que duas classes de vulnerabilidade.

Classes	Vulnerabilidade Ambiental (km²)				
Unidades Geoecológicas	Muito Baixa	Baixa	Mode-rada	Alta	Muito Alta
Praia Fluviais	-	-	-	-	7,7
Ilhas Desagregadas Ilhas Agregadas	-	-	41,3 98,6	21,4	-
Planície de Inundação Margem Direita	-	-	31,6	2,7	-
Planície de	-	-	-	2,9	3,2

PLANEJAMENTO E VULNERABILIDADE AMBIENTAL DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO EM PAISAGEM FLUVIAL AMAZÔNICA

Inundação			
Margem Esquerda			

Tabela 3 - Área da Vulnerabilidade Ambiental das Unidades Geoecológicas do Tabuleiro do Embaubal, Baixo Rio Xingu.

Fonte: Autores

Observando o Gráfico 1, as Ilhas Desagregadas possuem 41,3km² de área próxima do limite da VA Alta, e a Planície de Inundação Margem Esquerda possui 2,9 km² próximo do limite da VA Muito Alta. O incremento de ações potencializadoras da VA podem tornar essas áreas mais vulneráveis ambientalmente; já, para as Ilhas Agregadas (6,8km²) e Planície de Inundação Margem Direita (2,7km²), em contrapartida, ações atenuadoras da vulnerabilidade ambiental podem torná-las classificáveis como de VA Moderadas.

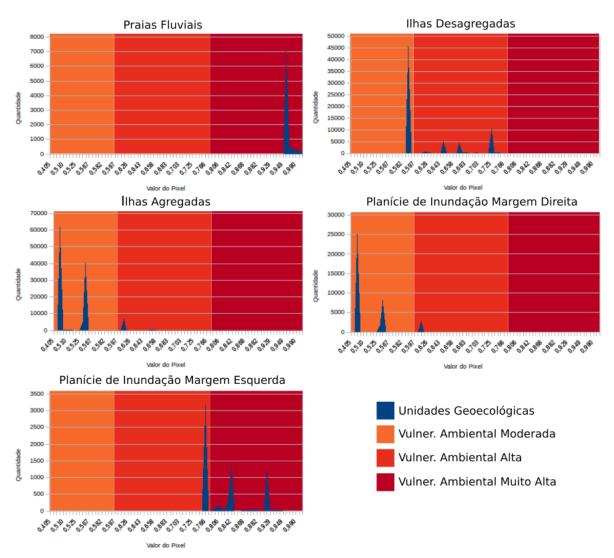


Gráfico 1 - Quantidade, Valor e Classe de Vulnerabilidade Ambiental dos Pixeis (30x30m) das Unidades Geoecológicas do Embaubal, Baixo Rio Xingu.

Fonte: Autores

Proposições para planejamento ambiental de Unidades de Conservação em Paisagem Fluvial

Em 2004, a paisagem fluvial Embaubal foi caracterizada como área de conservação prioritária para biodiversidade no bioma amazônico, com indicativo de criação de UC de Proteção Integral (Brasil, 2004). Em 2007, considerou-se também a criação de UC de Uso Sustentável, por se tratar de área de extrema importância para biodiversidade, que estava ameaçada pela pesca predatória, por rotas de navegação e por usos da terra não compatíveis com a conservação da biodiversidade (Brasil, 2007).

O processo de criação das Unidades de Conservação do Embaubal foi iniciado pelo Governo do Estado do Pará após a publicação do relatório "Painel de Especialistas" (Santos; Hernandez, 2009), no qual se construíram sérias críticas ao Estudo de Impacto Ambiental (EIA) da UHE Belo Monte.

Criadas em 2016, as UC Reserva de Vida Silvestre (RVS) Tabuleiro do Embaubal e a Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS) Vitória de Souzel diferem nas suas características e conceitos, de acordo com o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) (BRASIL, 2000) e nos objetivos propostos no decreto de criação pelo Governo do Pará. No Decreto nº 1556, de 17 de junho de 2016 (PARA, 2016), em que se cria a RVS Tabuleiro do Embaubal, também se definem os objetivos da UC. Entende-se que o principal objetivo da RVS é preservar os locais de desova de quelônios no rio Xingu, especificamente a preservação da tartarugas-da-amazônia (*Podocnemis expansa*).

Outro fato que impulsionou a criação da RVS Tabuleiro do Embaubal foi a compensação ambiental obrigatória por parte da empresa concessionária da UHE Belo Monte, pois provocaria danos socioambientais, que, de acordo com o SNUC, a obriga a contribuir na criação e na manutenção de UC de proteção integral. Ou seja, a existência da RVS seria desnecessária, se não fosse a função implícita de compensação ambiental, pois os objetivos e o plano de manejo da RDS Vitória de Souzel podem atuar na preservação das tartarugas-da-amazônia, e ainda pelo fato da dinâmica evolutiva do Embaubal permitir o redirecionamento da escolha dos locais de nidificação dessa espécie para áreas fora dos limites da RVS.

Entende-se que a criação da RDS Vitória de Souzel era necessária para o Embaubal, pois unidades de conservação de uso sustentável vêm assumindo papel fundamental na conservação da biodiversidade na Amazônia (KITAMURA, 2001). Lima-Ayres (1994) acrescenta que, sem a participação da população local, tanto no manejo dos recursos como na gestão da área, a conservação da natureza torna-se inviável no longo prazo, e, como destaca Queiroz (2005), o sucesso da conservação da biodiversidade *in situ* é dependente da capacidade de envolver as populações humanas locais.

De acordo com Brasil (2000), o plano de manejo deve abranger a área da Unidade de Conservação, sua Zona de Amortecimento (ZA) e os corredores ecológicos, constituindo

Documento técnico mediante o qual, com fundamento nos objetivos gerais de uma Unidade de Conservação, se estabelece o seu zoneamento e as normas que devem presidir o uso da área e o manejo dos recursos naturais, inclusive a implantação das estruturas físicas necessárias à gestão da Unidade (BRASIL, 2000).

As zonas sugeridas em planos de manejo de UCs geralmente são Zonas de Recuperação Ambiental, Zona de Amortecimento, Zonas de Preservação Ambiental e Zonas de Uso Sustentável. Ressalta-se que as características e objetivos de RVS não permitem o uso direto dos recursos naturais, assim, não são permitidas Zonas de Uso Sustentável, de modo que os usos diretos dos recursos naturais existentes antes da criação da UC de Proteção Integral devem se readequados ou extintos.

As Zonas de Preservação Ambiental (ZPA) visam à preservação de áreas necessárias para conservação paisagística, existência e reprodução da flora e da fauna residente ou migratória, e, conforme Queiroz (2005), devem ser criadas para proteger a diversidade genética, agindo como uma fonte de estoque para as zonas adjacentes. As ZPA devem englobar áreas de alta e muito alta vulnerabilidade ambiental, que constituem ambientes de ecodinâmica instáveis, onde os efeitos das atividades humanas são significativos sobre o ambiente, assim, o manejo da área deve preservar o ambiente natural, permitir somente atividades de pesquisas e de educação ambiental.

Atividades extrativistas, de navegação para transporte de cargas e passageiros, agrossilvopastoril, de caça e pesca que ocorrem no Embaubal devem ser reprimidas nas ZPA. Para isso, é necessário a interdição de construção de novas habitações, permitindo-se somente antigos moradores com a devida readequação das habitações e dos costumes que colidem com objetivos da ZPA.

As ZPA no Embaubal, ainda, devem ser locais, ou mesmo receber praias artificiais com características que permitam a desova das tartarugas-da-amazônia, tendo em vista que a tendência evolutiva e de funcionamento geoecológico com a UHE Belo Monte deve intensificar a erosão das praias atualmente aptas para desova desse quelônio.

As Zonas de Uso Sustentável (ZUS) estão disponíveis para uso, desde que atendam os objetivos do plano de manejo. Devem estar localizadas em áreas de vulnerabilidade ambiental moderada e afastadas das bordas das unidades de paisagem. Propõe-se que sejam especializadas em:

- ZUS de Atividades Extrativistas áreas destinadas à exploração de látex das seringueiras. Essa atividade já foi desenvolvida de forma sustentável no Embaubal, entretanto, foi interrompida com a desvalorização comercial do látex, que ocasionou a mortandade de árvores já utilizadas, reforçando também a necessidade de políticas públicas de apoio econômico a essa atividade.
- ZUS de Rotas de Navegação respeitando a viabilidade econômica e a segurança da navegação, devem ser descritas em carta náutica, ser traçadas o mais distante possível das praias e ilhas, e as velocidades das embarcações devem ser controladas para minimizar a ação erosiva provocada pelas ondas e o atropelamento da fauna local.
- ZUS de Atividade Agrossilvopastoril o funcionamento geoecológico do Embaubal restringe as áreas com possibilidade de culturas perenes, por isso, deve ser realizado levantamento planialtimétrico da RDS para identificação das áreas que são inundadas somente nas cheias excepcionais e que poderiam ser utilizadas para culturas perenes. A pecuária extensiva de bubalinos deve ser restrita em quantidade, cercada e localizada distante das bordas das unidades geoecológicas, dos igarapés, paranás e furos, pois o manejo e hábitos desses animais intensificam processos erosivos. Essas medidas podem tornar a pecuária socioeconomicamente inviável; caso isso aconteça, devem ser adotadas estratégias para a realocação da atividade fora das UC.
- ZUS de Caça e Pesca constitui a principal atividade exercida na RDS. A normatização deve ser baseada em pesquisas científicas e levantamentos locais das espécies, em seus quantitativos e na viabilidade socioeconômica. Esses critérios permitirão a indicação de espécies, de seu tamanho e quantidade, bem como os locais e os períodos do ano permitidos para a atividade, além das técnicas que podem ser utilizadas e quem pode pescar e caçar dentro da ZUS de Caça e Pesca, de modo a respeitar a sustentabilidade da vida do pescador e a preservação da biodiversidade local.
- ZUS Habitações as novas habitações e estruturas, como escolas e postos de saúde, não devem ser construídas nas bordas das unidades de paisagem. As habitações já existentes devem passar por readequações sanitárias, nos moldes da atual estrutura de apoio do Instituto de Desenvolvimento Florestal e da Biodiversidade do Estado do Pará (IDEFLOR-Bio). Resíduos sólidos e o esgoto devem ser recolhidos periodicamente pelas prefeituras e enviados a aterro sanitário, inibindo a proliferação de vetores de doenças e evitando a contaminação dos solos e da água local.

As Zonas de Recuperação Ambiental (ZRA) devem ser constituídas pelas antigas áreas ocupadas por Floresta Ombrófila Densa Aluvial, que foram desflorestadas e queimadas para abertura de áreas de pastagem. Devem ser recuperadas com intuito de contribuir com a preservação ambiental da paisagem, e, após sua recuperação, quando da revisão do Plano de Manejo, podem ser reclassificadas como Zonas de Preservação Ambiental ou de Uso Sustentável. Devem ser necessariamente reflorestadas com espécies nativas, como seringueiras (*Hevea brasiliensis*) e o açaizeiro (*Euterpe oleracea Mart.*), de valor econômico e adaptadas à dinâmica geoecológica de várzea.

As Zonas de Amortecimento (ZA) agem como filtros às agressões externas e servem para prevenir degradações ambientais que possam colocar em risco a integridade das Unidades de Conservação (Ribeiro; Freitas; Costa, 2010). Desse modo, as ZA constituem o entorno onde os usos da terra estão submetidos a normas e restrições específicas (BRASIL, 2000), podendo ser delimitadas Zonas de Preservação Ambiental, de Uso Sustentável e de Recuperação Ambiental.

As ZA não foram estabelecidas na lei de criação das RVS Tabuleiro do Embaubal e da RDS Vitória de Souzel. Assim, considerava-se como ZA uma faixa de 3000 m no limite das UC, quando de licenciamento de empreendimento de significativo impacto ambiental, ou de 2000 m para empreendimentos não sujeitos a EIA/RIMA, de acordo com Resolução 428/2010 – CONAMA (BRASIL, 2010). Em virtude da característica integradora de todas as partes da paisagem, indica-se que o limite da paisagem fluvial do Embaubal (Figura 3) seja a área mínima para a ZA, a qual deve ser definida com a criação do Plano de Manejo das UC.

Conclusões

Diante do contínuo aumento do desflorestamento da Amazônia para ampliação de pastagens, monoculturas, mineração, exploração hidroelétrica, dentre outras atividades de alto dano socioambiental, o entendimento sistêmico e holístico das paisagens fluviais, proporcionado pelos estudos geoecológicos, pode contribuir com o planejamento ambiental e, consequentemente, reduzir ou mitigar o dano socioambiental em unidades de conservação, ou em outras áreas especialmente protegidas por lei.

Para mapeamento da vulnerabilidade ambiental deve-se selecionar, ponderar e integrar critérios através das análises espaciais de reclassificação e álgebra de mapas. Nesse

estudo, identificou-se que o *Analytic Hierarchic Process* (AHP) é adequado para integração dos critérios, mas não deve ser utilizado na ponderação das classes dos critérios selecionados.

Os critérios selecionados para o entendimento da vulnerabilidade ambiental devem influenciar decisivamente a área em estudo, devem ser adequados à escala de investigação e, em estudos desenvolvidos com método geossistêmico, o mapa das 'unidades geoecológicas' (ou geoambiental) é critério imprescindível, pois reflete o entendimento das estruturas, funcionamento e evolução das paisagens. Os demais critérios constituem atenuadores ou potencializadores da vulnerabilidade ambiental das partes das unidades geoecológicas.

As paisagens fluviais amazônicas devem ser percebidas como ambientes de ecodinâmica instável ou de transição, de moderada à alta vulnerabilidade ambiental, com alta suscetibilidade às mudanças geoecológicas naturais ou antrópicas, locais e globais.

Para planos de manejo de Unidades de Conservação de paisagens fluviais, propõe-se a delimitação de zonas para preservação ambiental e uso sustentável, bem como de zonas de recuperação e de amortecimento de danos socioambientais, as quais podem ser especializadas e somente devem ser implementadas após ampla discussão com comunidades tradicionais e científicas, com os gestores públicos e com os demais atores sociais locais.

Agradecimentos

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

Referências

ARRUDA, R. "Populações Tradicionais" e a Proteção dos Recursos Naturais em Unidades de Conservação. Ambiente & Sociedade, [S.I.], v. 1, n. 5, p.79-92, ago. 1999. Semestral.

BRASIL. ICMBIO/IBAMA. Ministério do Meio Ambiente. Sumário Executivo do Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Quelônios Amazônicos. [S.I]: [S.I], [2015]. 8 p.

BRASIL. **Lei nº 9985, de 18 de julho de 2000.** Regulamenta o art. 225, § 10, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências.. SNUC. Brasília, DF.

BRASIL. **Portaria nº 126, de 27 de maio de 2004.** Áreas Prioritárias Para A Conservação, Utilização Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira: Áreas Prioritárias para a Biodiversidade. Brasília, DF.

BRASIL. **Portaria nº 9, de 23 de janeiro de 2007**. Áreas Prioritárias Para a Conservação, Utilização Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira: Áreas Prioritárias para a Biodiversidade. Brasília, DF.

BRASIL. **Resolução Conama nº 428, de 17 de dezembro de 2010**.. Licenciamento Ambiental, Unidade de Conservação e Zonas de Amortecimento. Brasília, DF.

CÂMARA, G. et al. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computers & Graphics**, [S.I], v. 3, n. 20, p.395-403, maio 1996

CASIMIRO, P. C. Estrutura, composição e configuração da paisagem conceitos e princípios para a sua quantificação no âmbito da ecologia da paisagem. **Revista Portuguesa de Estudos Regionais**, [Lisboa], v. 1, n. 20, p.75-99, jan. 2009.

CAVALCANTE, D. G. et al. Análise da vulnerabilidade ambiental de um fragmento florestal urbano na Amazônia: Parque Estadual Sumaúma. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 22, n. 2, p.391-403, ago. 2010.

CORTES, João Paulo S. et al. Channel morphology as a key factor to hydrological and sedimentological patterns in the largest fluvial ria lake of Amazonia. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 124, p. 104284, 2023.

FEARNSIDE, P. M. **Hidrelétricas na Amazônia**: Impactos ambientais e sociais na tomada de decisões sobre grandes obras. Manaus: Inpa, 2015. 296 p.

FORMAM, R. T., GODRON, m. Landscape Ecology. John Willey, Nova Iorque, 619 p. 1986

GOUDIE, Andrew (Ed.). Encyclopedia of geomorphology. Psychology Press, 2004.

KITAMURA, P. C. "Biodiversidade na Amazônia: por uma abordagem regional das unidades de conservação". In GARAY, I E DIAS, B. (orgs.). **Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais**: avanços conceituais e revisão de normas e metodologias de avaliação e monitoramento. Petrópolis, Vozes, 2001, pp. 102-111, 430 p.

LAGE, C. S.; PEIXOTO, H.; VIEIRA, C. M. B. Aspectos da vulnerabilidade ambiental na Bacia do Rio Corrente-BA. **Geotextos**, S.I., v. 4, n. 12, p.11-36, jan. 2008.

LAURANCE, W. F.; ALBERNAZ, A. K. M.; FEARNSIDE, P. M.; VASCONCELOS, H. L. E FERREIRA, L. V. Deforestation in Amazônia. **Science**, 304, 2004, p. 1109.

LIMA-AYRES, D. "A implantação de uma unidade de conservação em várzea: a experiência de Mamirauá". In D'INCAO, M. A. e SILVEIRA, I. M. (eds.). **A Amazônia e a crise da modernização**. Belém, MPEG, 1994, pp. 403-409.

MURCIA, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation, Trends in **Ecology & Evolution**, Volume 10, Issue 2, 1995, Pages 58-62

NOBRE, C. A.; SAMPAIO, G.; SALAZAR, L.. Mudanças Climáticas e Amazônia. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 59, n. 3, p.22-27, jul. 2007. Disponível em: http://cienciaecultura.bvs.br/pdf/cic/v59n3/a12v59n3.pdf>. Acesso em: 2 set. 2015.

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.

PAULA, E. M. S. de; SOUZA, M. J. N. de. Sistemas de Informações Geográficas na Análise da Vulnerabilidade Ambiental da Bacia do Rio Ceará-CE. **Revista Brasileira de Cartografia** [S.I], v. 04, n. 63, p.545-554, dez. 2011. Disponível em: http://www.lsie.unb.br/rbc/index.php/rbc/article/view/399/391.

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.

PAULA, Eder Mileno Silva, SILVA, E.V., 2019. Estrutura e Fragmentação Geoecológica de Paisagem Fluvial no Baixo Rio Xingu - Amazônia Centro-Oriental. **Geonordeste**, São Cristóvão, v. 1, n., p.122-142, jan-jun.

PAULA, Eder Mileno Silva. Repercussão da Exploração Hidroelétrica no Funcionamento Geoecológico de Paisagens Fluviais Amazônicas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S.l.], v. 12, n. 6, p.2259-2270, 16 dez. 2019. Bimestral. Disponível em: https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/241190. Acesso em: 11 mar. 2020.

PAULA, Eder Mileno Silva de. Evolução da Paisagem Fluvial no Baixo Rio Xingu – Amazônia Centro-Oriental. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia, 13., 2021, Juiz de Fora. **Anais** [...] . Juiz de Fora: SGB, 2022. p. 1-9.

PINESE JÚNIOR, J. F.; RODRIGUES, S. C. O Método de Análise Hierárquica – AHP – como Auxílio na Determinação da Vulnerabilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Piedade (MG). **Revista do Departamento de Geografia – USP**, São Paulo, v. 23, p.4-26, 2012.

QUEIROZ, H. L. A reserva de desenvolvimento sustentável Mamirauá. **Estudos Avançados** [S.l.], v. 54, n. 19, p.183-203, jan. 2005.

RIBEIRO, M. F.; FREITAS, M. A. V. de; COSTA, V. C. da. O desafío da gestão ambiental de zonas de amortecimento de unidades de conservação. In: Seminário Latino-Americano De Geografía Física, 6., 2010, Coimbra. **Anais.**... Coimbra: Slagf, 2010. p. 1 - 11.

RODRIGUES, R. A. Vidas Despedaçadas Impactos Socioambientais da Construção da Usina Hidrelétrica de Balbina (AM), Amazônia Central. 2013. 182 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Sociedade e Cultura da Amazônia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2013.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. **Planejamento e Gestão Ambiental**: subsídios da geoecologia das Paisagens e da Teoria Geossistêmica. Fortaleza: Edições UFC, 2013.

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., il..

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**. n.8, p.63-74. 1994.

ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil**: subsídios para o planejamento ambiental. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

RYLANDS, Anthony B; BRANDON, Katrina. Unidades de conservação brasileiras. **Megadiversidade**,[S.I.], v. 1, n. 1, p.27-35, jul. 2005.

SANTOS, Sônia Maria Simões Barbosa Magalhães; HERNANDEZ, Francisco del Moral (Org.). **PAINEL DE ESPECIALISTAS**: Análise Crítica do Estudo de Impacto Ambiental do Aproveitamento Hidrelétrico de Belo Monte. Belém: [S.I.], 2009. 230 p.

SILVA, C. A. da; NUNES, Fábio de Paiva. Mapeamento de vulnerabilidade ambiental utilizando o método AHP: uma análise integrada para suporte à decisão no município de Pacoti/CE. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14., 2009, Natal. **Anais...** [s.i.]: 5435-5442., 2009. p. 5435 - 5442.

SILVA, J. X. da. Geoprocessamento para análise Ambiental. Rio de Janeiro: 2001. 228p.

SOTCHAVA, V. B. O estudo dos geossistemas. **Método em Questão** - IGEOG-USP. São Paulo, n. 16, 1977.

SOUSA, W. L. de. **Impacto Ambiental de Hidrelétricas**: uma Análise Comparativa de Duas Abordagens. 2000. 154 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000. Disponível em: http://ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/wlemgruber.pdf>. Acesso em: 4 set. 2015.

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.

SOUZA, M.J.N. de. Análise Geoambiental e Ecodinâmica da Paisagens do Estado do Ceará - Tese de Professor Titular, UECE. 1998. Fortaleza. Ils.

SOUZA, M.J.N. de. **Bases naturais e esboço do zoneamento geoambiental do estado do Ceará**. In. Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará. Fortaleza:FUNECE, 2000. 268p. il.; 22cm.

TRICART, J; KILIAN, J. La ecogeografia y la ordenación del medio natural. Barcelona: Editorial Anagrama, 1979. 288 p.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, 1977. p. 91 p. il.

VIVACQUA, M.; VIEIRA, P. F. Conflitos socioambientais em Unidades de Conservação. **Política & sociedade**, [S.I.], v. 1, n. 7, p.139-162, out. 2005.

ZUANON, J et al.. Condições para a manutenção da dinâmica sazonal de inundação, a conservação do ecossistema aquático e manutenção dos modos de vida dos povos da volta grande do Xingu. **Papers do Naea**, Belém, v. 28, n. 2, p.20-62, dez. 2019. Semestral. Universidade Federal do Pará.