

VULNERABILIDADE AMBIENTAL NA SUB-BACIA DO MÉDIO TAPAJÓS (AM-PA)

Environmental vulnerability in the middle Tapajós sub-basin (AM-PA)

Dênis José Cardoso Gomes
Universidade Federal de Santa Maria
deniss.feg@gmail.com

Letícia Pereira da Silva
Universidade Federal do Pará
goleticia67@gmail.com

Aline Maria Meiguins de Lima
Universidade Federal do Pará
alinemeiguins@gmail.com

Recebido em 16/08/2020

Aceito em 13/11/2020

RESUMO: O estudo da erosão hídrica do solo na região hidrográfica do Tapajós destaca-se pela expansão das atividades antrópicas na integridade da bacia hidrográfica. Para atender este objetivo foram utilizados dados pluviométricos estimados (GPCC) e topográficos (Imagens SRTM), além da rede hidrográfica (ANA) e indicadores socioambientais (EMBRAPA, IBGE e MMA). No processamento do risco ambiental foi empregado o interpolador Kernel para a densidade de drenagem e de ocupação do território. Como resultado obteve-se que as áreas mais susceptíveis a erosão, correspondem as regiões mais a noroeste, além da borda leste da bacia, indicando uma vulnerabilidade crescente e que responde principalmente ao potencial de antropismo da região.

Palavras-chave: Risco; Erosão; Socioambiental.

ABSTRACT: The study of soil water erosion in the Tapajós hydrographic region is important due to the area is marked by anthropic activities. Were used estimated rainfall data (GPCC); Slope (INPE); hydrographic division (ANA); Economic and socio-environmental products (EMBRAPA, IBGE and MMA). Geoprocessing was used to do products that generate environmental risk, in addition to the Kernel interpolator for drainage density and population occupation. The risk presented shows that the areas most susceptible to erosion are the northwest part bordering this stretch of the river, in addition to the east side of the basin with the SO-S axis. The results obtained point to an increasing vulnerability with the potential for anthropism in the region.

Keywords: Risk; Erosion; Socio-Environmental.

INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica do rio Tapajós tem sua área de abrangência principalmente nos estados do Pará e Mato Grosso e em menor parte no Amazonas; o setor paraense corresponde ao Médio-Baixo Tapajós, conforme descrito por Santos et al. (2014) e Araújo et al. (2015). Esta região congrega uma série de políticas públicas marcadas pelo planejamento desarticulado, vinculadas as atividades de mineração, portuária, extração madeireira, hidroviária, geração de energia elétrica e a ocorrência de áreas protegidas (terras indígenas e unidades de conservação); cenários estes discutidos em Fearnside (2015), Santos et al. (2015), Matos et al. (2018).

Complementando a dinâmica socioeconômica regional, as altas taxas de desmatamentos detectadas na região, conforme Araújo et al. (2017), criam um *input* de instabilidade (FEARNSIDE, 2005; FERREIRA et al. 2005; CORREIA et al., 2006; FERREIRA et al., 2012), para as características naturais já destacadas em Araújo et al. (2015) e Santos et al. (2015) que traduzem uma diversidade hidrogeomorfológica, que torna a região heterogênea em termos de respostas a variabilidade das formas de uso e cobertura da terra.

Neste contexto, um elemento comum tanto ao desmatamento quanto a diversificação do uso da terra, é a ocorrência de perdas de solo por erosão. A erosão é um processo que envolve vários fatores, tais como: o local de ocorrência, a relação de uso e ocupação da terra, a contribuição da precipitação pluviométrica e as técnicas de manejo que possibilitam o aumento da resistência do solo aos processos erosivos (SILVA et al., 2015).

A perda da qualidade dos solos está relacionada com fatores edáficos, climáticos e antrópicos, sendo que o processo de erosão acelerada do perfil de alteração de cobertura (solo-rocha), induzido pelo indevido uso e ocupação das terras, gerando prejuízos ambientais e econômicos, pois atinge outras atividades que depende deste recurso natural (TRINDADE; RODRIGUES, 2016).

O contraste entre a dinâmica econômica da bacia do rio Tapajós e sua vulnerabilidade natural a ocorrência de processos erosivos, necessitam de uma avaliação conjunta de suas relações, assim este trabalho teve por objetivo avaliar as condições de vulnerabilidade a ocorrência de processos erosivos do médio curso da bacia do rio Tapajós, em função das características de expansão do setor produtivo na região, integração como eixo viário ao logo da BR 163 e a presença de áreas protegidas.

MATERIAIS E MÉTODOS

A Sub-Bacia Hidrográfica do Médio curso do rio Tapajós (SBHMT), conforme divisão proposta por Santos et al. (2014), abrange dois estados: Pará e Amazonas (Figura 01). Sua extensão territorial ocupa uma área de 58.997,4 km².

Segundo Santos et al. (2015), a bacia do Tapajós é caracterizada por uma curta estação seca e com chuvas intensas durante o resto do ano, tendo temperaturas médias acima de 18 °C e precipitação anual em torno de 2.000 mm. A drenagem principal é o rio Tapajós, porém nesta região destacam-se também os rios das Tropas, Creporí, Ratão, diversos igarapés, além do rio Jamanxim que compõe (dada suas dimensões) uma sub-bacia a parte.

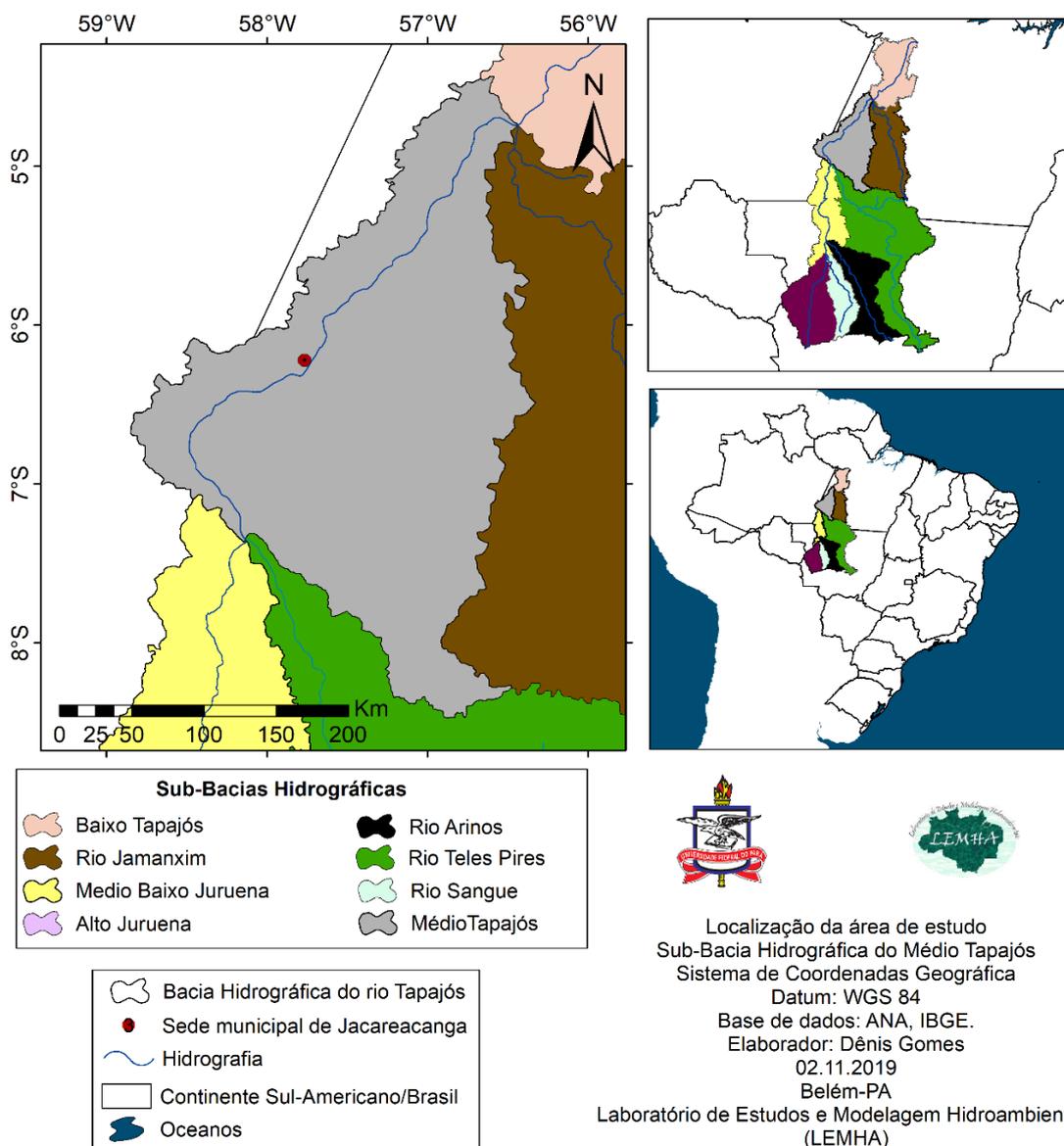


Figura 01. Mapa de localização da área de estudo: Médio curso da bacia do rio Tapajós.

Fonte: IBGE. Adaptado por autor (2019).

Na geração dos produtos cartográficos necessários ao processamento das informações foram utilizados:

(a) dados de precipitação pluviométrica são provenientes do *Global Precipitation Climatology Center* (GPCC, 2019), com uma resolução espacial de 1,0° x 1,0° de latitude e longitude e dados de 67200 estações de todo o mundo, deste o ano de 1901 (KALNAY et al., 1996); com quatro pontos situados dentro dos limites da SBHMT.

(b) informações altimétricas para geração da carta de declividade, a partir da base do projeto TOPODATA (VALERIANO et al., 2006);

(c) mapeamento do uso e cobertura da terra foram obtidos pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2019);

(d) divisão hidrográfica produto do sistema Otto Bacias da Agência Nacional de Águas (ANA);

(e) mapa de cobertura de solos, rede de drenagem, aspectos de logística (limites administrativos, estradas), atividades econômicas, unidades de conservação e terras indígenas, da base vetorial da EMBRAPA (2018) e IBGE (2017, 2018).

No processamento das informações foram utilizados sistemas de tratamento de dados tabulares e georreferenciados, utilizando ferramentas de análise geoespacial e álgebra de mapas para atribuição de pesos, os procedimentos adotados são os mesmos de Francisco (2010) para risco a erosão hídrica do solo, considerando a influência de cada variável do estudo (precipitação, uso e ocupação da terra, declividade e solo). A Tabela 01 apresenta a classificação ponderada segundo as características de estabilidade e/ou vulnerabilidade às variáveis, onde os pesos foram atribuídos segundo as classes de cada variável considerando o referencial teórico adotado (CREPANI et al., 2001; RIBEIRO; CAMPOS, 2007).

Na distribuição da densidade de drenagem e a densidade de ocupação foi utilizado o interpolador de Kernel, que delimita para uma dada referência (ponto ou linha) um raio de influência (SOUZA et al., 2013).

Tabela 01. Classificações adotadas para as categorias: Precipitação; Uso e ocupação da terra; Declividade; Solo.

Grau de Vulnerabilidade (V)	Escalas de valores	Crítérios
Vulnerável	$V > 2,8$	Processos de retrabalhamento das formas de relevo são preponderantes
Moderadamente Vulnerável	$2,4 < V \leq 2,8$	Existe o retrabalhamento superior as formas de estabilidade
Medianamente Estável/Vulnerável	$1,8 < V \leq 2,4$	O padrão de estabilidade e retrabalhamento das formas de relevo são próximos
Moderadamente Estável	$1,5 < V \leq 1,8$	Existe o retrabalhamento inferior as formas de estabilidade
Estável	$V < 1,5$	A estabilidade das formas de relevo é preponderante

Fonte: Ribeiro e Campos (2007). Adaptado por Autor (2019).

Foi adotada a relação de álgebra de mapas de superposição por análise ponderada, admitindo-se o mesmo grau de influência para cada variável, tendo como etapas principais: (a) geração da cartografia de referência; (b) atribuição de pesos segundo a valoração da Tabela 01, tendo os critérios definidos a partir das características mapeadas e usando as definições descritas em Crepani et al. (2001) e Ribeiro e Campos (2007); (c) reclassificação segundo os pesos atribuídos; (d) realização da álgebra seguindo a equação 01; e (e) definição da carta resultante e posterior reclassificação dos valores segundo o grau de estabilidade gerado.

$$V = \frac{\sum_{i=0}^n [n_i (\sum n_c * p_c)]}{n_t} \quad \text{eq. 01}$$

Onde V = grau de vulnerabilidade; n_i = categoria de variáveis avaliadas; n_c = classe individual da categoria avaliada; p_c = peso atribuído a classe individual da categoria avaliada; n_t = número total de categorias avaliadas.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Figura 02 observa-se a espacialização pluviométrica segundo a série histórica do GPCC, no qual a região do extremo norte e sul da SBHMT é caracterizada pelos menores valores de precipitações variando cerca de 1.986,1 mm a 2.198,7 mm. Na parte central da SBHMT são observados os maiores montantes pluviométricos oscilando de 2.411,2 mm a 2.623,8 mm. Esta variabilidade pluvial é próxima (superestimada) da discutida por Santos et al. (2015).

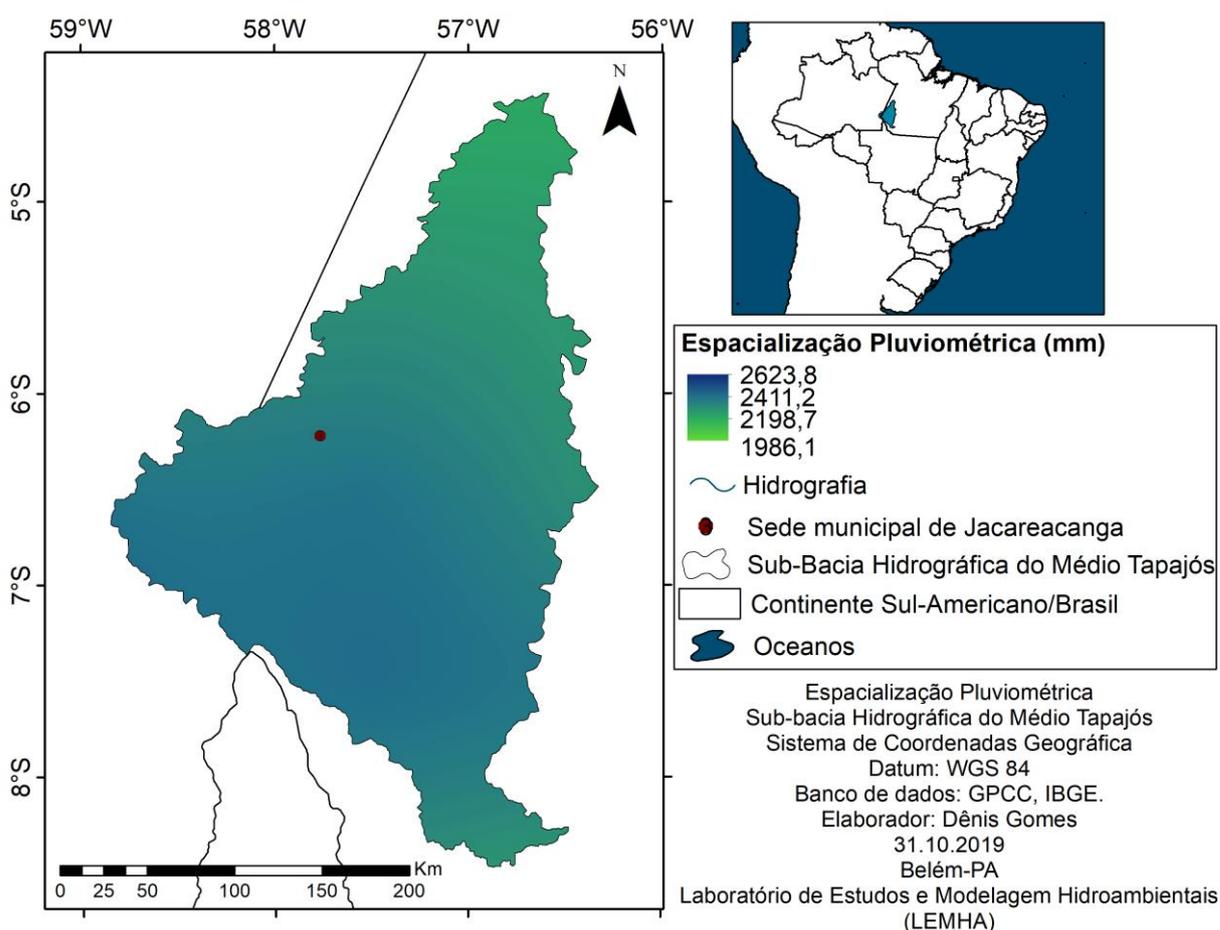


Figura 02. Espacialização pluviométrica segundo a série histórica (1988 – 2017) do GPCC: Sub-Bacia Hidrográfica do Médio curso do rio Tapajós. **Fonte:** GPCC (2019). Adaptado por autor (2019).

A Figura 03 mostra a vulnerabilidade pluviométrica na SBHMT. Pode-se observar duas classes de risco, onde na região norte e uma pequena parte ao sul da SBHMT apresentam áreas com estabilidade de aproximadamente 18.443,5 km² (31,1 %). Entretanto, no setor sul da região predomina a classe moderadamente estável abrangendo cerca de 40.676,8 km² (68,8 %), no qual Silva e Gomes (2019)

observaram na região hidrográfica do Tapajós, volumes de significativos de chuva oscilando de 2.570,4 mm a 2.233,5 mm, conseqüentemente, sujeitos ao risco pluviométrico.

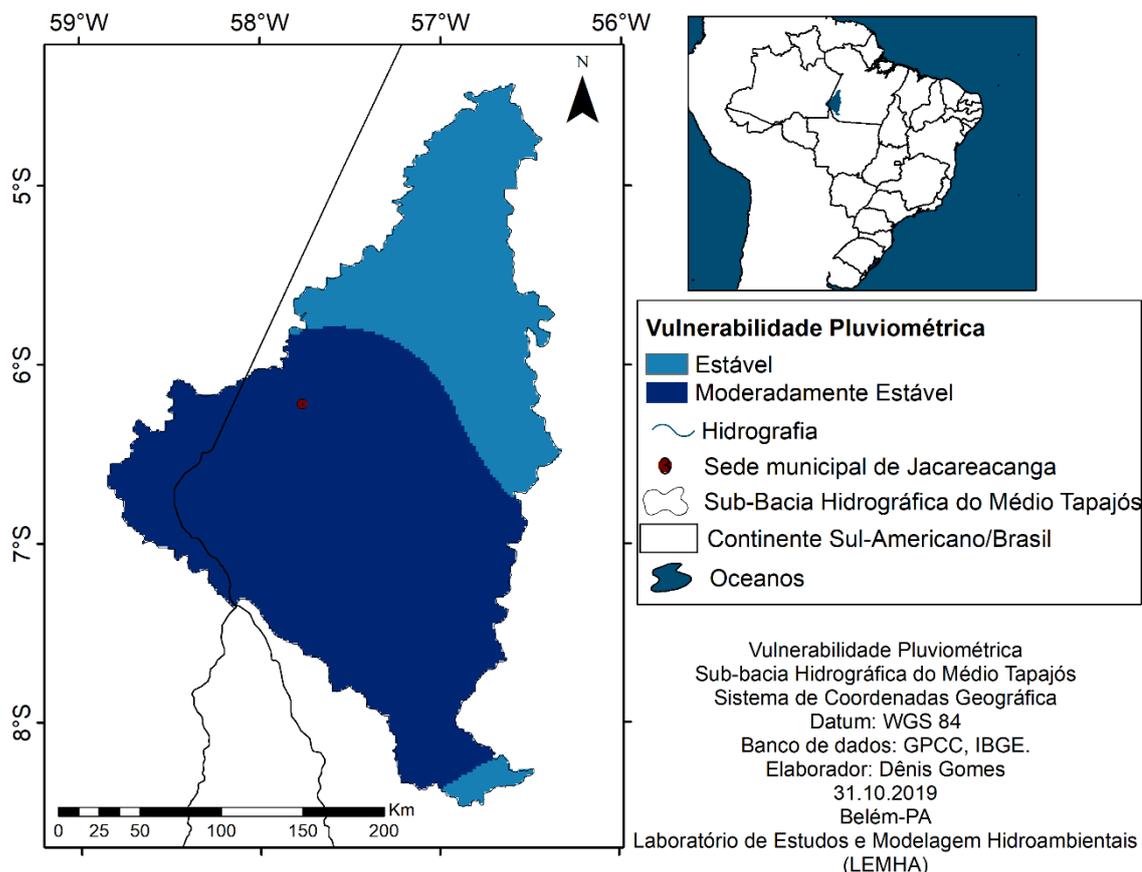


Figura 03. Vulnerabilidade pluviométrica: Sub-Bacia Hidrográfica do Médio curso do rio Tapajós. **Fonte:** Autor (2019).

A Figura 04 mostra as diferentes formas de uso da terra na SBHMT com as seguintes classes: Floresta, Mosaico de ocupação, Pasto, Agricultura e Hidrografia. A Floresta é a categoria que apresenta maior predominância em toda SBHMT com aproximadamente 53.995,45 Km² (91,5 %). A cobertura florestal é um fator essencial na manutenção do clima regional, além de diminuir o potencial erosivo do solo (BALBINOT et al., 2008; ALKAMA; CESCATTI, 2016), porém destaca-se que estão agrupadas as classes de floresta primária e secundária, com diversos graus de regeneração, cuja variação dos bosques e sub-bosques, implica em diferentes graus de penetração das chuvas como potencial geradora de erosão, conforme discute Volk et al. (2004) e Ferraz et al. (2013).

A segunda classe de maior extensão territorial são as áreas de várzea destacando-se com cerca de 2.092,25 Km² (3,5 %). A classe Pasto abrange 594,35 Km² (1,0 %) do uso de terras. O Mosaico de ocupações é o tipo de cobertura de terra que menor se distribui espacialmente na SBHMT com área de 509,6 Km² (0,9 %).

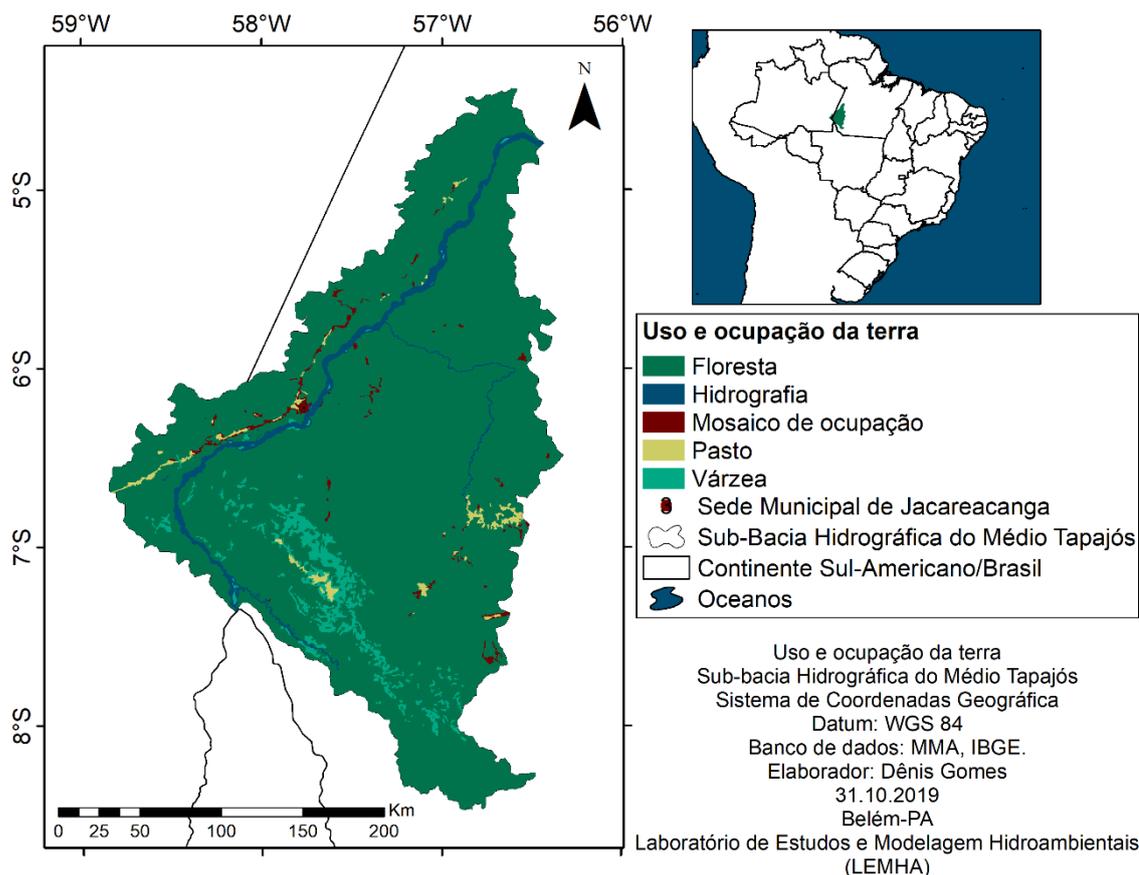


Figura 04. Uso e ocupação da terra segundo a classificação proposta pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA): Sub-Bacia Hidrográfica do Médio curso do rio Tapajós. **Fonte:** MMA (2019). Adaptado por autor (2019).

Este arranjo heterogêneo, demonstra a necessidade de se avaliar o grau de integridade das paisagens amazônicas, uma vez que sua fragmentação tanto para urbanização quanto para fins agrícolas provoca impactos ambientais, tais como o aumento do escoamento superficial e conseqüentemente erosão do solo, pelo desprendimento e carreamento de sedimentos do solo, alterando geomorfologia do ambiente e propriedades das águas superficiais (CASTELLO et al., 2013).

A Figura 05 ilustra a vulnerabilidade ao uso e ocupação da terra a Sub-Bacia Hidrográfica do Médio curso do rio Tapajós, onde observa-se na maior parte da SBHMT terras estáveis com 54.505,05 Km² (92,4 %), possivelmente devem estar relacionadas as florestas. Ao longo das margens do curso do rio, estão situadas áreas de 1.805,8 Km² (3,0 %) com classificação moderadamente estável. São identificadas pequenas regiões medianamente estável/vulnerável de 594,35 Km² (1,0 %) no setor leste (concentração sudoeste) e á sudeste da SBHMT, no qual está elevação da suscetibilidade pode estar sendo provocada pelas áreas de pastos.

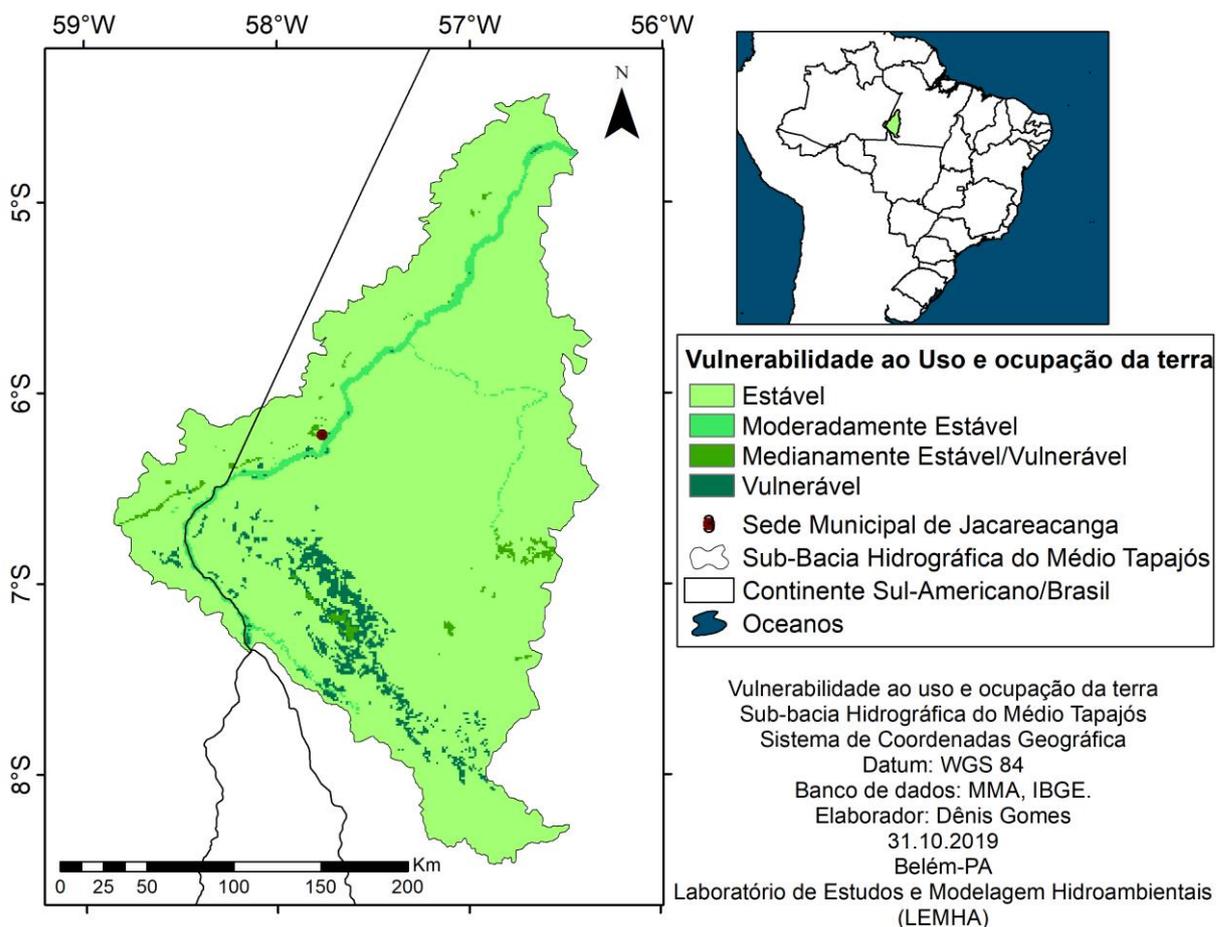


Figura 05. Vulnerabilidade ao uso e ocupação da terra: Sub-Bacia Hidrográfica do Médio curso do rio Tapajós. **Fonte:** Autor (2019).

As áreas classificadas como vulneráveis de aproximadamente 2.092,25 Km² (3,5 %) dominam a parte sul/sudoeste da SBHMT, provavelmente são os efeitos promovidos pelas áreas de instabilidade das várzeas, visto que Oliveira et al. (2009) discutem que a influência antrópica ligada à mudança da cobertura vegetal do solo, é um fator que resulta no processo acelerado de erosão juntamente com a ocorrência de chuvas erosivas concentradas em regiões vulneráveis para os locais do estudo.

A Figura 06 mostra a distribuição da declividade na SBHMT, onde os maiores valores (20° a 36°) são característicos em grande parte da SBHMT, com exceção em áreas próximas as margens do rio, estas condições favorecem a instabilidade da região. Entretanto, no eixo com orientação sul/sudoeste são marcados com os menores declives (0° a 10°). Carvalho et al. (2019) sugerem que terrenos com maiores inclinações quando relacionados com eventos de intensas precipitação podem agravar a degradação do solo e comprometer a saúde da cobertura vegetal, impactando negativamente nas atividades agrícola, assim, acarretando no abandono da terra.

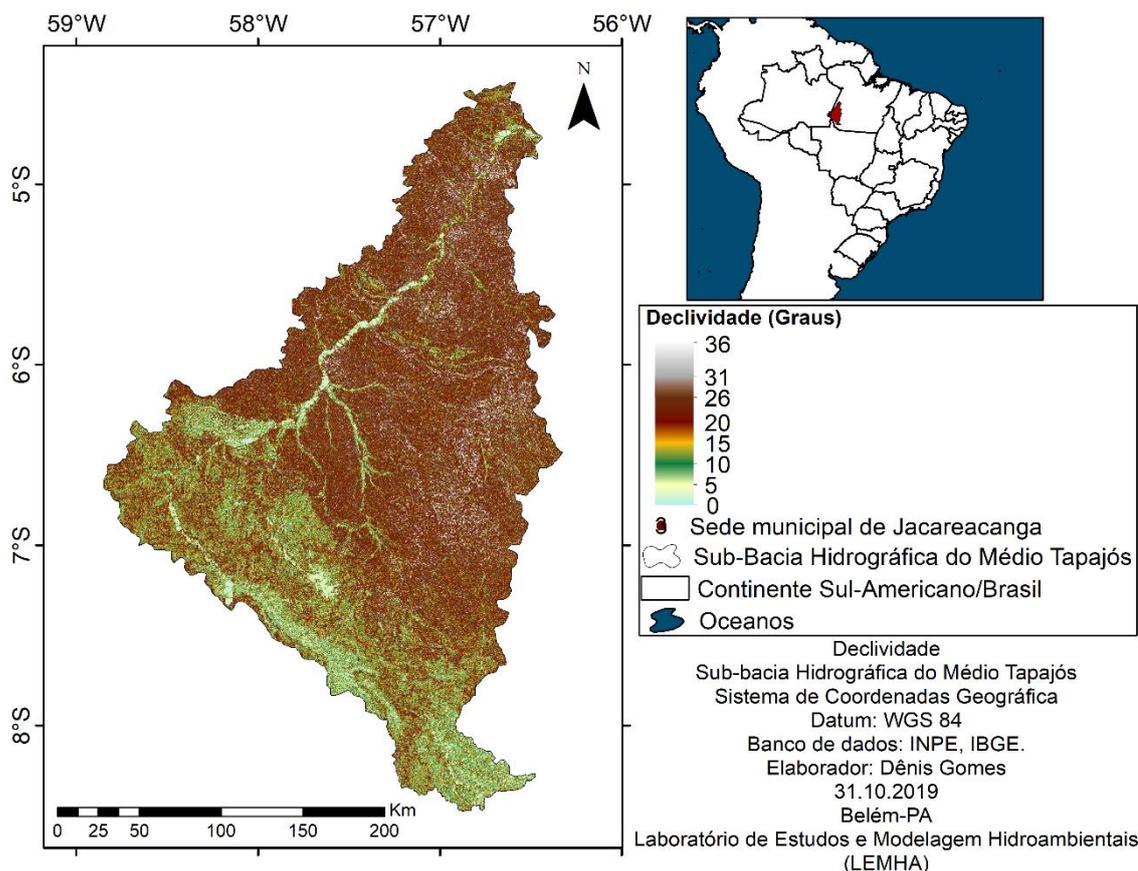


Figura 06. Declividade segundo o produto oriundo da missão SRTM: Sub-Bacia Hidrográfica do Médio curso do rio Tapajós. **Fonte:** INPE (2019). Adaptado por autor (2019).

Na Figura 07 destaca-se a vulnerabilidade clinográfica da SBHMT, no qual as áreas com classificação estável são observadas no eixo sudoeste-sul abrangendo 49,1 km² (0,082%). Áreas moderadamente estáveis foram identificadas em regiões marcadas por baixos valores de inclinação de terreno com cerca de 19.721,6 km² (33,2%). A categoria de moderadamente estável/vulnerável é a maior em extensão territorial e está distribuída com 18.127,6 km² (30,5%) ao longo de toda a SBHMT, mostrando a transição do grau de risco para estar variável. São observadas no sentido centro-norte da SBHMT regiões moderadamente vulneráveis com 9990,0 km² (16,8%), assim como áreas com extrema vulnerabilidade 11.419,4 km² (19,2%).

O conhecimento da declividade de uma região é essencial para a análise de processos erosivos, pois a inclinação angular do terreno influencia no fluxo e transporte de sedimentos retirados pelas intensas pressões antrópicas no uso inadequado do solo, assim como impactos climáticos (THOMAS et al., 2018; MUSHI et al., 2019).

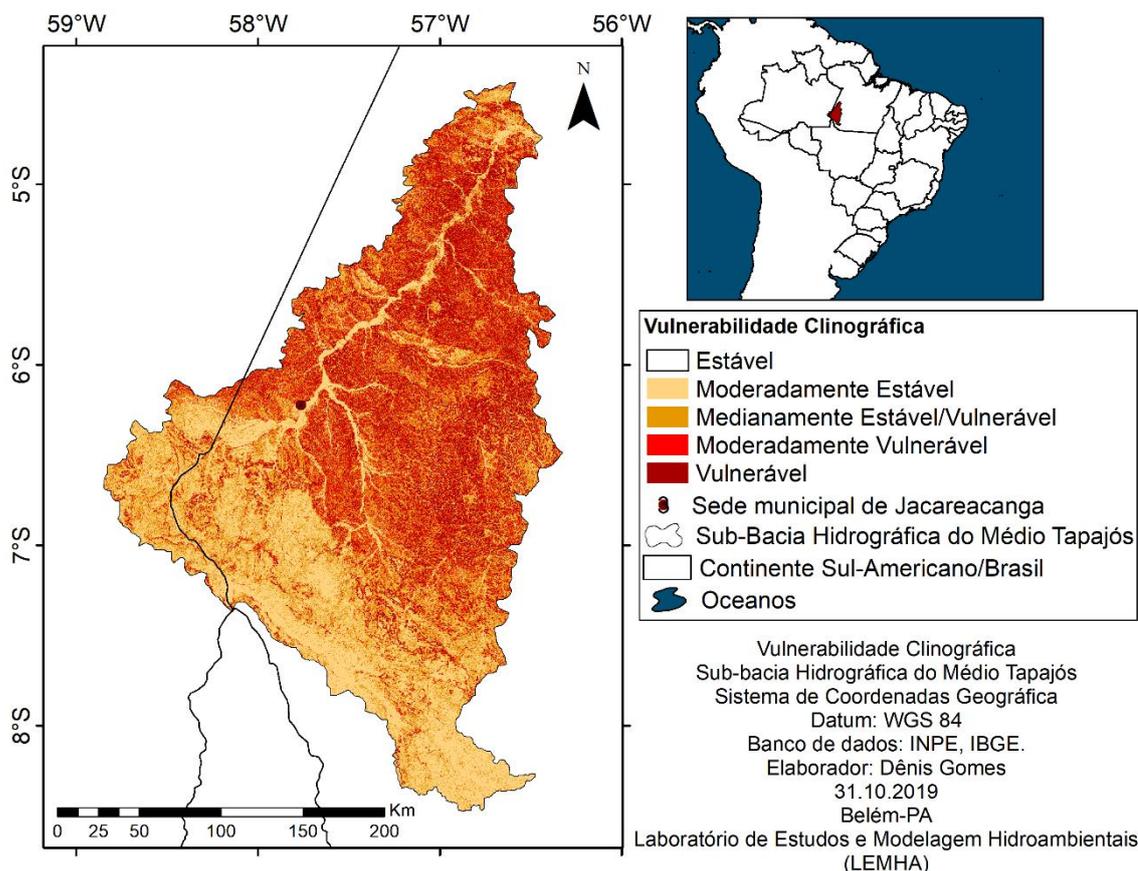


Figura 07. Vulnerabilidade clinográfica: Sub-Bacia Hidrográfica do Médio curso do rio Tapajós. **Fonte:** Autor (2019).

A Figura 08 ilustra a distribuição espacial da pedologia na SBHMT, onde o latossolo constitui a maior área de 22.190,18 Km² (38,7 %) nas partes norte, centro e sudoeste. O argissolo é composto cerca de 19.453,6 Km² (33,9 %) dominando as áreas ao norte e leste da SBHMT. O neossolo concentra-se nas regiões sul/sudeste da SBHMT com 13.757,2 Km² (24,0 %). O gleissolo abrange uma extensão de terras de 1.928,0 Km² (3,3 %) com presença na parte central e sudeste. O nitossolo é identificado em pequena extensão na parte do norte-leste da SBHMT com 38,1 Km² (0,06 %).

Os solos do tipo argissolo e neossolo tem respostas relacionadas ao potencial erosivo em função dos aspectos de escoamento superficial, infiltração e potencial de desagregação, sendo os dois primeiros fatores mais comuns nas frações mais finas e o último nas de granulometria mais grossa, podendo estas características ambientais serem agravadas por outros fatores como clima (CAMPOS et al., 2012; GUIMARÃES et al., 2013).

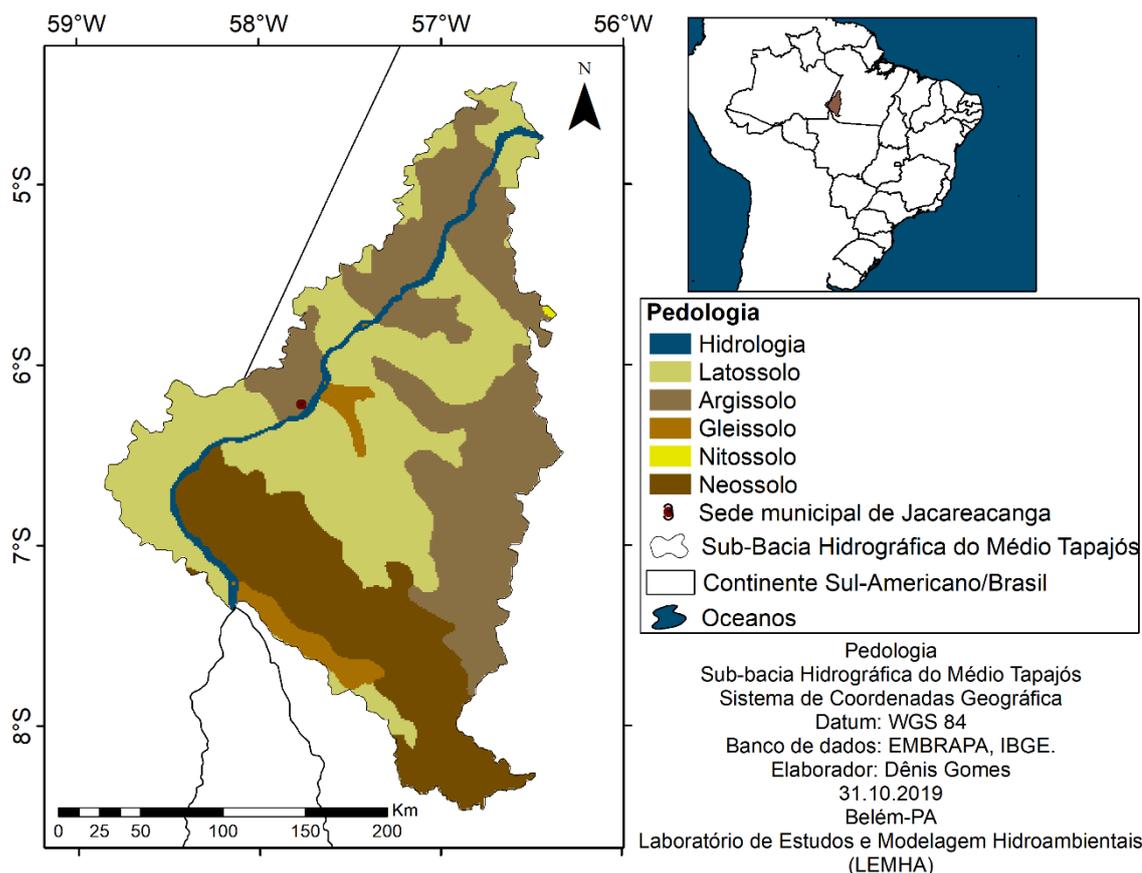


Figura 08. Pedologia segundo a classificação proposta pelo SiBCS: Sub-Bacia Hidrográfica do Médio curso do rio Tapajós. **Fonte:** EMBRAPA (2018). Adaptado por autor (2019).

Na Figura 09 observa-se a vulnerabilidade pedológica para a SBHMT. Os solos estáveis de 22.190, 2 Km² (38,7 %) são identificados ao norte e com predominância na parte central da SBHMT e estão associados ao latossolos. Áreas medianamente estáveis/vulneráveis com 19.453,6 Km² (33,9 %) são observadas prevalecendo ao norte e no setor leste da SBHMT sob o município de Jacareacanga-PA e provavelmente estão relacionadas com os argissolos da região. A região vulnerável da SBHMT localização na região sul/sudoeste com área de 15.723,3 Km² (27,4 %), sendo está instabilidade do solo possivelmente provocada pelos neossolos e nitossolos da região.

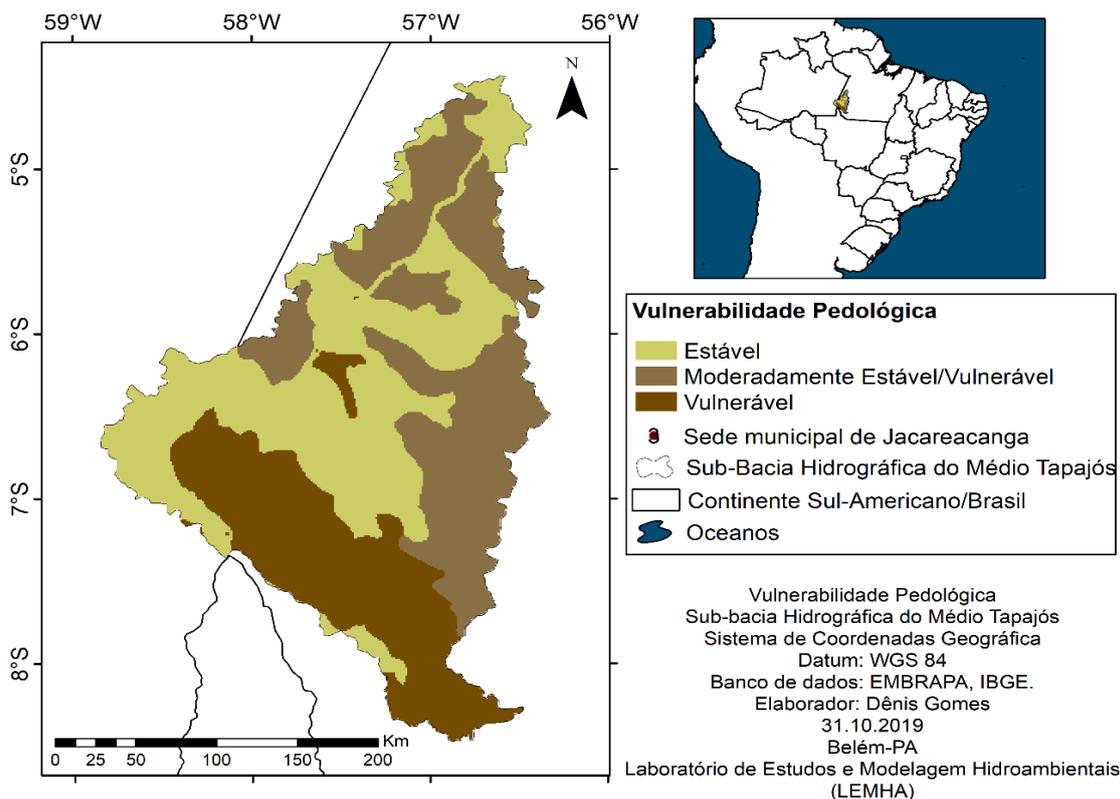


Figura 09. Pedologia segundo a classificação proposta pelo SiBCS: Sub-Bacia Hidrográfica do Médio curso do rio Tapajós. **Fonte:** Autor (2019).

A Tabela 02 mostra os critérios utilizados para as variáveis em estudo. Para a SBHMT foram identificadas áreas vulneráveis (uso e ocupação da terra, declividade e solo) com valores máximos (3,0). Entretanto, regiões com estabilidade (1,0 a 1,6) foram observadas para todas as categorias em estudo.

Tabela 02. Critérios adotados para as categorias: Precipitação; Uso e ocupação da terra; Declividade; Solo.

Critérios				
Grau de Vulnerabilidade (V)	Precipitação	Uso e ocupação	Declividade	Solo
Vulnerável	S/ Classificação	3,0	3,0	3,0
Moderadamente Vulnerável	S/ Classificação	S/ Classificação	S/ Classificação	S/ Classificação
Medianamente Estável/Vulnerável	S/ Classificação	2,0	2,4	2,0
Moderadamente Estável	1,7	1,5	2,0	S/ Classificação
Estável	1,6	1,0	1,4	1,0

Fonte: Autor (2020).

A Figura 10 ilustra o resultado integrado obtido segundo os limites de vulnerabilidade quanto ao potencial erosivo e descritivos do comportamento da densidade de drenagem, densidade de ocupação e ordenamento do território. Observa-se que os setores (I) e (II) respondem de forma cumulativa, concentrando a maior densidade de drenagem, formas de uso da terra e vulnerabilidade erosiva.

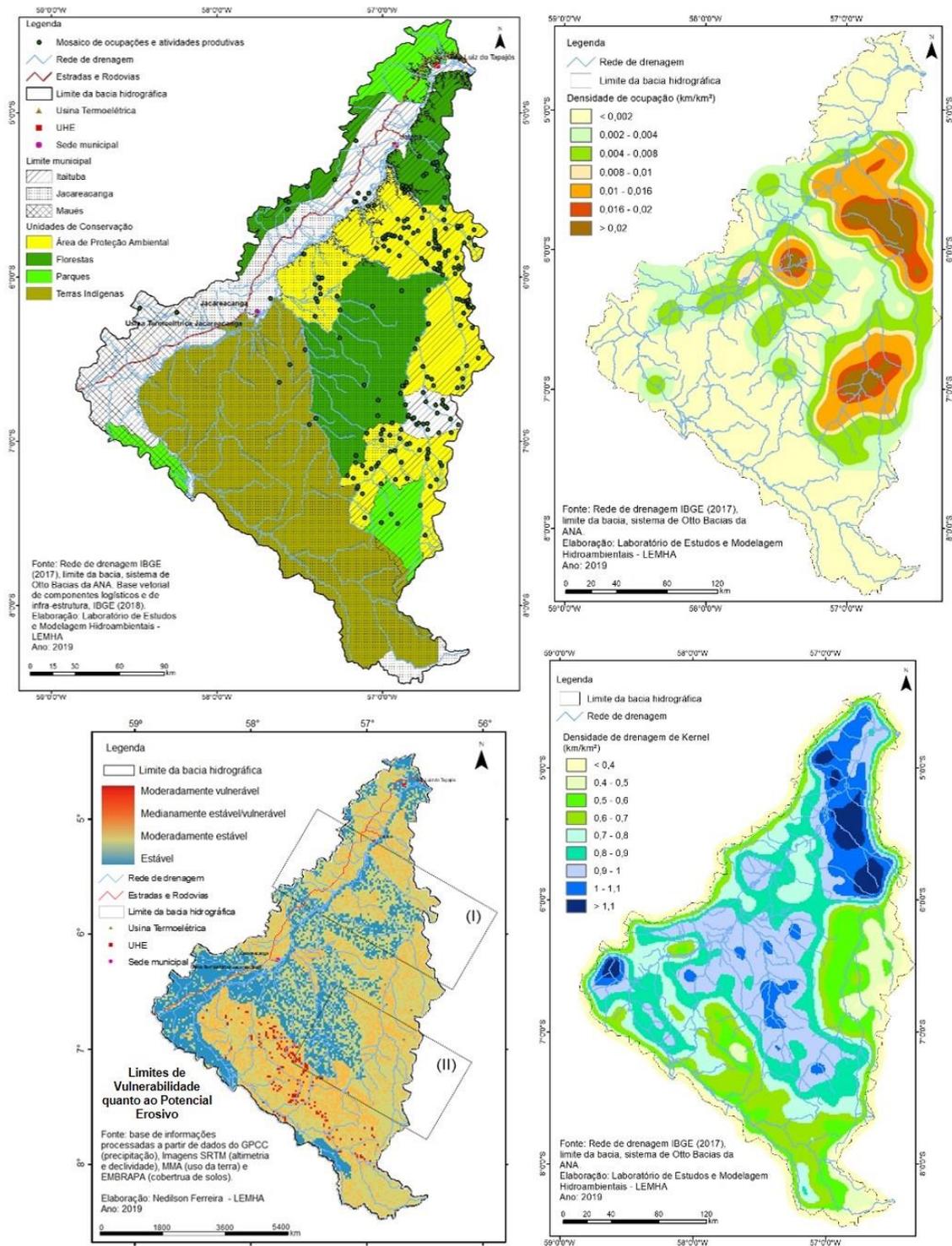


Figura 10. Resultado integrado dos processamentos obtidos para o médio curso do rio Tapajós. **Fonte:** Autor (2019).

Onde a presença de unidades de conservação na forma de Áreas de Proteção Ambiental (APAs) e de áreas protegidas (florestas e parques nacionais) não estão funcionando como inibidoras do processo. A área destinada a categoria “terras

indígenas” atua como uma proteção natural para terrenos classificados como “moderadamente vulneráveis”, principalmente em função do fator topográfico observado nesta região.

Considerando os aspectos de riscos potenciais ao desenvolvimento econômico, destaca-se que o eixo da Rodovia BR 163 que atravessa os municípios de Maués (AM), Jacareacanga (PA) e Itaituba (PA), e concentra a implantação das unidades de geração de energia da região, destacando a Usina Termoelétrica de Jacareacanga e as UHE de Jatobá e São Luiz do Tapajós; encontra-se fragmentado entre as classes de estabilidade e moderadamente estável, sendo de interesse para a gestão por ser a principal área de ocupação neste segmento da bacia hidrográfica do rio Tapajós, que marca o limite do estado do Pará com o Mato Grosso e o Amazonas, sendo assim o eixo de integração.

O resultado gerado tem uma diferença quanto ao método adotado, que resulta em uma interpretação diferenciada em parte das classes moderadamente estável e estável, ao longo do vale principal definidor do rio Tapajós, do obtido por Araújo e Lima (2019) para todo o Médio-Baixo Tapajós, uma vez que neste estudo foram utilizados procedimentos associados com análise hierárquica de pesos, que diferenciou as influências relativas de variáveis, como geologia e geomorfologia. O que demonstra que nesta formulação é importante destacar a componente da análise ponderada, cuja valoração diferencial pode destacar uma ou mais categorias. De comum as duas classificações destacam a estabilidade da região, com as perdas associadas à frente de antropismo.

Fearnside (2012) discute o apresentado como “Plano BR-163 Sustentável” na concepção dos grandes “eixos nacionais de integração e desenvolvimento”, a partir de estradas com a integração da BR 219 (Manaus - Porto Velho) e a BR 163 (Santarém - Cuiabá); já apontando para problemas que podem ocorrer nesta região com a modificação das formas de cobertura da terra. Brito e Castro (2018) afirmam que se observa para esta região um quadro baseado no incremento de atividades extensivas de interesse do agronegócio, com forte pressão e expansão da fronteira agrícola; além, do potencial mineral do município de Itaituba (PA), com uma atividade garimpeira que impulsiona outras atividades e setores econômicos, como o da pecuária, madeireiro e do comércio.

Hernandez (2012) destaca que na bacia do rio Tapajós existe um potencial de aproveitamento hidroelétrico de 24.626 MW, porém 72,4% deste estaria com potenciais restrições socioambientais, o que induziria uma ação governamental na intenção de redução das áreas protegidas existentes para dar lugar aos reservatórios das usinas hidrelétricas; neste caso a UHE de Jatobá ocuparia 646,3 km² de área alagada no rio Tapajós, envolvendo os municípios de Jacareacanga e Itaituba e São Luiz do Tapajós recobriria 722,25 km² envolvendo Itaituba e Trairão no rio Tapajós.

Os quadros retratados apontam para as vulnerabilidades existentes como potenciais de agravamento, com a redução do esforço de conservação, com a expansão da ocupação sobre as áreas que tendem a instabilidade, principalmente no município de Itaituba, que constitui um dos maiores municípios do estado do Pará e que já tem um histórico de problemas vinculados a desastres naturais e induzidos (CEPED, 2013;

COSTA JUNIOR et al., 2018; SANTOS; SCHUBER, 2018), ocasionados pelas cheias do Tapajós, contaminação hídrica (mercúrio), deslizamentos de massa, processos de perdas de solo (erosões) e incêndios florestais. O que gera a necessidade de esforços de gestão por parte dos governos municipal, estadual e federal, além do reordenamento do processo de incentivos de expansão econômica na região ao longo da BR 163, que se encontra fragmentada em termos de estabilidade, sendo potencialmente vulnerável as mudanças induzidas pela ação antrópica.

CONCLUSÃO

A bacia do Tapajós encontra-se localizada dentro do sistema ambiental amazônico sendo uma área de interesse econômico estadual e com uma grande importância estratégica nacional, pela sua relevância como eixo de interligação modal com o centro-oeste e de geração de energia elétrica. Neste trabalho, foi dado enfoque ao seu médio curso, que marca o limite com o estado do Mato Grosso.

Os resultados obtidos apontam para uma vulnerabilidade crescente com o potencial de antropismo na região. Onde as condições naturais dadas pela declividade, cobertura de solos, densidade de drenagem, podem interagir com as alterações das formas de uso da terra e densidade de ocupação, apontando para a possibilidade de formação de áreas críticas, mesmo com a presença de áreas protegidas, que tem demonstrado uma fragilidade para contenção dos processos antrópicos vigentes.

AGRADECIMENTO

Ao Laboratório de Estudos e Modelagem Hidroambientais (LEMHA), Instituto de Geociências, Faculdade de Meteorologia.

REFERÊNCIAS

ALKAMA, R.; CESCATTI, A. Biophysical climate impacts of recent changes in global forest cover. *Science*, v. 351, n. 6273, p. 600 - 604, 2016.

ARAÚJO, E.; BARRETO, P.; BAIMA, S.; GOMES, M. *Unidades de conservação mais desmatadas da Amazônia Legal 2012-2015*. Belém, PA: Imazon, 2017, 92 p.

ARAÚJO, I. B.; LIMA, A. M. M. Carta de susceptibilidade à erosão hídrica na bacia hidrográfica do Médio Baixo Tapajós - oeste do estado do Pará. In: TEIXEIRA, S. G.; CHAVES, C. L. (Org.). *Contribuições a Geologia da Amazônia*. Belém: SBG-NO, 2019, v. 11, p. 97-118.

ARAÚJO, I. B.; LIMA, A. M. M.; SANTOS, C. A. Caracterização hidrogeomorfológica das paisagens componentes da bacia hidrográfica do rio Tapajós. *Enciclopédia Biosfera*, v. 11, p. 3301-3327, 2015.

BALBINOT, R.; OLIVEIRA, N. K.; VANZETTO, S. C.; PEDROSO, K. O papel da floresta no ciclo hidrológico em bacias hidrográficas. *Revista Ambiente*, v. 04, n. 01, p. 131-149, 2008.

BRITO, R.; CASTRO, E. Desenvolvimento e conflitos na Amazônia: um olhar sobre a colonialidade dos processos em curso na BR-163. *Rev. NERA*, n. 42, p. 51-73, 2018.

CAMPOS, M. C. C.; MONTANARI, R.; MARQUES JUNIOR, J.; PEREIRA, G. T.; SOUZA, Z. M. Caracterização de argissolos em diferentes segmentos de vertente na região de Jaboticabal, SP. *Revista de Ciências Agrárias*. v. 55, n. 04, p. 251 – 259, 2012.

CARVALHO, R.; ADAMI, M.; AMARAL, S.; BEZERRA, F. G. Changes in secondary vegetation dynamics in a context of decreasing deforestation rates in Pará, Brazilian Amazon. *Applied Geography*. v. 106, p. 40 – 49, 2019.

CASTELLO, L.; McGRATH, D. G.; HESS, L. L.; COE, M. T.; LEFEBVRE, P. A.; PETRY, P.; MACEDO, M. N.; RENO, V. F.; ARANTES, C. C. The vulnerability of Amazon freshwater ecosystems. *Conservation Letters*, v. 06, n. 04, p. 217 – 229, 2013.

CEPED. *Atlas brasileiro de desastres naturais: 1991 a 2012*. Volume – Pará, Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina/Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres, 2013, 114 p.

CORREIA, F. W.; ALVALÁ, R. C. S.; MANZI, A. O. O impacto das modificações da cobertura vegetal no balanço de água na Amazônia: um estudo com modelo de circulação geral da atmosfera (MCGA). *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 21, n. 3, p. 1-5, 2006.

COSTA JUNIOR, J. M. F.; SILVA, C. I. M.; LIMA, A. A. S.; RODRIGUES JÚNIOR, D.; SILVEIRA, L. C. L.; SOUZA, G. S.; PINHEIRO, M. C. N. Teores de mercúrio em cabelo e consumo de pescado de comunidades ribeirinhas na Amazônia brasileira, região do Tapajós. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 23, n. 3, p. 805-812, 2018.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; AZEVEDO, L. G.; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V. *Curso de Sensoriamento Remoto aplicado ao zoneamento ecológico-econômico*. São José dos Campos: INPE, 2001.

CUIABANO, M. N.; NEVES, S. M. A. S.; NUNES, M. C. M.; SERAFIM, M. E.; NEVES, R.J. Vulnerabilidade ambiental à erosão hídrica na sub-bacia do córrego do Guanabara/Reserva do Cabaçal-MT Brasil. *Revista Geociências*, v.36, n. 1, p. 138-153, 2017.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias. *Sistema Brasileiro de Classificação de solos (SiBCS)*. Brasília - DF: EMBRAPA, 2018, 75 p.

FEARNSIDE, P. M. A tomada de decisão sobre grandes estradas amazônicas. In: BAGER, A. (Ed.) *Ecologia de Estradas: Tendências e Pesquisas*. Lavras - Minas Gerais: Universidade Federal de Lavras, 2012, p. 59-75.

FEARNSIDE, P. M. Desmatamento na Amazônia brasileira: história, índices e consequências. *Megadiversidade*, v. 1, n. 1, p. 113-22, 2005.

FEARNSIDE, P. M. Hidrelétricas e hidrovias na Amazônia: Os planos do governo brasileiro para a bacia do Tapajós. pp. 85-98. In: FEARNSIDE, P. M. (ed.) *Hidrelétricas na Amazônia: Impactos Ambientais e Sociais na Tomada de Decisões sobre Grandes Obras*. v. 2, Manaus-AM: Editora do INPA, 2015, 297 p.

FERRAZ, S. F. B.; PEREIRA, M. F.; PAULA, F. R.; VETTORAZZI, C. A.; ALVARES, C. A. Simulação de perdas de solo em função de cenários de adequação ambiental em microbacias agrícolas. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v. 41, n. 98, p. 271-282, 2013.

FERREIRA, L. V.; PEREIRA, J. L. G.; CUNHA, D. A.; MATOS, D. C. L.; SANJUAN, P. M. A vocação da Amazônia é florestal e a criação de novos Estados pode levar ao aumento do desflorestamento na Amazônia brasileira. *Estudos Avançados*, v. 26, n. 74, p. 187-200, 2012.

FERREIRA, L. V.; VENTICINQUE, E.; ALMEIDA, S. S. O desmatamento da Amazônia e a importância das áreas protegidas. *Estudos Avançados*, v. 19, n. 53, 2005.

FRANCISCO, P. R. M. *Classificação e mapeamento das terras para mecanização agrícola do estado da Paraíba utilizando sistema de informações geográficas*. 2010. 122 f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal da Paraíba, 2010.

GPCC. *Global Precipitation Climatology Center*. Disponível em: <https://kunden.dwd.de/GPCC/Visualizer>. Acesso: 18 de Janeiro de 2019.

GUIMARÃES, S. T.; LIMA, H. N.; TEIXEIRA, W. G.; NEVES JUNIOR, A. F.; SILVA, F. W. R.; MACEDO, R. S.; SOUZA, K. W. Caracterização e classificação de gleissolos da várzea do rio Solimões (Manacapuru e Iranduba), Amazonas, Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 37, p. 317 – 326, 2013.

IBGE. *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*. 2017: Bases para download. Disponível em <https://downloads.ibge.gov.br/>. Acesso Janeiro de 2017.

IBGE. *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*. 2017: Bases para download. Disponível em <https://downloads.ibge.gov.br/>. Acesso Janeiro de 2018.

HERNANDEZ, F. D. M. Hidrelétricas na Amazônia: renovabilidade e não renovabilidade da política energética. Se é desejável a renovabilidade das formas de

conversão de energia, por que não é desejável renovar a política energética?. *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Hum.*, v. 7, n. 3, p. 791-811, 2012.

INPE. *Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais*. Disponível em: <http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>. Acessado em: 10 de janeiro de 2019.

KALNAY, E; KANAMITSU, M.; KISTLER, R. et al. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. *Bulletin of the American Meteorological Society*, v. 77, p. 437-470, 1996.

MATOS, L. S.; SILVA, J. O. S.; KASPER, D.; CARVALHO, L. N. Assessment of mercury contamination in *Brycon falcatus* (Characiformes: Bryconidae) and human health risk by consumption of this fish from the Teles Pires River, Southern Amazonia. *Neotropical Ichthyology*, v. 16, n. 1, 2018.

MMA. Ministério do Meio Ambiente – Brasil. *Carta de uso e cobertura da terra*. Disponível em <http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>. Acesso Janeiro de 2019.

MUSHI, C. A.; NDOMBA, P. M.; TRIGG, M. A.; TSHIMANGA, R. M.; MTALO, F. Assessment of basin-scale soil erosion within the Congo River Basin: A review. *Catena*, v. 178, p. 64 – 76, 2019.

OLIVEIRA, F. P.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; SILVA, M. A. & MELLO, C. R. Potencial erosivo da chuva no Vale do Rio Doce, região Centro-Leste do Estado de Minas Gerais - Primeira aproximação. *Revista Ciência e Agrotecnologia*, v. 33, p. 1569-1577, 2009.

RIBEIRO, F. L.; CAMPOS, S. Vulnerabilidade á erosão do solo da região do Alto rio Pardo, Pardinho, SP. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 11, n. 6, p. 628-636, 2007.

SANTOS, C. A.; ARAÚJO, I. B.; WANZELER, R. T. S.; SERRÃO, E. A. O.; FARIAS, M. H. C. S.; LIMA, A. M. M. Regionalização hidroclimatológica da bacia hidrográfica do rio Tapajós. *Revista Geográfica Acadêmica*, v. 9, n. 1, 2015a.

SANTOS, C. A.; SERRÃO, E. A. O.; GONCALVES, L. J. M.; WANZELER, R. T. S.; LIMA, A. M. M. Zoneamento da distribuição da precipitação pluviométrica na bacia hidrográfica do rio Tapajós. *Enciclopédia Biosfera*, v. 10, p. 3092-3106, 2014.

SANTOS, G. A. O.; SCHUBER, E. S. M. repercussões espaciais do projeto arco norte no distrito de Campo Verde – Itaituba/PA. *InterEspaço*, v. 4, n. 12, p. 252-263, 2018.

SILVA, D. D. E; FELIZMINO, F. T. A; OLIVEIRA, M. G. Avaliação da degradação ambiental a parti da prática da cultura do feijão no município de Tavares-PB. *Revista Holos*, a.31, v. 8, 2015.

SILVA, L. P.; GOMES, D. J. C. Variabilidade interanual climática associado á ocorrências de desastres naturais: Estado do Pará. In: *III CONGRESSO BRASILEIRO DE REDUÇÃO DE RISCOS DE DESASTRES*. Belém-PA, 2019.

SOUZA, N. P.; SILVA, E. M. G. C.; TEIXEIRA, M. D.; LEITE, L. R.; REIS, A. A.; SOUZA, L. N.; ACERBI JUNIOR, F. W.; RESENDE, T. A. Aplicação do estimador de densidade kernel em unidades de conservação na bacia do rio São Francisco para análise de focos de desmatamento e focos de calor. In: *SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO*, 16, 2013, Foz do Iguaçu. Anais... São José dos Campos: INPE, 2013, p. 4958-4965.

THOMAS, J.; JOSEPH, S.; THRIVIKRAMJI, K. P. Assssment of soil erosion in a tropical mountain river basin of the Southern Western Ghats, India using RUSLE and GIS. *Geoscience Frotiers*, v. 09, p. 893 – 906, 2018.

TRINDADE, S. P; RODRIGUES, R. Á. Uso do solo na microbacia do Ribeirão Samambaia e sua relação com a suscetibilidade á erosão laminar. *Revista Geográfica Acadêmica*, v. 10, n.1, 2016.

VALERIANO, M. M.; KUPLICH, T. M.; STORINO, M.; AMARAL, B. D.; MENDES JÚNIOR, J. N.; LIMA, D. J. Modeling small watersheds in Brazilian Amazônia with SRTM-90m data. *Computers & Geosciences*, v. 32, n. 8, p. 1169-1181, 2006.

VOLK, L. B. S.; COGOI, N. P.; STRECK, E. V. Erosão hídrica influenciada por condições físicas de superfície e subsuperfície do solo resultantes do seu manejo, na ausência de cobertura vegetal. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 28, p. 763-77, 2004.