

VARIÁVEIS GEOMORFOMÉTRICAS E VULNERABILIDADE DA PAISAGENS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO IGARAPÉ JARAUÁ, ALVARÃES, AMAZONAS.

Silva Neto, J.C.A. (UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS)

RESUMO

O objetivo do trabalho foi analisar a relação das variáveis geomorfométricas como uma matriz de vulnerabilidade da paisagem à perda de solos na bacia hidrográfica do Igarapé Jarauá, Alvarães, Amazonas. Como procedimentos metodológicos realizou-se o processamento dos dados geomorfométricos de variáveis como curvatura vertical, curvatura horizontal, altitude e declividade, em que se implementou por meio de álgebras de mapas utilizando-se o método AHP, baseada na metodologia de Crepani et al. (2001). Quanto a Vulnerabilidade Geomorfométrica da paisagem na bacia hidrográfica analisada predominaram as classes Moderada com aproximadamente 73%, e Baixa com cerca de 27% da área da bacia, as classes Muito Baixa e Alta não representaram 1% da área da bacia, a classe Muito Alta não foi observada.

PALAVRAS CHAVES

Vulnerabilidade; Formas do terreno; Amazônia; Bacia Hidrográfica; Paisagem

ABSTRACT

The goal of this survey was to analyze the relationship between geomorphometric variables as a landscape vulnerability matrix to soil loss in the Igarapé Jarauá watershed, Alvarães, Amazonas. As methodological procedures, the processing of geomorphometric data of variables such as vertical curvature, horizontal curvature, altitude and slope was carried out, which was implemented through map algebras using the AHP method, based on the methodology of Crepani et al. (2001). As for the Geomorphometric Vulnerability of the landscape in the watershed analyzed, the Moderate classes predominated with approximately 73%, and Low with about 27% of the basin area, the Very Low and High classes did not represent 1% of the basin area, the Very High class was not observed.

INTRODUÇÃO

Domínio Amazônico pode ser definido como um cinturão de máxima diversidade biológica do planeta, em que destaca-se a extraordinária continuidade de suas florestas, pela ordem de grandeza de sua rede hidrográfica, sutis variações de ecossistemas. (Ab'Sáber 2003. p.65). Os atributos das paisagens Amazônicas estão diretamente associadas à localização geográfica em região Equatorial, o que reflete diretamente na incidência de radiação solar ao longo do ano, além dos altos índices pluviométricos anuais. A floresta Amazônica vem sofrendo um processo gradativo de desmatamento, marcado pela substituição das áreas de florestas por áreas com atividades agropecuárias e exploração madeireira, verificando-se uma forte pressão, com maior intensidade, nas “bordas” da Amazônia Legal, e com menor intensidade no interior da floresta. A transformação de sistemas naturais em sistemas agrícolas, pode resultar em diversos problemas de ordem socioambiental, como perda de biodiversidade, intensificação dos processos erosivos, poluição das águas, assoreamento dos rios, entre outros relacionados aos processos de apropriação da natureza. A demasiada ocupação da Amazônia, inicia-se a partir da década de 1970, e esse processo de ocupação pode ser associado ao plano nacional de integração nacional, proposto durante a ditadura militar no Brasil (Fearnside, 2005, Alves, 2001). Considerando-se a diversidade biológica, as repercussões do processo de desflorestamento nas regiões tropicais, como no Domínio Amazônico, nessas paisagens constituem habitats naturais mais frágeis, cujo seu processo de resiliência muitas vezes são dificultadas pela perda de suas características originais, e sua recuperação pode levar séculos, ou não ocorrer naturalmente, devido à ruptura de sua dinâmica natural (Albagli, 2001). O uso da terra pode ser entendido como um importante elemento na alteração das paisagens naturais, nesse sentido, a categoria Paisagem, torna-se importante para a análise geográfica dos aspectos

físico-naturais associados aos aspectos antrópicos no Domínio Amazônico. Nesse sentido, compreende-se que a geometria das vertentes atua direta e indiretamente no escoamento superficial e nos desenvolvimento dos processos erosivos, apresentando uma relação importante das implicações do balanço de materiais e natureza dos processos morfogenéticos e pedogenéticos (IBGE, 2009). Casseti (1995) salientou a importância da geometria das vertentes, considerando que além do fator declividade, as formas geométricas das vertentes devem ser abordadas como intensificadores dos processos morfogenéticos ou diferenciadores da intensidade de fluxo por terra. O presente estudo baseou-se na metodologia de vulnerabilidade da paisagem à perdas de solos proposta por Crepani (2001), que tem como principal aporte teórico a obra *Ecodinâmica* elaborada pelo geógrafo francês Jean Tricart (1977). Essa proposta caracteriza-se por estabelecer uma inter-relação entre os elementos da paisagem, propondo uma sobreposição dos elementos da paisagem, no qual para cada elemento é estabelecida uma ponderação conforme a vulnerabilidade apresentada pela paisagem à perda de solos (Silva Neto, 2013). A vulnerabilidade da paisagem à perda de solos é entendida como uma estimativa das áreas com possíveis conjunturas, onde determinadas variáveis associadas podem desencadear processos de diversas intensidades e tipos, assim como problemas que afetam a ordem socioambiental de uma região. Justifica-se o estudo por analisar a relação de variáveis geomorfométricas como uma matriz, de vulnerabilidade da paisagem à perda de solos na bacia hidrográfica do Igarapé Jarauá, que poderá ser analisada a partir das inter-relações com outros elementos físico-naturais como geologia, solos, e clima associados aos processos de uso da terra, que possibilitará a compreensão das dinâmicas espaciais das paisagens na Região do Médio Solimões no estado do Amazonas.

MATERIAL E MÉTODOS

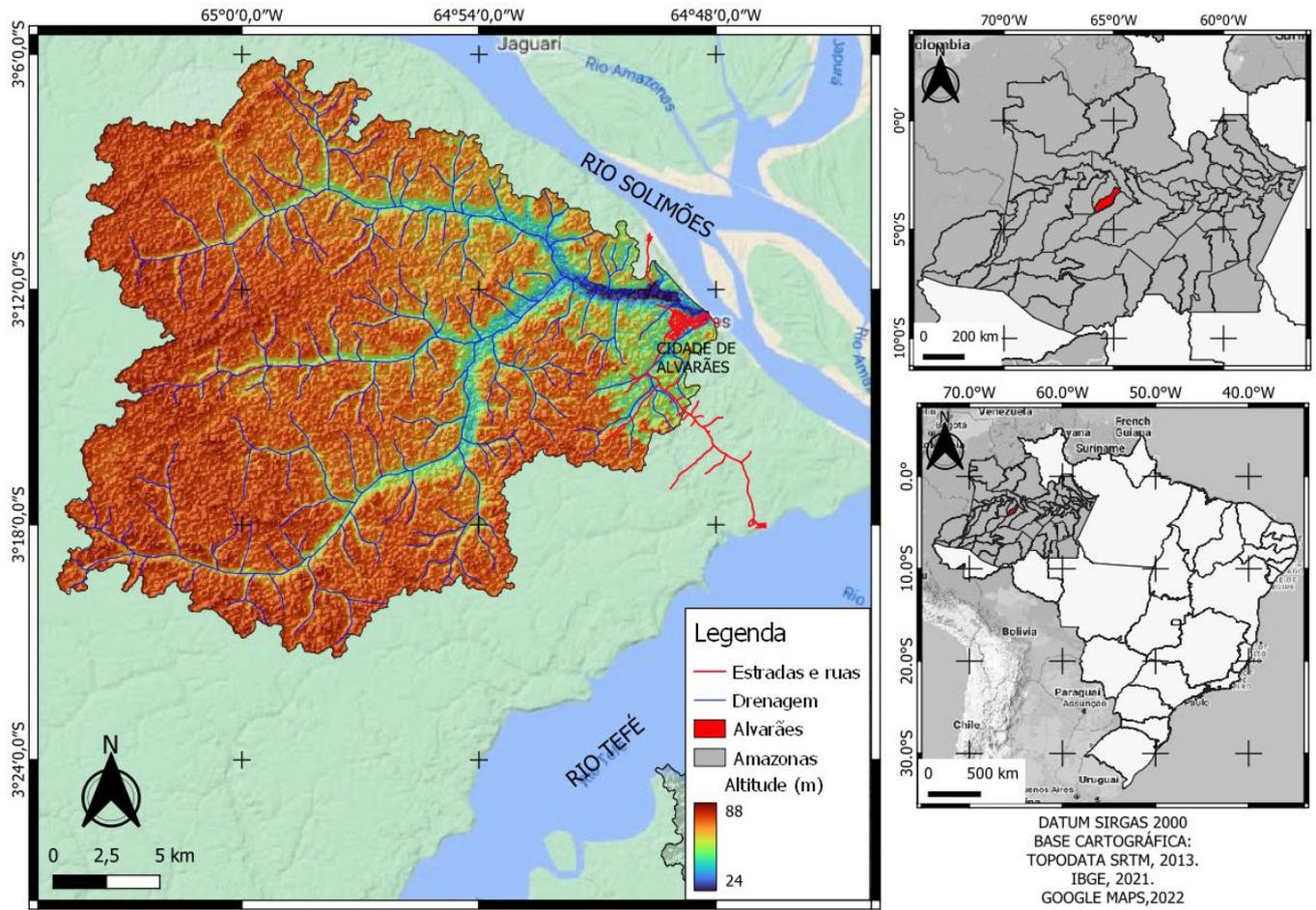
O presente trabalho abordou como área de estudo a bacia hidrográfica do Igarapé Jarauá no município de Alvarães, localizada na região do Médio Solimões no estado do Amazonas (Figura 1). A escolha da bacia hidrográfica no município de Alvarães, deve-se principalmente pelo processo de uso e ocupação que ocorre de modo mais intenso próximo da sede municipal. É importante considerar, quanto ao uso da terra, que o acesso ao município de Alvarães exclusivamente por vias fluviais. O município de Alvarães está localizado no interior do Estado do Amazonas, e sua sede é considerada de porte pequeno com características especiais, na análise da rede urbana do estado realizada por Oliveira e Schor (2008), devido à ausência de infraestrutura que possibilite exercer plenamente as funções urbanas e por sua localização geográfica, tornando complicada a sua relação com a calha central do rio e encontrando-se dependente das cidades médias e pequenas de responsabilidade territorial do estado. Segundo o IBGE (2022) a população estimada para o município de Alvarães para o ano de 2018 é de 15.860 e sua distância com Manaus, capital do Estado do Amazonas é de 668 km por via fluvial. A sede do município de Alvarães está inserida na bacia hidrográfica do Igarapé da Jarauá, localiza-se na margem direita do Rio Solimões, apresentando uma área de aproximadamente 53000 hectares (Figura 1). Para elaboração da análise da variáveis geomorfométricas foram consultados trabalho de Calil et al (2012), Silva Neto (2013), Crepani (2001), Costa Neto (2010), Furlan e Trentin (2019), Mota e Valladares (2011) e Oliveira et al. (2009), e sobre análise de vertentes e vulnerabilidade do terreno em trabalhos como de Santos e Ferreira (2010), Souza (2005), Silva e Cunha (2008) e Santos e Sobreira (2008), além de obras da Geomorfologia como Bigarella (2003), Bloom (1970), Casseti (1995), Christofolletti (1980), Guerra (1994) e Tricart (1977). Os procedimentos metodológicos tiveram como aportes técnico-operacionais o Sistema de Informação Geográfica, pois estes possibilitaram o manuseio de um conjunto de dados, que podem ser integrados e, posteriormente visualizados e explicados por meio da representação dos mapas temáticos, gráficos e tabelas. Para se alcançar o objetivo foram utilizadas de técnicas de geoprocessamento que possibilitaram a compilação e análise de dados em ambiente de Sistema de Informação Geográfica. A caracterização físico-ambiental da área de interesse, foi realizada a partir de consulta e compilação de material bibliográficos do Projeto RADAMBRASIL (1982), Embrapa (2006), e em banco de dados disponíveis do IBGE (2021) e Mapeamento Geológico do Estado do Amazonas (CPRM - 2004). Para se identificar os tipos de usos da terra e cobertura vegetal na área de estudo, utilizou-se dados da plataforma do MapBiomas, a partir da realização do mapeamento temporal do uso da terra. Elaborou-se a matriz de Vulnerabilidade geomorfométrica, conforme Silva Neto (2013), a partir de dados geomorfométricos fornecidos pelo Projeto Topodata SRTM do Instituto

Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), em que se utilizou as variáveis altitude, formas do terreno (curvatura vertical e horizontal) e declividade, analisado de modo integrado a partir de álgebras de mapas utilizando-se método AHP (Analytic Hierarchy Process).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na bacia hidrográfica do Igarapé Jarauá observou-se duas classes litológicas, a Formação Içá com aproximadamente 96% da área da bacia. A outra classe verificada foram os Depósitos Aluvionares com 4% da área da bacia. A Formação Içá, que caracterizam-se por arenitos pouco consolidados a inconsolidados, de origem fluvial de sedimentos do Pleistoceno. Os Depósitos Aluvionares Holocênicos, caracterizam-se por depósitos inconsolidados das acumulações mais expressivas que ocorrem nas planícies dos rios maiores, sobretudo daqueles com cursos meândricos e sinuosos, como o Solimões e seus tributários da margem direita (IBGE, 2020). Quanto aos solos presentes na bacia, se verificou o predomínio da classe de solo Argissolos Vermelho-amarelo, com aproximadamente 73% da área da bacia. Os Argissolos Vermelho-amarelo caracterizam-se pela textura argilosa sem cascalho/muito argilosa sem cascalho, horizonte superficial A moderado, com material originário de produto da alteração de argilitos sílticos ou arenosos, em relevo local plano e bem drenados (IBGE, 2018). Os Gleissolos Háplicos, observados nos fundos de vales da bacia, correspondeu a cerca de 4% da área. Os Gleissolos Háplicos são solos constituídos por material mineral com horizonte glei iniciando-se dentro dos primeiros 150 cm da superfície do solo ou a profundidades entre 50 cm e 150 cm desde que imediatamente abaixo de horizonte A ou E (Santos, et al, 2006). Os Plintossolos Argilúvicos, caracterizam-se como são solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte plíntico ou litoplíntico ou concrecionário, e horizonte B textural ou caráter argilúvico. (Santos, et al, 2006). Os Plintossolos Argilúvicos, foram observados em aproximadamente 23% da área da bacia. Quanto ao uso da terra na bacia hidrográfica do Igarapé Jarauá realizou-se a análise do desmatamento na área de estudo a partir de 2010, visto que a partir da primeira década dos anos de 2000, ocorrem incrementos de áreas desmatadas com áreas de atividades agropecuárias (Mapbiomas, 2022). Nesse sentido, ao se analisar as áreas de floresta e desmatamento na bacia hidrográfica do Igarapé Jarauá, observou-se um aumento gradativo no ano de 2010, que apresentou no período 638 hectares de área desmatada, e no ano de 2020, aproximadamente 2370 hectares de área desmatada. Essas áreas desmatadas correspondem ao aumento de aproximadamente 3%, da área da bacia, no período analisado. A substituição das áreas de floresta por desmatamento, destinam-se principalmente à áreas utilizadas para pastagem e pequenas culturas. Quanto à dinâmica do desmatamento, observa-se que inicia-se e se expande a partir no baixo curso da bacia, na margem direita onde localiza-se a sede municipal de Alvarães, com população aproximada de 16.000 habitantes, com aproximadamente 56% de população urbana (IBGE, 2020). A partir do ano de 2020, observa-se a expansão das manchas de desmatamento no sentido do médio curso da bacia, acompanhando seus principais afluentes, observa-se que o padrão das manchas de desmatamento se consolidam e expandem, principalmente em pontos do médio curso e próximo da área urbana. Para variáveis geomorfométricas foi elaborada uma matriz de Vulnerabilidade Geomorfométrica da bacia hidrográfica do Igarapé Jarauá, associando-se as variáveis Formas do terreno (Curvatura Vertical e Curvatura Horizontal), declividade, e hipsometria. (Quadro 1). Assim, observou-se que a Vulnerabilidade Geomorfométrica da paisagem na bacia hidrográfica analisada, predominaram as classes Moderada com aproximadamente 73%, e Baixa com cerca de 27% da área da bacia, as classes Muito Baixa e Alta não representaram 1% da área da bacia, a classe Muito Alta não foi observada. Na área de estudo encontra-se na região da Planície Amazônica e Depressão Purus-Juruá, com baixa amplitude altimétricas, predominando altitudes que não ultrapassam os 90 metros, com relevo variando de plano a suave ondulado (Figura 2). Enfatiza-se que apesar da bacia hidrográfica do Igarapé Jarauá, predominar as classes de Vulnerabilidade Geomorfométrica Baixa e Moderada, deve-se considerar essa matriz em um contexto integrado à outras variáveis como pedologia, litologia e erosividade, que pode apresentar diversos níveis de instabilidade, cujo grau de vulnerabilidade estará condicionado à intensificação no uso da terra.

Figura 1



Localização da bacia hidrográfica do Igarapé Jarauá no município de Alvarães - AM.

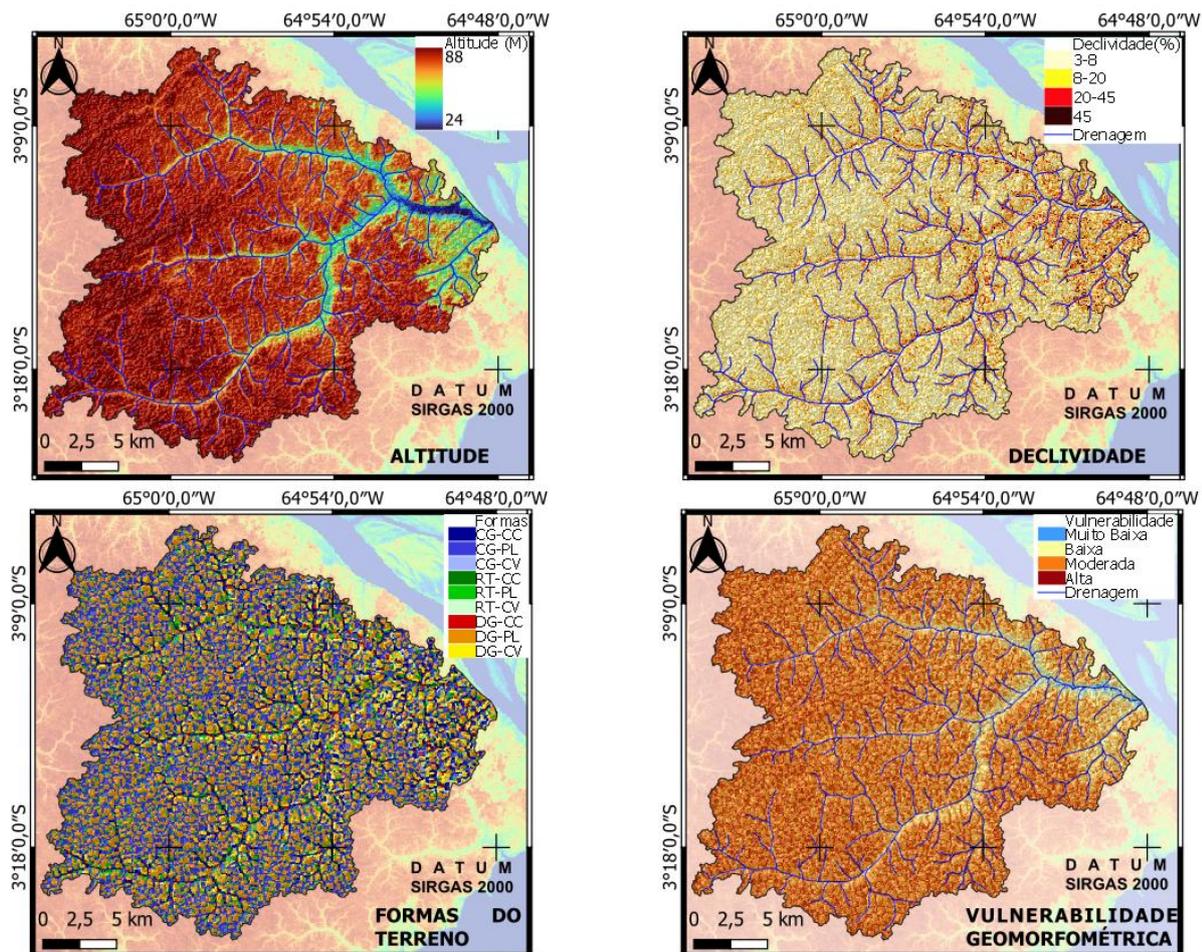
Quadro 1

GRAU DE VULNERABILIDADE PARA VARIÁVEIS GEOMORFOMÉTRICA		
DECLIVIDADE	GRAU VULNERABILIDADE	CLASSE
> 45%	1,00	MUITO ALTA
20-45%	0,80	ALTA
8-20%	0,60	MODERADA
3-8 %	0,40	BAIXA
< 3%	0,20	MUITO BAIXA
HIPSOMETRIA	GRAU VULNERABILIDADE	CLASSE
< 30	1,00	MUITO ALTA
30-45	0,80	ALTA
45-60	0,60	MODERADA
60-75	0,40	BAIXA
> 75	0,20	MUITO BAIXA
FORMAS DO TERRENO	GRAU VULNERABILIDADE	CLASSE
Côncavo-Convergente	1,00	MUITO ALTA
Retilíneo-Convergente	0,89	MUITO ALTA
Convexo- Convergente	0,78	ALTA
Côncavo-Planar	0,67	ALTA
Retilíneo-Planar	0,56	MODERADA
Convexo-Planar	0,45	MODERADA
Côncavo-Divergente	0,34	BAIXA
Retilíneo-Divergente	0,23	BAIXA
Convexo-Divergente	0,12	MUITO BAIXA

(Adaptado de Silva Neto, 2013)

Graus de Vulnerabilidade para variáveis Geomorfométricas.

Figura 2



Mapas das Variáveis: Altitude, Formas do Terreno, Declividade e Vulnerabilidade do relevo da bacia hidrográfica do Igarapé Jarauá - Alvarães, Amazonas

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A matriz de vulnerabilidade geomorfométrica quando analisada utilizando-se qualquer método multicritério hierárquico, como por exemplo, o método AHP (Processo Analítico Hierárquico), deve-se considerar que outras variáveis, como tipos de solos, erosividade e uso da terra e cobertura vegetal, assumem um papel significativo na análise da Vulnerabilidade da paisagem à perda de solos. Na bacia hidrográfica do igarapé Jarauá os graus de Vulnerabilidade podem estar relacionadas à intensificação no uso da terra associadas às variáveis que apresentam instabilidade na paisagem, como Depósitos Aluvionares, classes de solos com Gleissolos Háplicos e Plintossolos Argilúvicos, vertentes com declividades acentuadas, e formas de convergentes do terrenos, associados aos altos índices pluviométricos da bacia. Paisagens com Vulnerabilidades Moderadas e Baixas, estão suscetíveis à transitarem para as classes Altas e Muito Altas, à menor perturbação dessas paisagens, como a intensificação no uso da terra devido à substituição das área de Florestas Ombrófilas Densa por usos com atividades de agropecuárias. Os resultados alcançados podem contribuir para subsidiar futuros diagnósticos-prognósticos socioambientais, de modo a participar de maneira efetiva na elaboração de políticas públicas que visem promover o planejamento e gestão de recursos hídricos, diretrizes para uso da terra, buscando o melhor aproveitamento das potencialidades existentes, mitigação dos impactos negativos à biodiversidade amazônica e à degradação dos recursos naturais.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). À Fundação de Amparo à

Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) pelo Programa de Apoio à Pós-doutores (PRODOC).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- AB'SÁBER, A. N. Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003. 151p.
- ALBAGLI, S. Amazônia: fronteira geopolítica da biodiversidade. In: Parcerias Estratégicas, nº 12, Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia Centro de Estudos Estratégicos, 2001. p. 05-19.
- ALVES, D. S. O processo de desmatamento na Amazônia. In: Parcerias Estratégicas, nº 12, Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia Centro de Estudos Estratégicos, 2001. p. 259-275.
- BIGARELLA, J. J. Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais. Florianópolis: UFSC, 2003. v. 3. 560p.
- BLOOM, A. L. Superfície da terra. São Paulo: Edgard Blücher, 1970. 184p.
- CALIL, P. M.; OLIVEIRA, L. F. C; KLIEMANN, H. J.; OLIVEIRA, V. A.. Caracterização geomorfométrica e do uso do solo da Bacia Hidrográfica do Alto Meia Ponte, Goiás. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental [Internet]. 2012 Apr;16(4):433-42. Available from: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662012000400014>
- CASSETI, V. Ambiente e apropriação do relevo. 2. ed. São Paulo: Contexto, 1995. 147p.
- CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980. 394p.
- COSTA NETO, J. F. Elaboração de mapas de vulnerabilidade natural à erosão como subsídio ao zoneamento ambiental em bacias hidrográficas com o uso de geoprocessamento. Revista Brasileira de Espeleologia, Brasília, v. 1, n. 1, p. 52-60, 2010.
- CREPANI, E. [et al.]. Sensoriamento remoto e geoprocessamento Aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial. São José dos Campos, INPE-8454-RPQ/722. 2001.
- FEARNSIDE, P. M. Desmatamento na Amazônia brasileira: história, índices e consequências. Megadiversidade. 3, 2005.
- FURLAN, A. R.; TRENTIN, R. Identificação das unidades geomorfométricas a partir da declividade e plano de curvatura na Bacia Hidrográfica do Rio Henrique, Rio Grande Do Sul, Brasil. REVISTA GEONORTE, [S. l.], v. 10, n. 34, p. 01-19, 2019. DOI: 10.21170/geonorte.2019.V.10.N.34.01.19. Disponível em: [//www.periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/4869](http://www.periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/4869) Acesso em: 8 maio. 2023.
- GUERRA, A. J. T. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.). Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994. p. 149-209.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA (IBGE), Cidade. 2022.<http://ibge.gov.br/cidadesat/painel/populacao.php?codmun=130260&search=amazonas%7Calvaraes%7Cinphographics:-demographic-evolution-and-age-pyramid&lang=> acesso em 30 de maio de 2020.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA (IBGE), Diretoria de Geociências: coordenação de recursos naturais e estudos ambientais mapeamento de recurso naturais do Brasil. Escala 1:250.000. Documentação técnica geral. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: http://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/geologia/levantamento_geologico/vetores/escala_250_mil/DOCUMENTACAO_TECNICA_MRN.pdf Acesso em 02/09/2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Manuais Técnicos em Geociências: Manual Técnico de geomorfologia. 2. ed. Rio de Janeiro, 2009.

MAIA, M. A. M.; MARMOS, J. L. (Orgs.) Geodiversidade do estado do Amazonas: Programa geologia do Brasil levantamento da geodiversidade. Manaus: CPRM - Serviço geológico do Brasil 2010.

MOTA, L. H. S. O.; VALLADARES, G. S. Vulnerabilidade à degradação dos solos da Bacia do Acaraú, Ceará. Revista Ciência Agronômica, Fortaleza, v. 42, n. 1, p. 39-50, jan./mar. 2011.

OLIVEIRA, J. A.; SCHOR, T. Das cidades da natureza a natureza das cidades. TRINDADE JÚNIOR, S. C.; TAVARES, M. G. C. (Orgs.). Cidades Ribeirinhas na Amazônia. Belém: EDUFPA, 2008. p. 32-47.

OLIVEIRA, P. T. S. et al. Processo analítico hierárquico aplicado à vulnerabilidade natural a erosão. Geociências, São Paulo, v. 28, n. 4, p. 417-424, 2009.

PROJETO MAPBIOMAS. Coleção 7.1 da Série Anual de Mapas de Uso e Cobertura da Terra do Brasil. acessado em 12/12/2022 através do link: https://storage.googleapis.com/mapbiomas-public/brasil/collection-71/lcluc/coverage/brasil_coverage_2022.tif 2022.

QGIS. Open Source Geospatial Foundation (OSGeo). Disponível em: https://www.qgis.org/pt_BR/site/forusers/download.html

SANTOS C. A.; SOBREIRA, F. G. Análise da fragilidade e vulnerabilidade natural dos terrenos aos processos erosivos como base para o ordenamento territorial: o caso das bacias do córrego Carioca, córrego do Bação e ribeirão carioca na região do alto rio das Velhas-MG. Revista Brasileira de Geomorfologia, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 65-73, 2008.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F.. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2 ed. rev. ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2006.

SANTOS, S. L. M.; FERREIRA, M. M. Avaliação das vertentes da bacia do igarapé Belmont Porto Velho – RO. Geografia, Londrina, v. 19, n. 2, p. 85-114, 2010.

SILVA, D. L.; CUNHA, C. M. L. Análise morfométrica da bacia do córrego do Lajeado (SP). Caminhos de Geografia, Uberlândia, v. 9, n. 26, p. 153-172, jun. 2008.

SILVA NETO, J. C. A. Avaliação da vulnerabilidade à perda de solos na bacia do rio Salobra, MS, com base nas formas do terreno. Geografia (Londrina), [S. l.], v. 22, n. 1, p. 05-25, 2014. DOI: 10.5433/2447-1747.2013v22n1p05. Disponível em: <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/article/view/12722>. Acesso em: 12 maio. 2023.

TOPODATA. Banco de dados geomorfométricos do Brasil. DSI-INPE Disponível em: <http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>.

TRICART, J. Ecodinâmica. Rio de Janeiro: IBGE, 1977.