



MONITORAMENTO DA OCORRÊNCIA DE PROCESSOS EROSIVOS NO BAIRRO SÃO BRÁS E MACACO - SÃO JOSÉ DE RIBAMAR/MA

Kelvin Barbosa Cantanhede da Silva¹
Gilberlene Serra Lisboa²
Marly Silva de Moraes³
Giselle Chrystina do Vale Martins⁴
Wadrian de Sousa Santos Barros⁵
Weslem Jhony de Oliveira Rodrigues⁶

RESUMO

O monitoramento de processos erosivos é crucial para a prevenção de desastres e a conservação do solo, pois a erosão causa perda de solo fértil, degradação da água e redução da biodiversidade. Este estudo buscou identificar e caracterizar feições erosivas no bairro São Brás e Macaco, em São José de Ribamar, Maranhão, uma área de 2 km² afetada pela urbanização acelerada e consequente degradação ambiental. Duas voçorocas foram identificadas via Google Earth Pro e validadas em campo com VANT e coleta de amostras de solo (deformadas e indeformadas) para análise de porosidade, densidade e textura. O mapeamento (1:10000) integrou dados da CPRM (2018), IBGE (2020), GEOMAP/UEMA e Zoneamento Urbano de São José de Ribamar. A litologia local inclui Formação Barreiras e depósitos aluvionares, com solos predominantes Argissolos (Vermelho Distróficos e Vermelho-Amarelo Distróficos) e Gelissolos Háplicos. As voçorocas, "Erosão Estrada" (gênese no desmatamento/construção, forma retangular, desconectada) e "Erosão Vertente" (gênese no desmatamento da encosta, forma irregular, conectada), estão ligadas à remoção vegetal, declividade, clima e ações antrópicas (Vieira, 2008). A granulometria dos solos mostrou 68,3% areia, 22,7% argila e 9,03% silte, com alta densidade (2,65-2,71 g/cm³) e porosidade (34-42%), classificando-os como franco-argilosos-arenosos. A erosão é intensificada pela exposição do solo e remoção da vegetação, favorecendo o escoamento superficial e agravando-se desde os anos 2000 devido ao incremento habitacional e atividades antrópicas na região.

Palavras-chave: Caracterização, Monitoramento, Processos erosivos.

¹ Graduando do Curso de Geografia da Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, kelvinsilva@aluno.uema.com

² Doutoranda pelo Curso de Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, gilberlene_serra@yahoo.com.br;

³ Doutoranda do Curso de Geografia da Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, marlymoraes123@gmail.com ;

⁴ Mestrando pelo Curso de Geografia da Universidade Estadual do Maranhão - UEMA, gisellemartinsuema@gmail.com ;

⁵ Mestrando pelo Curso de Geografia da Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, weslemrodrigues.uema@gmail.com ;

⁶ Graduando do Curso de Geografia da Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, wadrian.santos.11@gmail.com ;



INTRODUÇÃO

O estudo e monitoramento dos processos erosivos é essencial para compreender as mudanças ambientais, pois esses processos transformam a paisagem e podem gerar riscos ambientais e sociais, erosão por sua vez, impacta ecossistemas, exigindo medidas preventivas para mitigar seus efeitos e garantir estabilidade do meio e segurança das populações próximas. A erosão configura-se como um processo natural de evolução e transformação do relevo, porém sua intensificação, geralmente causada pela ação antrópica, implica em processos de degradação ambientais significativos (Guerra; Silva; Botelho, 2007.), neste sentido sua análise e monitoramento ganha extrema importância.

O **estudo e classificação de erosões** são cruciais, exigindo identificação e mapeamento via satélite/campo e categorização por origem, agente e intensidade (Vieira, 2008). A literatura distingue erosão geológica (natural) e acelerada (humana), sendo a última mais impactante (Fendrich et al., 1997; Rocha, 2012). A análise detalhada de **feições** (sulcos, ravinas, voçorocas) e **subfeições** (Demoiselles, Alcovas de regressão, Filetes, Marmitas, entre outras) é essencial para compreender sua evolução, impactos e propriedades do solo (Guerra ; Guerra, 1997; Oliveira, 1985; Bertoni ; Lombardi Neto, 1985; Camapum de Carvalho et al., 2006). A identificação precisa, via campo, imagens de satélite e VANTs, combinada à análise morfométrica, permite medidas corretivas e preventivas eficazes.

A **identificação e caracterização de feições erosivas** são fundamentais para a recuperação e prevenção de processos futuros (Valentin; Poesen, 2005; Carvalho; Silva, 2010; Vieira; Daniel, 2014). Exemplos como as **Alcovas de Regressão**, que progridem em solos vulneráveis e se aprofundam com chuvas, indicam o avanço contínuo da erosão. **Filetes subverticais**, comuns em solos não coesivos, resultam de escoamento concentrado, enquanto **movimentos de massa** são deslocamentos gravitacionais de solo intensificados por saturação, declive e pouca vegetação. Estes processos, potencializados por chuvas e ações antrópicas (Guerra; Silva; Botelho, 2007), evidenciam a baixa coesão do solo.

Em áreas rurais, a erosão causa infertilidade, modifica a topografia e assoreia rios, reduzindo biodiversidade e recursos naturais (Hernani et al., 2002). Em ambientes urbanos, Fendrich (1997) destaca que os processos erosivos provocam danos variados



na infraestrutura (água, esgoto, eletricidade, pavimentação), gerando riscos à população. Contudo, a **percepção de risco**, baseada em experiências pessoais, muitas vezes não reflete a real exposição a perigos (Gullo, 2015).

O conceito de risco em ocorrências erosivas mencionado neste trabalho, está sob a ótica da vulnerabilidade, amplamente utilizada em estudos ambientais e aqui, o termo risco é concebido como parte da vulnerabilidade, abrangendo diferentes perspectivas, como natural, social e ambiental (França, 2020.) O conceito de risco mencionado considera a definição de Blaikie *et al.* (1994), que se relaciona à vulnerabilidade como um estado de resistência, continuidade e adaptação diante de possíveis novas ocorrências. A preocupação com a erosão remonta aos sumérios (3300-1200 a.C.), que já ligavam a sedentarização ao desgaste do solo. O tema ganhou destaque global na Conferência de Estocolmo (1972), tornando-se foco de estudo. No Brasil, pesquisas se intensificaram a partir dos anos 80, concentrando-se nas regiões Sul e Sudeste, onde há instituições de referência (Campos, 2019; Barretto; Lino; Sparovek, 2009).

No Maranhão, os estudos sobre erosão concentram-se na identificação, diagnóstico e recuperação de áreas. A ausência de um plano gestor eficiente, que priorize contenção e recuperação, e a falta de planejamento na ocupação habitacional são causas-chave do problema (Marçal, 2000; Santos; Leal, 2009; Marçal; Guerra, 2010; Sathler, 2010; Bezerra, 2011; Lisboa, 2014; Sousa, 2016; Bezerra; Guerra; Fullen, 2016; Morais, 2018; Sousa, 2018; Lisboa, 2018; Teixeira; Sousa; Silva e Santana, 2018; Campos, 2020; Andrade et al., 2023). Além dos fatores naturais, a área de estudo é afetada por impactos antrópicos, especialmente da habitação. Novas ocupações, com saneamento e coleta de lixo precários, criam sérias implicações ambientais, afastando essas regiões da assistência pública e agravando a situação (Vieira, 2008). A linearidade de estradas em gradientes topográficos influencia processos hidrológicos, concentrando o escoamento e aumentando a densidade de drenagem, o que afeta bacias hidrográficas (Silva; Fortes, 2022). A intensificação de atividades produtivas também eleva a probabilidade de erosão, resultante da interação entre fatores naturais e antrópicos (Tiz; Cunha, 2007). A caracterização de processos erosivos é crucial para avaliar seus impactos e subsidiar políticas de gestão territorial. Compreender os fatores que influenciam a erosão permite estratégias eficazes de mitigação, promovendo segurança e preservação (Lisboa, 2018; Morais, 2018; Raposo, 2020; Souza, 2024). Este trabalho



visa analisar, classificar e caracterizar feições erosivas, identificando causas e impactos, e contribuindo para a gestão territorial e a segurança populacional.

METODOLOGIA

O método de pesquisa, segundo Marconi e Lakatos (2003), compreende as técnicas para entender um problema, guiando a coleta de dados. A pesquisa, um processo científico formal, visa a construção do conhecimento e o aprimoramento metodológico. Para geógrafos, o trabalho de campo combinado à análise laboratorial é crucial. Essa abordagem reforça o compromisso ético na divulgação de resultados, legitimando os procedimentos metodológicos empregados (Andrade; Schmidt, 2020). Deste modo optou-se pelo seguinte caminho metodológico: Levantamentos bibliográficos e cartográficos; Identificação das ocorrências erosivas por imagens orbitais; Atividade de Campo e Análise de laboratório. A revisão da literatura foi realizada com referências teórico-metodológicas de bibliografias especializadas, acervos institucionais e repositórios acadêmicos. Além disso, outros artigos foram obtidos em periódicos científicos como, *ResearchGate* e sites especializados. A pesquisa abrangeu temas como geomorfologia, erosão do solo, impactos ambientais, classificação do solo, infiltração e análise granulométrica, consultando diversas fontes como livros, artigos, monografias, dissertações e teses.

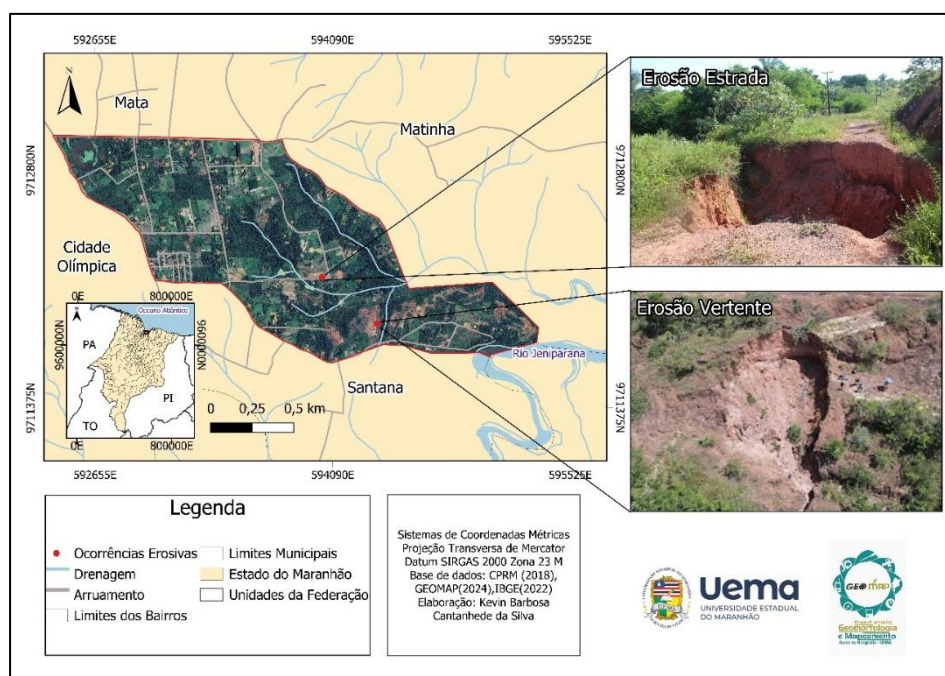
Para identificar parâmetros geoambientais e ocorrências erosivas no bairro São Brás e Macaco, em São José de Ribamar (MA), foram elaborados mapas físico-naturais (orbitais, altimétricos e morfométricos). Utilizou-se o Sistema de Informação Geográfica (SIG) e o software *QGIS for Desktop* (versão 3.34.12), complementado por trabalho de gabinete. Informações do Banco de Dados de Informações Ambientais (BDIA) do IBGE (2024), baseadas no SIBCS, foram empregadas na criação do mapa de solos. A identificação de ocorrências erosivas utilizou imagens do *Google Earth Pro*, empregando a função de *timelapse* para monitorar alterações superficiais. Cicatrizes de erosão, solo exposto e drenagem concentrada indicaram processos erosivos, permitindo distinguir sulcos, ravinas e voçorocas, e definir dois pontos para campo (Erosão Estrada e Erosão Vertente). As atividades in loco focaram em caracterizar ocorrências, documentar ações e coletar dados com drone *DJI Mavic Air 3*, visando compreender elementos condicionantes e atividades da comunidade. A Caracterização detalhada das feições erosivas identificadas na área de estudo foi realizada com base nos critérios de Vieira (2008) e Oliveira(1989). Foram identificadas voçorocas, caracterizadas por seus

canais profundos e instáveis com paredes íngremes e processos de cabeceira ativos. Em algumas dessas voçorocas, observaram-se subfeições significativas, como alcovas de regressão, sulcos, filetes subverticais e *Deimoiselles* (pedestais), bem definidos, indicando a progressão da erosão (Vieira, 2008.; Oliveira, 2015). Após a coleta das amostras, as análises foram realizadas no Laboratório de Geociências do DHG/UEMA, visando determinar os atributos físicos do solo, como densidade, porosidade e granulometria. Os procedimentos seguiram o manual da EMBRAPA (2011) e a técnica do balão volumétrico descrita por Blake; Hartage (1986) e Bowes (1986).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A identificação das ocorrências erosivas por meio das análises de imagens orbitais da área de estudo permitiu a identificação dos locais de interesse (Figura 1), sendo duas feições significativas: a **Erosão Estrada**, com genese na remoção da vegetação e a construção da estrada, com forma retangular e desconectada da rede de drenagem, e **Erosão Vertente**, com gênese no desmatamento da encosta, forma irregular e conectada a rede de drenagem, características identificadas com base nos critérios de Vieira (2008).

Figura 1 – Localização das Ocorrências erosivas no bairro São Brás e Macaco



Com base nas dimensões das feições obtidas *in loco*, e análises das imagens obtidas pelo VANT, durante as missões a campo foi realizada a classificação com base nos critérios de Oliveira (1989) e Vieira (2008), sendo constatado que ambas eram

voçorocas, com características distintas em termos de gênese, seção e forma (Quadro1).

Quadro 1 - Classificação das voçorocas do bairro São Brás e Macacos, município de São José de Ribamar de

Fotografia	Voçoroca	Gênese	Seção	Tipo	Forma
	Erosão Estrada	Desmatamento / construção de estrada	U	Desconectada da rede de drenagem	Retangular
	Erosão Vertente	Desmatamento de encosta	U	Conectada com a rede de drenagem	Irregular

acordo com (Vieira, 2008; Oliveira, 1989)

As amostras de solo possibilitaram a análise dos atributos físicos do solo referentes a textura do solo, densidade e porosidade. As análises granulométricas do solo coletadas nas áreas das voçorocas mostraram uma composição predominante das texturas Franco Argilosa Arenosa (Tabela 1), com os teores médios de areia variando entre 57,25% e 86,00%; teores de argila entre 9,0% e 32,0% e silte variando entre 2,0% e 15,75% para a **Erosão Estrada**. Os teores médios encontrados na **Erosão Vertente** variaram entre 62,30% e 56,70% para as frações de Areia, entre 24,0% e 29,0% para os teores de Argila; e para o Silte os valores variaram entre 13,15% e 14,30%. A granulometria, ou seja, o tamanho das partículas (areia, silte e argila) do solo, afeta diretamente sua textura, porosidade, retenção de água e infiltração. Entender a granulometria é crucial em estudos de solos para avaliar a erosão e a adequação para agricultura e outros usos. Solos de Textura Franco Argiloso Arenoso combinam características de solos arenosos e argilosos, retendo bem a água e sendo ideais para hortaliças por aliarem boa drenagem e disponibilidade de nutrientes (Oliveira, 2011; Lemos; Santos, 2015; Centeno et al., 2017).

Tabela 1 - Análise granulométrica das voçorocas do bairro São Brás e Macacos

Pontos coletados	Amostras	Teor de Areia (%)	Teor de Argila	Teor de Silte (%)	Classe Textural do Solo
Erosão Estrada	A1	57,25	27,0	15,75	Franco Argiloso Arenoso
	A2	58,65	32,0	9,35	Franco Argiloso Arenoso
	A3	89,00	9,0	2,00	Areia Franca
Erosão Vertente	A1	56,70	29,0	14,30	Franco Argiloso Arenoso
	A2	62,30	24,0	13,70	Franco Argiloso Arenoso
	A3	61,85	25,0	13,15	Franco Argiloso Arenoso

Os Solos de textura **Franca Argilosa Arenosa** mostram suscetibilidade moderada à erosão. A areia aumenta porosidade e infiltração, mas chuvas intensas podem saturar o solo (Bertoni; Lombardi Neto, 1993). Já o silte e a argila, apesar de reterem água e nutrientes, podem tornar o solo vulnerável ao destacamento de partículas quando sua estrutura é comprometida por impacto de gotas de chuva ou manejo inadequado (Brady; Weil, 2013).

Os solos da área de estudo apresentaram alta densidade (2,65-2,71 g/cm³) e porosidade (34-42%), (Tabela 2) influenciando a dinâmica erosiva ao facilitar infiltração e escoamento superficial. Solos argilosos e compactados geralmente têm alta densidade aparente, enquanto solos mais arenosos têm menor densidade (Kirby; Morgan, 1981). Uma densidade de partículas elevada pode indicar minerais pesados, enquanto valores baixos sugerem a presença de matéria orgânica no solo.

Tabela 2 – Análise da Densidade, Densidade de partículas e porosidade do solo

Pontos Coletados	Amostras	Densidade do solo (g/cm ³)	Densidade de partículas (g/cm ³)	Porosidade Total (%)
Erosão Estrada	A1	1,70	2,56	33,98
	A2	1,66	2,56	35,15
	A3	1,73	2,85	39,29
	A4	1,90	2,85	33,68
Erosão Vertente	A1	1,65	2,70	39,25
	A2	1,65	2,66	43,98
	A3	1,50	2,66	44,36
	A4	1,49	2,59	43,24

Em suma, os dados demonstram como a combinação de fatores antrópicos (desmatamento e construção de estradas) e características intrínsecas do solo (textura Franco Argilosa Arenosa, densidade e porosidade) contribuem para a gênese e a evolução das voçorocas na área analisada.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O levantamento bibliográfico, trabalho de campo e mapeamento aprofundaram a compreensão da relação entre aspectos geomorfológicos e processos erosivos, identificando a degradação ambiental antrópica nos bairros São Brás e Macaco (MA). Duas ocorrências erosivas foram inicialmente detectadas por imagens orbitais e confirmadas in situ, com coleta de amostras e registro fotográfico para caracterização pedológica. Atividades antrópicas, como supressão vegetal, mineração, compactação do solo, expansão urbana e descarte inadequado, são os principais vetores da degradação e



da exposição do solo à erosão. Esses processos, intensificados pela remoção de vegetação e urbanização acelerada, geram impactos e riscos. Órgãos competentes devem priorizar serviços ecossistêmicos e intensificar medidas com engajamento comunitário.

Este trabalho inicial visa monitorar ocorrências erosivas e diagnosticar aspectos pedológicos da região. Seu objetivo é subsidiar o planejamento de medidas eficazes de contenção da erosão e degradação, auxiliar práticas agrícolas sustentáveis e beneficiar a população local, operando de forma integrada com os atores envolvidos.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, L. A.; BEZERRA, J. F. R.; MORAIS, M. S.; LISBOA, G. S.; Pinto, E. J. G.; Matos, M. V. C. Análise geomorfológica e processos erosivos acelerados na bacia hidrográfica do rio Tibiri, Ilha do Maranhão. Revista Formação (Online), v. 29, n. 54, p. 593-618, 2022.

BARRETO, A. G. de O. P.; LINO, J. S.; SPAROVEK, G. Bibliometria da pesquisa brasileira em erosão acelerada do solo: instituições, temas, espaço e cronologia. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. no/dez. 2009, n. 6, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0100-06832009000600033>.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. 5ª Ed. São Paulo: Ícone, 2005. 355 p.

BEZERRA, J. F. R.; GUERRA, A. J. T.; FULLEN, M.. GRANULOMETRIA POR DIFRAÇÃO A LASER DOS SEDIMENTOS SUPERFICIAIS NAS ÁREAS DEGRADADAS POR VOÇOROCAMENTOS NA BACIA DO RIO BACANGA. APOIO FINANCEIRO-EDITAL APUB 6435-2016, p. 13, 2016.

BLAKE, G. R.; HARTAGE, K. H. BULK. density. In: Klute, A. (Ed.). Methods of soil analysis: physical and mineralogical methods. Part 1. American Society of Agronomy, 1986. p. 363-375.

CAMAPUM DE CARVALHO, J.; SALES, M. M.; SOUZA, N. M.; MELO, M. T. S. (Org.). Processos erosivos no centro-oeste brasileiro. Brasília: FINATEC, 2006.

CAMPOS, A. A. C. Condicionantes dos processos erosivos na área urbana de Buriticupu – MA: o caso da voçoroca do bairro Santos Dumont – São Luís. 2019. 106 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-Graduação em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço. Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2019.

FRANÇA, D.V. B. Vulnerabilidade ambiental a alagamentos no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão. 2020. 226 f. Dissertação



(Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2020.

GUERRA, A. J. T. Dicionário Geológico Geomorfológico. 8 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1993. 443 p.

GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M.(organizadores). Erosão e Conservação dos Solos: conceitos, temas e aplicações. 3ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. 340 p.

GULLO, F. T. Percepção de risco associado a deslizamentos nas comunidades do Morro da Carioca, Morro do Abel e Morro do Santo Antônio, Angra dos Reis, RJ. 2015. 196 f. Monografia (Conclusão de Curso), Escola Politécnica, Rio de Janeiro, 2015.

LISBOA, G. S. Análise da Fragilidade Ambiental e Reabilitação de Áreas Degradadas Por Erosão na Bacia do Rio Bacanga, Município de São Luís-MA. Relatório de Iniciação Científica. Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2014.

LISBOA, G. S. Processos erosivos por voçorocamento em linha de transmissão de energia no Município de São Luís – MA. São Luís, 2018.

LOMBARDI, NETO F.; BERTONI, J. Conservação do solo. Piracicaba, SP: Editora Livroceres, 1985.

MORAIS, M. S. de. Impactos socioambientais causados por processos erosivos em unidades de conservação: o caso do Parque Estadual do Bacanga, São Luís – MA. 2018. 154 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Geografia, Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2018.

OLIVEIRA, M. A. T. de; MEIS, M. R. M. de. Relações entre Geometria do relevo e formas de erosão linear acelerada (Bananal, SP). Geociências, 4:87-99, 1985.

RAPOSO, G.A. R. Caracterização de processos erosivos nas falésias das praias de Panaquatira e Olho D'Água, ilha do Maranhão/MA – São Luís. 2020. 96 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço, Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2020.

ROCHA, E. A. V. Processos de Voçorocamento na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Vai Vem (Ipameri-GO). 2012. 171 f. Tese (Doutorado em Geografia) Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012.

RUBIRA, P. B., et al. Erosão em ambientes úmidos de encosta. Revista de Geografia (Recife), 33(2), 169-188, 2016.

SATHLER, R. Evolução de voçorocas na Ilha do Maranhão: Uma abordagem pedogeotécnica para recuperação de áreas degradadas. 2010. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, 2010.



SOUSA, P. R. de. Análise das propriedades físicas dos solos degradados por voçorocamento na Ilha do Maranhão. Relatório Técnico. Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2016.

SOUSA, P. R. de. Análise de áreas degradadas por processos erosivos no baixo curso da bacia hidrográfica do rio Anil, Ilha do Maranhão. 2018. 161 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço, Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2018.

TEIXEIRA, E. C.; SILVA, Q. D.; SOUSA, P. R. de; SANTANA, R. G. Riscos geomorfológicos urbanos: análise de processos erosivos no baixo curso da bacia hidrográfica do anil são luís - maranhão. In: ENCONTRO DE PRÁTICAS DE ENSINO DA GEOGRAFIA, 1., COLÓQUIO SOBRE DESENVOLVIMENTO LOCAL E SUSTENTABILIDADE: novas abordagens, velhos dilemas, pelo olhar das geografias, 3., 2018, São Luís, MA. Anais [...]. São Luís: EDUEMA, p. 205-207, 2018.

VALENTIN, C., POESEN, J., & LI, Y. Gully erosion: Impacts, factors and control. Catena, 63(2-3), 111-133, 2005.

VIEIRA, A. F. G. Desenvolvimento e distribuição de voçorocas em Manaus (AM): principais fatores controladores e impactos urbano-ambientais. 2008. 223 f. Tese (Doutorado em Geografia). Departamento de Geografia. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

