



MAPEAMENTO DE ÁREAS POTENCIAIS À EROÇÃO LAMINAR NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOS CACHORROS, SÃO LUÍS- MARANHÃO

Gilberlene Serra Lisboa
Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Brasil
gilberlene_serra@yahoo.com.br

José Fernando Rodrigues Bezerra
Universidade Estadual do Maranhão - UEMA, Brasil
fernangeo@yahoo.com.br

Karina Vieira de Govêa
Universidade Estadual do Maranhão - UEMA, Brasil
kvieira532@gmail.com

RESUMO – A pesquisa tem como objetivo o mapeamento do potencial laminar na bacia hidrográfica do rio dos Cachorros. Os procedimentos metodológicos constaram de: levantamento bibliográfico; atividade de campo; elaboração dos mapas temáticos; e análise dos dados. O potencial à erosão está em nível baixo, apresentando valores de 44,24%, e apresenta médio potencial de 37,06%. Possui classe de solo com argissolos vermelho-amarelos distróficos; e uso e ocupação de áreas com vegetação, mineração e solo exposto.

Palavras-chave: Geotecnologias, Erosão Potencial, Bacia Hidrográfica.

MAPPING OF POTENTIAL AREAS TO LAMINAR EROSION IN THE CACHORROS RIVER BASIN, SÃO LUÍS- MARANHÃO

ABSTRACT – The research aims to map the laminar potential in the Cachorros river basin. The methodological procedures consisted of: bibliographic survey; field activity; elaboration of thematic maps; and data analysis. The potential for erosion is at a low level, with values of 44.24%, and an average potential of 37.06%. It has a soil class with dystrophic red-yellow argisols; and use and occupation of areas with vegetation, mining and exposed soil.

Keywords: Geotechnologies, Potential Erosion, Hydrographic Basin.

INTRODUÇÃO

A erosão dos solos é considerado um fenômeno natural. Dessa forma, todas as paisagens que possuam algum tipo de declividade, geralmente superior a 3°, podem sofrer esse processo. A intensa exploração dos solos no Brasil e a ausência de planos de conservação contribuíram para o forte processo de degradação, que atinge hoje muitas regiões no país, e vem causando drásticas consequências em muitas áreas, como a perda de solo em encostas, dada pelo aparecimento de feições erosivas como ravinas e voçorocas (GUERRA et al., 2020).

A erosão laminar está fortemente ligada à relação entre sociedade e natureza, por meio das formas de ocupação do solo. Em alguns casos, diferentes áreas podem possuir a mesma

suscetibilidade preliminar à erosão. No entanto, diferentes usos nestas áreas resultam em classes de potenciais distintas (CARVALHO et al., 2017, p. 1.748).

A erosão do solo é uma questão ambiental desafiadora em todo o mundo, uma vez que envolve muitos problemas ambientais, como perda de fertilidade e poluição da água. A priorização de bacias hidrográficas propensas à erosão do solo é a pedra angular de qualquer programa de gestão eficaz e sustentável dos recursos naturais (HANTOLI et al., 2023).

O uso de geotecnologias no estudo da erosão tem crescido e é preciso conhecer sua capacidade de contribuição. Loureiro et al (2020; 2022) apresentam potenciais metodológicos e analíticos que o uso de Laser Scanner Terrestre (LST) possui, combinado ao imageamento por VANT, para monitorar e diagnosticar a erosão por voçorocas. O uso destas geotecnologias segue desafiador na Geomorfologia, principalmente na erosão por voçorocas.

O potencial da chuva em causar erosão é um dos mais importantes fatores entre os diversos ligados à erosão e pode ser avaliado por meio de índices de erosividade que se baseiam nas características físicas das chuvas de cada região (MELLO et al., 2007). Desta forma é necessário realizar um levantamento que considere as escalas temporal e espacial, pois cada espaço irá representar um fenômeno específico e índices de erosividade compatíveis com a dinâmica ambiental da região.

O Potencial de Erosão, quando apresentado em forma cartográfica, permite uma clara interpretação do risco de erosão que pode existir em função das características do meio físico (SILVA et al., 2007). As estimativas do Mapa de Potencial de Erosão podem colaborar para um ordenamento do uso e ocupação de áreas potencialmente suscetíveis à erosão, evitando assim o acontecimento de desastres como enchentes e deslizamentos de terra, onerar custos de construção, permitindo trazer a atenção dos planejadores e autoridades locais para as regiões mais frágeis, de relevo acidentado e com solos com alta erodibilidade (PEDRO; LORANDI, 2004).

Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi mapear o potencial natural de erosão laminar da bacia do rio Cachorros, a fim de apoiar possíveis melhorias em termos de planejamento ambiental.

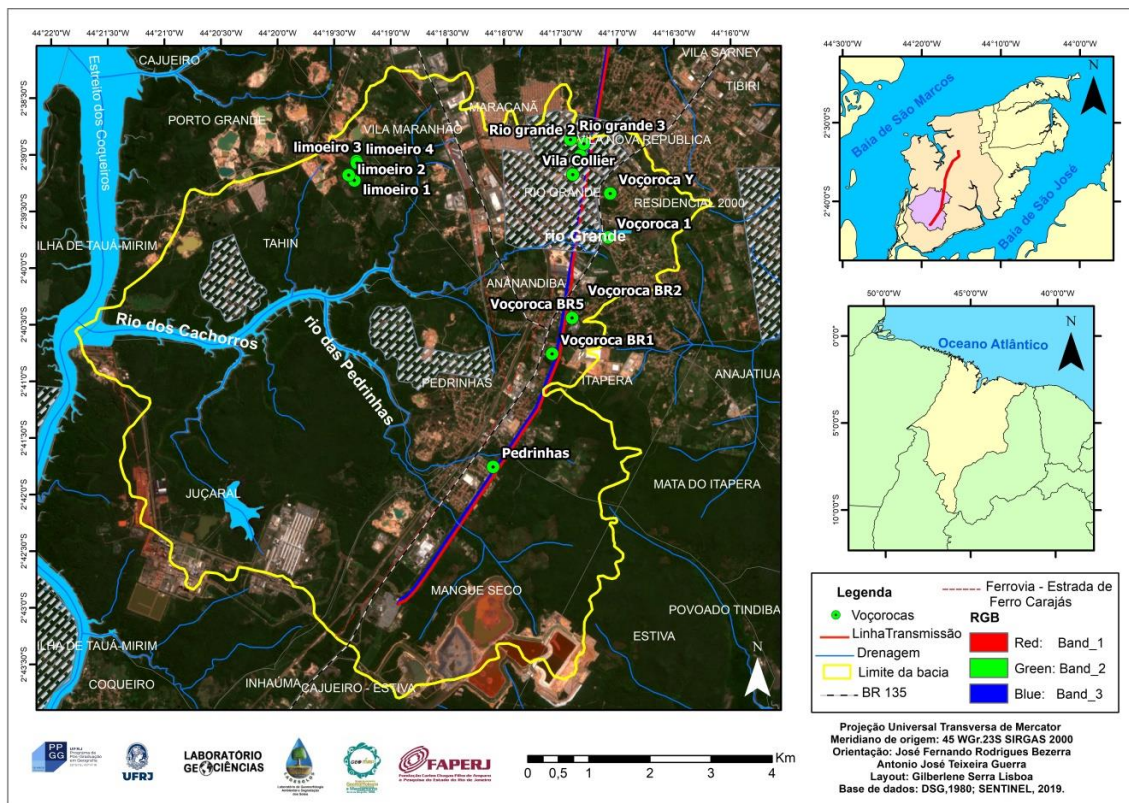
ÁREA DE ESTUDO

A bacia do rio dos Cachorros com uma área de 64,37 km² (Figura 1) localiza-se na porção sudoeste da Ilha do Maranhão, na zona rural do município de São Luís, Maranhão. Seu curso principal é constituído pelo rio dos Cachorros, que recebe forte penetração de águas marinhas da baía de São Marcos, configurando um ambiente estuarino (CASTRO E PEREIRA, 2012). A área é caracterizada por intensas atividades industriais e extração de minerais (laterita e areia), sendo estas atividades as principais causas da degradação ambiental e transformações da paisagem local.

Segundo CPRM (2020) a geologia da bacia do rio dos Cachorros é composta por Depósitos de Mangues, Grupo Itapecuru, Pós Barreiras. Ao se considerarem os critérios causais de natureza pedológica, estes aparecem como sendo de fundamental importância para a compreensão das condições dos solos frente aos variados processos e/ou fenômenos erosivos.

Neste viés, o conhecimento acerca das características físicas, químicas e ambientais de cada tipo de solo é de suma importância para a análise de uma determinada área (PEREIRA NETO, 2013). Considerando-se o exposto, na bacia do rio Cachorros, sobressaem os Argissolos vermelho amarelo distrófico, Gleissolos háplico tb distrófico, Neossolo Quartzarênico Órtico, Solo de Mangue, segundo a CPRM (2020).

Figura 1. Mapa de localização da bacia hidrográfica do rio dos Cachorros.



Fonte: Os autores (2023).

O rio dos Cachorros localiza-se entre zonas rurais e a zona industrial (grande parte pertencente ao módulo da ALUMAR), é caracterizado como de extrema importância para as populações que vivem da pesca, assim como os outros riachos e igarapés (a exemplo o Igarapé do Cajueiro) e de nascentes espalhadas por toda área industrial e seu entorno rural (CARVALHO, 2011).

A nascente do rio dos Cachorros encontra-se nas imediações do bairro Rio Grande e Tanandiba, seguindo seu percurso no sentido sudoeste e deságua no estreito do Coqueiro na altura do porto da ALUMAR (SEMA, 2010). No porto acontece o desembarque das matérias primas e dos insumos usados na produção do alumínio (bauxita, coque, piche, carvão e soda cáustica) e a operação de embarque do excedente de produção da alumina (CASTRO, 2009).

METODOLOGIA

O mapa de localização e situação das áreas com ocorrência de processos erosivos na bacia hidrográfica do rio dos Cachorros, foi elaborado a partir da validação dos dados obtidos por meio dos trabalhos de campo, análise da imagem de satélite SENTINEL, 2019. A partir destas informações geradas e estudando os locais, levando em consideração o relevo e o uso e cobertura do local, marcaram-se os pontos no GPS, gerando a localização das áreas com processos erosivos na bacia hidrográfica do rio dos Cachorros.

Foram utilizadas as cartas da Diretoria do Serviço Geográfico do Ministério do Exército – DSG / ME, (37,38, 39,44,45,46,51 e 52) na escala de 1:10.000, com equidistância das curvas de nível de 5 m. A digitalização das cartas da DSG utilizará o software ARCGIS® 10.2 (licença EFL 501222399).

Para o critério de Potencial à erosão laminar, adotou-se o Salomão (2012). A partir da obtenção dos dados de suscetibilidade à erosão laminar e do mapeamento de uso e ocupação do solo, foi

realizada a sobreposição dessas duas camadas, resultando no mapa de potencialidade à erosão laminar. Para isso, as classes de uso e ocupação foram organizadas em ordem decrescente de predisposição do solo a processos erosivos (Quadro 1), tendo como critério o porte vegetacional e a intensidade da ação antrópica no manejo do solo.

Quadro 1. Classes de uso e ocupação frente à erosão laminar

CLASSES DE USO E OCUPAÇÃO FRENTE À EROSÃO LAMINAR

Classes de uso frente à erosão laminar	Mapeamento do uso e ocupação do solo
Atividade Antrópica Intensa	Solo Exposto
Atividade Antrópica Moderada a Intensa	Agricultura; Pecuária; Silvicultura; Caatinga Degradada
Atividade Antrópica Moderada a Baixa	Caatinga Conservada; Mata Ciliar
-	Área Urbanizada; Área Coberta por Nuvem; Corpo D'água

Fonte: Adaptado de Mesquita et al. (2015).

Dessa forma, o critério utilizado para a confecção do mapa de potencialidade à erosão laminar, exposto na Tabela 1, leva em consideração as seguintes classes de potencial erosivo: Alto potencial (Classe I): uso atual do solo incompatível com a suscetibilidade à erosão laminar; Médio potencial (Classe II): uso atual do solo incompatível com a suscetibilidade à erosão laminar, possível de ser controlada com práticas conservacionistas adequadas; Baixo potencial (Classe III): uso atual do solo compatível com a suscetibilidade à erosão laminar.

Tabela 1. Matriz de definição das classes de potencial atual à erosão laminar

CLASSES DE OCUPAÇÃO ATUAL DAS TERRAS					
Classe de suscetibilidade à erosão laminar	1	2	3	4	5
1	I	I	I	II	-
2	I	II	II	III	-
3	II	II	II	III	-
4	II	III	III	III	-
5	III	III	III	III	III

Fonte: IPT (1990 apud SALOMÃO, 2012).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação à declividade, esta, por definição, é o ângulo de inclinação da superfície local em relação ao plano horizontal, que pode ser expresso em graus ou em porcentagem. A declividade tem influência direta no equilíbrio entre o escoamento superficial e a infiltração da água no solo (FLORENZANO, 2008). Nesse contexto, optou-se por distribuir as classes de declividade em 5: a primeira variando com uma inclinação de 0 a 5 (65,70%); a segunda de 6 a 10 (16,42%); a terceira de 11 a 15 (7,66%); a quarta de 16 a 20 (4,15%); e a quinta de > 20 (6,07%).

Os problemas ambientais estão relacionados à extração mineral (principalmente na bacia dos Cachorros), expansão industrial, urbanização, desmatamentos, ocupação desordenada

com ausência de infraestrutura, entre outros (IMESC, 2011; MACEDO; FEITOSA, 2011; CASTRO; SANTOS, 2012; SILVA; FARIAS FILHO, 2015; SANTOS, 2015).

O uso e ocupação do solo da bacia está dividido em Urbano corresponde às áreas antrópicas não agrícolas, com 12,44% na bacia; Industrial, com 12,96%; Solo exposto, com 2,42%; Água, com 3,23%; Mineração, com 11,37%, na bacia ocorre em várias, áreas com Vegetação, de 21,31%; e Mangue, com 36,26%.

A distribuição espacial da erodibilidade dos solos na bacia do rio dos Cachorros aponta que 44,58% da bacia está classificada como: III – Pouco erodível: correspondente às áreas com declividade de 0 a 5 %, com curvatura planar retínea, hipsometria de 0 a 11 m. A geomorfologia apresenta planícies fluviomarinhas, mangues e planícies fluviais. A geologia predominante são os depósitos de mangue; os solos presentes são os de mangue e Gleissolos háplicos; o uso e cobertura com a vegetação de mangue, vegetação, mineração e parte urbana; e tem erosões presentes, como Pedrinhas, BR1, BR2, BR5, voçoroca 1 e Y.

II – Moderadamente erodível: com 20,96%, com uma declividade de 6 a 20 %, com curvatura divergente retilínea e convergente côncava, hipsometria de 12 a 22 m. Tem como geomorfologia os tabuleiros dissecados, e a geologia os Pós-Barreiras e o grupo Itapecuru. Os solos presentes são o Argissolo vermelho-amarelo distrófico e possuem o uso e cobertura com vegetação, vegetação de mangue e industrial. Neste, estão as áreas de erosões da Vila Collier e do Rio Grande 1.

I – Muito erodível: com 34,46 % presente na bacia em questão, tendo a declividade de 6 a 20 %, hipsometria de 23 a 55 m e geomorfologia com tabuleiros dissecados e tabuleiros. A geologia apresenta o grupo Itapecuru e Pós-Barreiras; com predominância dos Neossolos quartzarênicos; o uso e cobertura com áreas de mineração, vegetação, industrial e solo exposto; e apresenta erosões como a Rio Grande 2 e 3, e Limoeiro 1, 2, 3 e 4.

Segundo Salomão (2012, p. 241), a suscetibilidade reflete as características naturais dos terrenos, em face dos processos erosivos. Não obstante, a erosão laminar é fortemente condicionada pela ação antrópica, por meio das formas de uso e ocupação da terra. Os terrenos com um semelhante nível de suscetibilidade, mas ocupados de formas diferentes, apresentam diferentes potenciais ao desenvolvimento de erosão laminar.

A suscetibilidade à erosão laminar destaca-se na classe moderadamente suscetível, com 48%. Contudo, essas áreas possuem geomorfologia em tabuleiros e planícies fluviais; apresenta argissolos, gleissolos e neossolos; hipsometria varia de 12 a 22 m e de 45 a 55 m; tem ocorrência de erosões como Pedrinhas; voçorocas BR1, BR2, BR5, 1, Y; e Limoeiro 1, 2, 3 e 4.

O potencial à erosão laminar pode ser definido como um resultado da interação entre a suscetibilidade dos terrenos em desenvolver erosão, a erosividade e o uso da terra e cobertura vegetal (SALOMÃO, 2012, p. 241).

Na área da bacia em estudo (Tabela 2 e Figura 2) o potencial à erosão está baixo, com valor de 44,24% e ocupando grande parte da bacia. Como características geomorfológicas, apresenta as planícies fluviomarinhas e mangues e os tabuleiros dissecados, enquanto em relação à geologia possui depósitos de mangue. Possui classes de solos de mangues e Gleissolos; hipsometria de 0 a 11 m e declividade 0 a 5 %; curvatura predominantemente plana retilínea; uso e ocupação com áreas de vegetação de mangue; e apresenta as erosões BR1, BR2 e BR5.

Figura 2. Depósitos de mangues e vegetação de mangue na bacia do rio dos Cachorros. Fotografia de veículo aéreo não tripulado (VANT).



Fonte: VANT, 2021.

O médio potencial fica na faixa de 37,06 %, com geomorfologia de planícies fluviais com tabuleiros e tabuleiros dissecados. Na geologia, está presente o grupo Itapecuru e Pós-Barreiras. Apresenta Argissolos vermelho-amarelos distróficos; hipsometria de 12 a 33 m e declividade 6 a 15 %, com destaque para a divergente retilínea, a plana convexa e a convergente côncava; uso e ocupação de áreas com vegetação, mineração e solo exposto, onde se encontram as erosões Limoeiro 1, 2, 3 e 4 (Tabela 2 e Figura 3).

Figura 3. Erosão Limoeiro na bacia do rio dos Cachorros. Fotografia de veículo aéreo não tripulado (VANT).



Fonte: VANT, 2021.

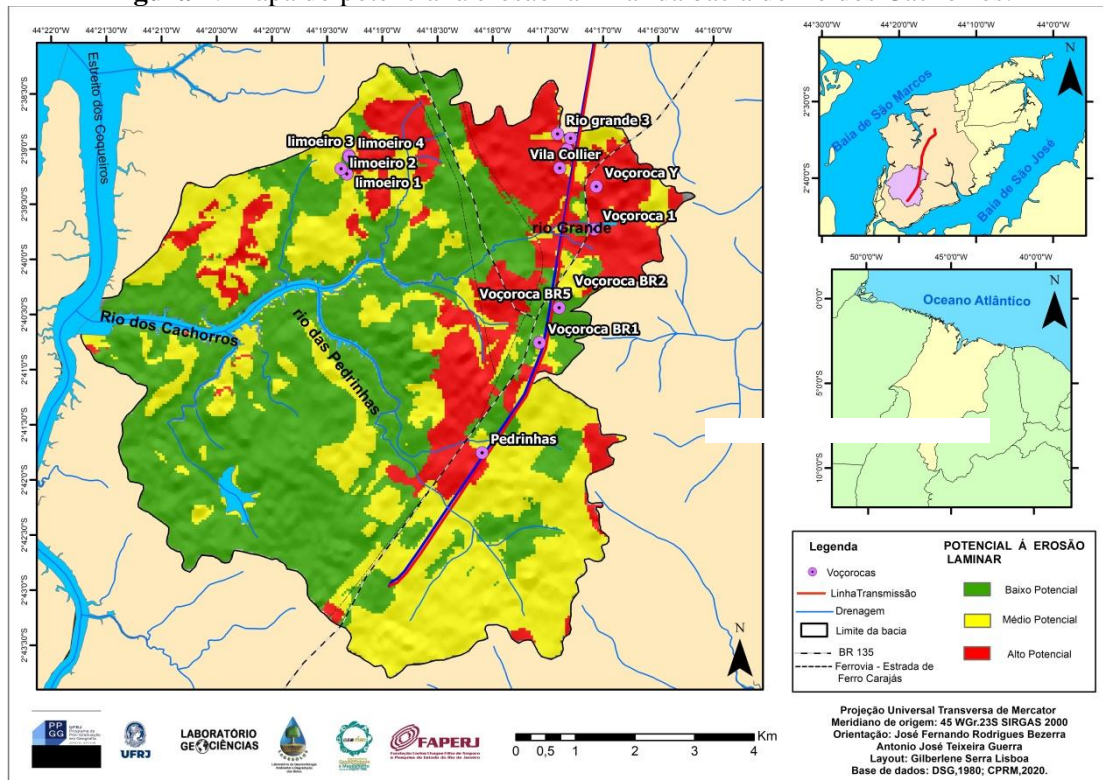
Tabela 2. Potencial à erosão da bacia hidrográfica do rio dos Cachorros

Potencial à erosão	ÁREA	
	Valores absolutos (Km ²)	Valores relativos (%)
Baixo potencial	28,48	44,24
Médio potencial	23,86	37,06
Alto potencial	12,03	18,7
Total	64,37	100,00

Fonte: Autores, 2023.

O alto potencial alcança 18,7%. Têm-se como características geomorfológicas os tabuleiros dissecados, enquanto a geologia apresenta o grupo Itapecuru. Há ocorrência de Neossolos quartzarênicos órticos e argissolos vermelho-amarelos distróficos; hipsometria de 34 a 44 m e declividade de 16 a > 20; curvaturas plana retilínea, convergente côncava e convergente retilínea; uso e ocupação com áreas de mineração, urbana e industriais; e apresenta as erosões Pedrinhas, Villa Collier, Voçoroca 1, Y e Rio Grande 1, 2 e 3 (Tabela 2 e Figura 4)..

Figura 4. Mapa do potencial à erosão laminar da bacia do rio dos Cachorros.



Fonte: Os autores (2023).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As classes de declividade foram divididas em 5, em que a maior representação está na de 0 a 5 (65,70%). Na área de estudo, tem-se a predominância da curvatura planar retilínea, com 81,93%; na hipsometria de 29,18 % estão as classes de 12 a 22 m. Os neossolos quartizarênicos órticos apresentaram a maior cobertura da área de estudo, 34,52% de toda a extensão hidrográfica. São solos suscetíveis à erosão, possuindo fragilidade em sua composição. O uso e ocupação do solo corresponde às maiores classes em vegetação, com 21,31%, e mangue, com 36,26%. Entretanto, ao longo da bacia, são encontradas várias áreas de mineração ativas, inclusive com licença e autorização para uso, sendo ele destinado na maioria para construção civil no município em questão.

A erodibilidade dos solos na área de estudo aponta que 44,58% da bacia está classificada como pouco erodível e muito erodível com 34,46 %. Essas áreas apresentam os processos erosivos, solo exposto e áreas industriais.

A suscetibilidade à erosão laminar destaca-se na classe moderadamente suscetível, com 48%. Contudo, essas áreas possuem geomorfologia em tabuleiros e planícies fluviais; apresenta argissolos, gleissolos e neossolos; hipsometria varia de 12 a 22 m e de 45 a 55 m; tem ocorrência de erosões como Pedrinhas; voçorocas BR1, BR2, BR5, 1, Y; e Limoeiro 1, 2, 3 e 4. O potencial à erosão está em nível baixo, apresentando valores de 44, 24%, e apresenta médio potencial de 37,06 %.

Entretanto, a bacia em questão não tem um planejamento ambiental e nem controle dos seus usos, tendo grandes áreas de mineração por toda a bacia, essas com licença e sem uma fiscalização, e processos erosivos sem uma recuperação, com solo exposto, casas ao redor, e muitas áreas indústrias.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ), pela concessão da Bolsa de Doutorado.

REFERÊNCIAS

- CARVALHO, F. C. Gestão do território, lugar e conflitos socioambientais: o caso da usina termelétrica Porto do Itaqui em São Luís, MA. 134 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2011.
- CASTRO, J. K. C. Avaliação de impactos ambientais causados por metais-traço em água, sedimento, material biológico, na Baía de São Marcos, São Luís – Maranhão. 110 f. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa: 2009.
- CASTRO, H. F. R., PEREIRA, E.D. Cartografia geológico-geotécnica da bacia hidrográfica do rio dos Cachorros. Revista Geonorte. v. 3. n.4. 2012.
- CASTRO, T. C. Santos de.; SANTOS, F.R.B. Diagnóstico ambiental da atividade de extração mineral classe 2 na bacia hidrográfica do rio dos cachorros, São Luís – MA, Brasil. RBGA (Pombal – PB – Brasil) v.6, n.1, p. 67 - 76 janeiro/dezembro de 2012. Disponível em: <<http://www.gvaa.org.br/revista/index.php/RBGA>>. Acesso em 01.01.2020
- CPRM, Geodiversidade da ilha do Maranhão. Levantamento da geodiversidade: nota explicativa. Teresina, 2020.
- FLORENZANO, T. G. Introdução à Geomorfologia. In: FLORENZANO, T. G. Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de textos, 2008.

GUERRA, A.J. T.; JORGE, M.C. O. ; RANGEL, L. A. ; BEZERRA, J. F. R. ; LOUREIRO, H. A. S. ; GARRITANO, F. N. . Erosão Dos Solos, Diferentes Abordagens E Técnicas Aplicadas Em Voçorocas E Erosão Em Trilhas. William Morris Davis Revista de Geomorfologia, v. 1, p. 75-117, 2020.

HANTOULI; F.A; AWAUDEH;M.;OBEIDAT;M. Soil Erosion Prioritization of Yarmouk River Basin, Jordan Using Multiple Approaches in a GIS Environment Water Resources Management and Sustainability.2023 pp 291–318.

LOUREIRO, H.A.S. 2019. Diagnóstico de erosão por voçorocas: experimentos com geotecnologias e solos na bacia do alto Rio Pirai - Rio Claro - RJ. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 224 p.

LOUREIRO, H. A. S. ; GUERRA, A. J. T. ; ANDRADE, Aluisio . Contribuição Ao Estudo De Voçorocas A Partir Do Uso Experimental De Laser Scanner Terrestre E Vant. Revista Brasileira De Geomorfologia , v. 21, p. 871-892, 2020.

MELLO, C. R.; SÁ, M. A. C.; CURI, N.; MELLO, J. M.; VIOLA, M. R.; SILVA, A. M. Erosividade mensal e anual da chuva no Estado de Minas Gerais. Pesq. Agropec. Bras., 42:537-545, 2007.

PEREIRA NETO, M. C. Fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Seridó (RN/PB – Brasil). Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2013.

SALOMÃO, F. X. T; Controle e prevenção dos processos erosivos. In: GUERRA, A. J. T; SILVA, A. S. S.; BOTELHO, R. G. M. (Orgs). Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012. Capítulo 7, p. 229-267.

SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E. E CAMARGO, P. B. Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas, 2a ed. São Carlos – SP, Brasil: Editora Rima, 2007. 153 p.