

MONITORAMENTO DA EROÇÃO LAMINAR E CARBONO TOTAL: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA EM ESTAÇÃO EXPERIMENTAL NO MUNICÍPIO DE SÃO LUÍS, MARANHÃO

Isabel Silva da Silva ¹
Lucas Silva Carvalho ²
Vitória Gleyce Sousa Ferreira ³
Weslem Jhony de Oliveira Rodrigues ⁴
Nicollas Silva Mendes ⁵
Erica Lima Costa Alves ⁶
José Fernando Rodrigues Bezerra ⁷

INTRODUÇÃO

A Revolução Industrial marcou uma transformação significativa na forma como a humanidade passou a utilizar os recursos naturais. Antes desse período, as concentrações de CO₂ na atmosfera eram relativamente estáveis. Uma vez que a emissão de CO₂ na atmosfera é o principal motor do aquecimento global, o ciclo do carbono dos ecossistemas terrestres recebe cada vez mais atenção da comunidade científica internacional.

Os solos constituem um dos maiores reservatórios de carbono terrestre, eles armazenam duas vezes mais carbono do que a própria atmosfera, cerca de 2344 Pg C (1 Pg = 1015 g) nos primeiros três metros (Guo & Gifford, 2002). Sendo assim, mesmo uma pequena alteração na concentração de carbono do solo, devido a distúrbios naturais ou humanos, como a erosão ou mudança de uso da terra, pode contribuir para uma transferência líquida significativa de carbono entre a pedosfera e a atmosfera (Olson *et al.*, 2016).

¹ Graduanda do Curso de Geografia Licenciatura da Universidade Estadual do Maranhão - UEMA, isabelsilvageo@gmail.com;

² Mestrando do Programa de Geografia da Universidade Estadual do Maranhão - UEMA, Lucascarvalho7@aluno.uema.br;

³ Doutoranda do Programa de Geografia da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro - UNESP, vitoria.gleyce@unesp.br;

⁴ Graduando do Curso de Geografia Bacharelado da Universidade Estadual do Maranhão - UEMA, weslemrodrigues.uema@gmail.com;

⁵ Mestrando do Programa de Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Maranhão - UFMA, nicollas60@gmail.com;

⁶ Graduanda do Curso de Geografia Bacharelado da Universidade Estadual do Maranhão - UEMA, ericaalves8828@gmail.com.

⁷ Professor orientador: Doutor, Universidade Estadual do Maranhão, fernangeo@yahoo.com.br.

A erosão do solo afeta fortemente a distribuição de sedimentos e o carbono orgânico associados em uma paisagem, mas também influencia drasticamente a troca de carbono entre os solos e a atmosfera (Bajracharya *et al.*, 2000). A erosão ocasiona a perda anual de aproximadamente 25 a 40 bilhões de toneladas de solo, resultando em uma diminuição significativa da produtividade agrícola e entre outros fatores, conforme dados da FAO (2015).

Nas últimas décadas, estudos relacionados às estações experimentais têm ganhado destaque no cenário científico devido à sua capacidade de avaliar a erosão desde sua fase inicial até seu desenvolvimento posterior. No Brasil, as pesquisas em estações experimentais conduzidas por Baccaro (1993), Guerra (1994), Morgan (2005) e Bezerra (2011), possuem grande importância para o entendimento desses processos. Os mesmos autores referenciados descrevem como essa técnica deve ser elaborada e como devem ser monitoradas.

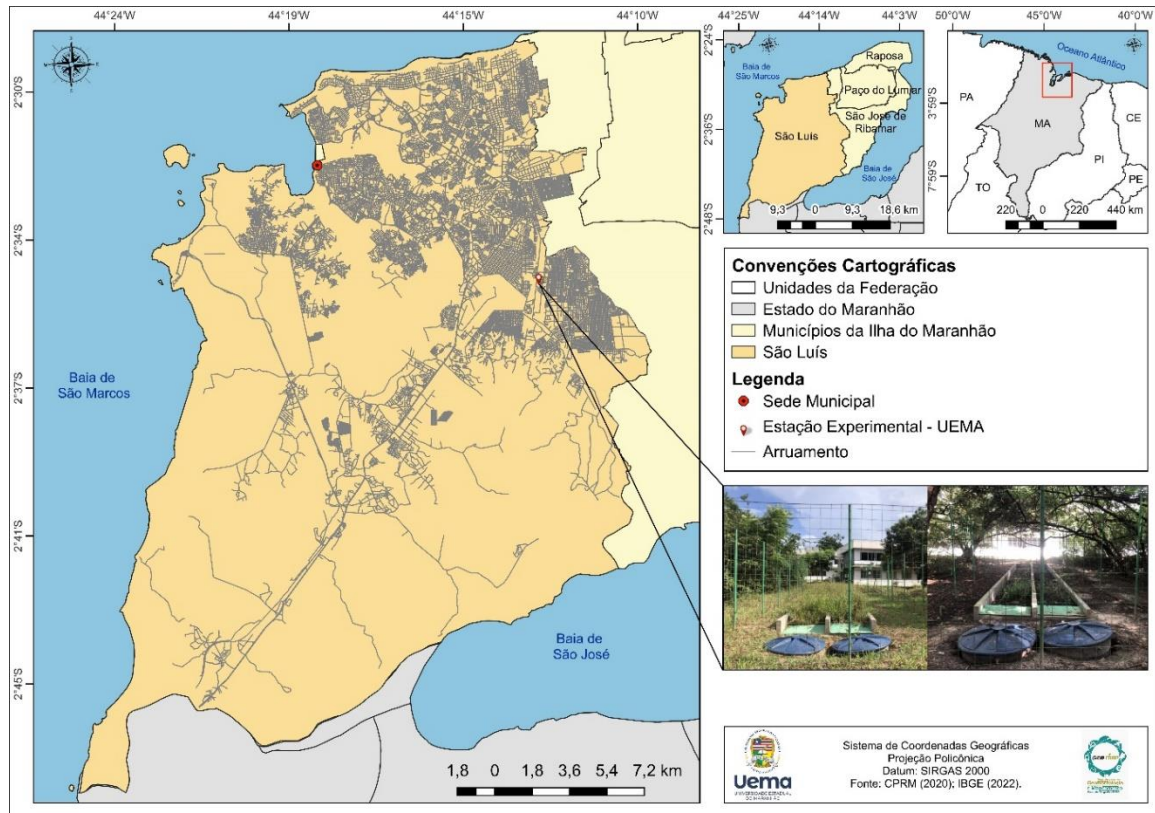
As parcelas técnicas frequentemente utilizadas consistem em experimentos com limites definidos, além de serem ferramentas eficazes para medir elementos ambientais em movimento na paisagem, como partículas do solo e água. As parcelas podem apresentar diferentes tipos de uso e utiliza calhas e galões coletores para quantificar o material coletado, ou seja, a água e os sedimentos (Bezerra, 2011).

No contexto global, a emissão de gases de efeito estufa e o desmatamento são fatores que aceleram a degradação do solo, contribuindo para mudanças significativas no ciclo do carbono e influenciando o aquecimento global. No município de São Luís (Figura 1), Maranhão, o crescimento urbano desordenado e o desmatamento têm intensificado os fenômenos erosivos, especialmente em áreas de expansão populacional recente.

Dada a gravidade do problema, a presente pesquisa justifica-se pela necessidade de desenvolver métodos eficazes de monitoramento e controle da erosão laminar. A implementação de estações experimentais representa uma abordagem metodológica robusta para entender os processos erosivos e suas consequências.

Portanto, a pesquisa tem como finalidade propor métodos de avaliação de monitoramento da erosão laminar por meio de estações experimentais com parcelas, em diferentes usos do solo, e organização dos dados de perda do carbono total e pluviométricos obtidos durante o período chuvoso da área de estudo.

Figura 1: Mapa de localização do município de São Luís - MA



Fonte: Autores (2023)

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para o alcance do objetivo proposto, foram construídos dois sistemas de estação experimental no Campus Paulo XI da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), baseados nos estudos de Baccaro (1993), Guerra (1994, 1996, 1998), Morgan (1986, 2005) e Bezerra (2006, 2011). A estação experimental foi construída no mês de março de 2023, sendo o início do monitoramento no mês seguinte.

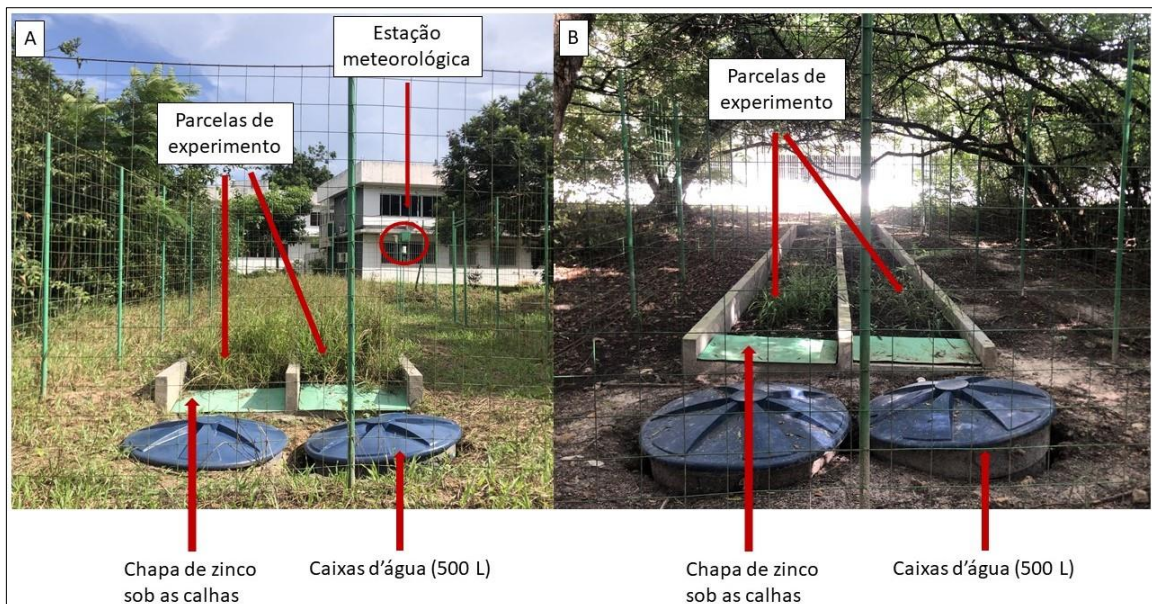
O sistema é composto por dois subsistemas: uma parcela, com réplica, com gramíneas e outra parcela, construída em área com cobertura arbórea, também com uma réplica, somando 04 parcelas no total. A parcela apresenta 1 m de largura e 10 m de comprimento, totalizando 10 m². Na parte inferior das parcelas, foram colocados 04 reservatórios com 500 litros de capacidade cada, para avaliação dos parâmetros de escoamento superficial e erosão laminar.

Na estação experimental com gramíneas (Figura 2) foi instalada uma estação meteorológica para obtenção de dados pluviométricos diários, possibilitando assim a determinação da taxa de precipitação pluviométrica e sua influência na geração do

escoamento superficial laminar. Além dos dados de precipitação, a estação meteorológica gerou dados referentes a temperatura externa, umidade, velocidade e direção do vento.

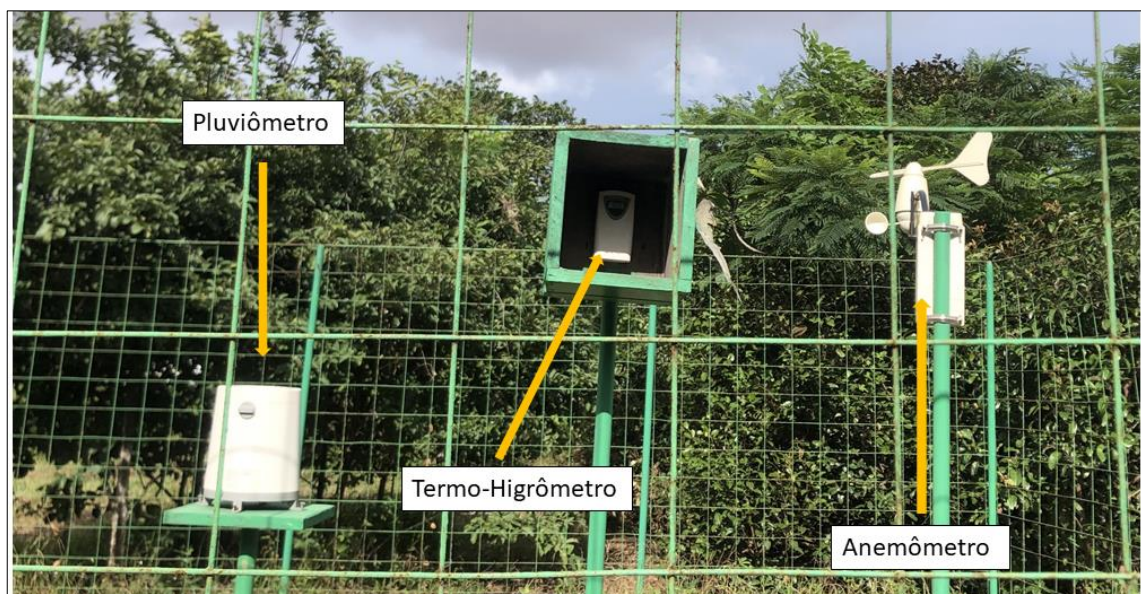
O monitoramento da estação meteorológica foi realizado durante todo o período chuvoso da região. Os dados pluviométricos foram obtidos a partir do pluviômetro que se foi instalado próximo às parcelas de experimento (Figura 3).

Figura 2: Sistemas de estação experimental (estação experimental com gramíneas - A; estação experimental com vegetação arbustiva – B)



Fonte: Acervo da pesquisa (2023)

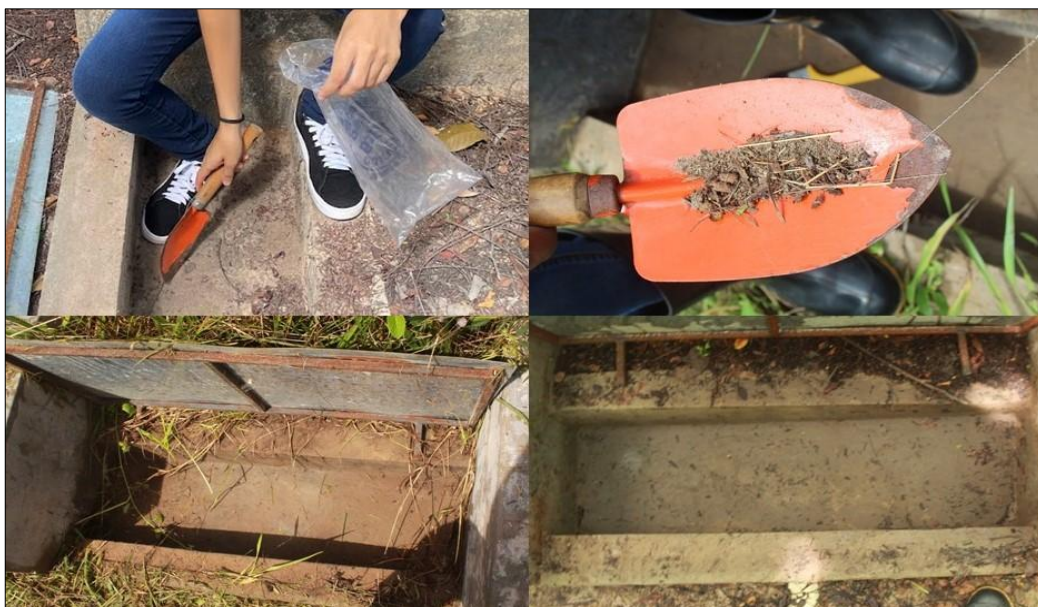
Figura 3: Sensores meteorológicos



Fonte: Acervo da pesquisa (2023)

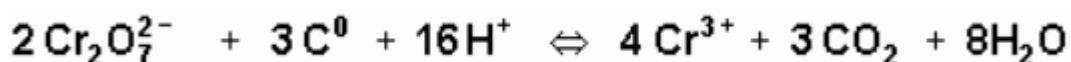
Durante o período chuvoso da região, realizou-se coletas de amostras de sedimentos, transportados para as calhas através do escoamento superficial (Figura 4). A fins de serem analisadas em laboratório.

Figura 4: Coleta de amostras de sedimentos



Fonte: Acervo da pesquisa (2023)

Para a determinação do teor de carbono total perdido de cada parcela, utilizou-se o método do bloco digestor. Este método baseia-se na oxidação do carbono orgânico pelo dicromato, de acordo com a reação:



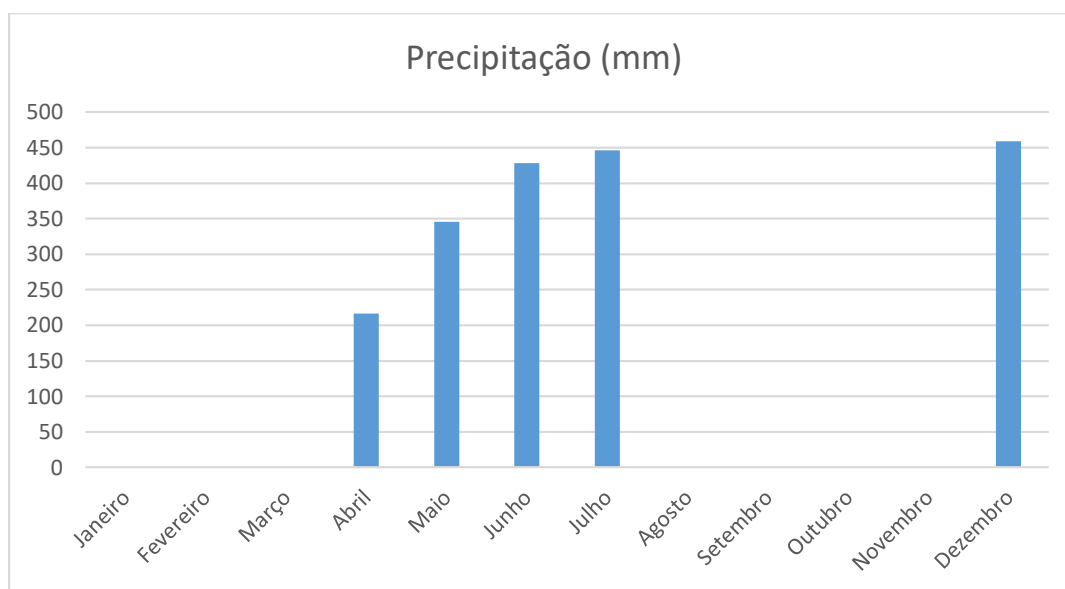
Essa etapa foi realizada em laboratório, onde após a pesagem de 0,5 g de amostra de solo seco (coletadas em campo), eram transferidas para os tubos de digestão do tipo Folin WU. Posteriormente, é adicionado 5 ml da solução de K₂Cr₂O₇ (dicromato) e 7,5 ml de ácido sulfúrico concentrado. Seguido a isso, os tubos de digestão contendo as amostras são aquecidos por 30 minutos em um bloco digestor pré-aquecido a 150 °C.

Após a retirada dos tubos do bloco digestor, é transferido quantitativamente o conteúdo dos tubos para os *erlenmeyer* de 250 ml. Em seguida, é acrescentado 5 ml de H₃PO₄ concentrado e 100 ml de água destilada. E por último, é adicionado 3 a 6 gotas de indicador e titular com uma solução 0,2 mol/L de sulfato ferroso amoniacal.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O gráfico abaixo apresenta o quantitativo de chuva por mm coletados através do pluviômetro instalado nas proximidades das estações experimentais. Através dessa coleta é possível identificar os meses em que houve incidências de chuva por mm.

Gráfico 1: Ocorrência de precipitação do ano de 2023 coletada pela estação meteorológica instalada nas proximidades das estações experimentais.



Fonte: Dados da pesquisa (2023)

Para a obtenção de resultados do teor carbonó total perdido de cada amostra, foi realizado a seguinte conta:

$$A = (B_{aq} - A_m) \times [B_f - B_{aq} / B_f + 1]$$

Onde: A_m , B_f e B_{aq} são os volumes em ml de sulfato ferroso amoniacal gastos para titular as amostras. O sulfato ferroso amoniacal é padronizado por meio da titulação do branco não aquecido.

$$M_{Fe^{2+}} =$$

$$\frac{\text{Volume (mL) } K_2Cr_2O_7 \times 0,167 \text{ mol/L} \times 6 (2 \times 3) \text{ elétrons da reação de óxido-redução do } Cr^{2+}}{\dots}$$

$$\text{Volume (mL) } Fe(NH_4)_2 (SO_4)_2 \cdot 6H_2O \text{ gasto para titular branco não aquecido}$$

$$\text{Carbono orgânico: g/kg} = A \times M_{Fe^{2+}} \times 0,003 \times 1000$$

$$M \text{ amostra (g)}$$

Onde: A é o valor determinado acima; MFe^{2+} é a concentração molar da solução de Sulfato Ferroso amoniacal e M amostra é a massa do solo seco em gramas. Tendo em vista que o excesso de (Cr^{6+}) , não reduzido com a oxidação do carbono, é determinado pela titulação do óxido-redução com Fe^{2+} .

Diante da realização de análises feitas em laboratório, é possível identificar na tabela abaixo os resultados do teor de carbono total perdido de cada parcela de erosão através da ação do escoamento superficial.

Tabela 1: Resultados de Carbono Total perdido (Parcelas 1 e 2 são da estação experimental A. Parcelas 3 e 4 são da estação experimental B).

Parcelas	Volume (ml)	BFm	BQm	MFe^{2+}	A	B	A	Carbono Total
1A	44.09	53.94	51.44	0.092881	7.35	1.046348	7.690656	4.285894
2A	44.01	53.94	51.44	0.092881	7.43	1.046348	7.774364	4.332543
3B	10.97	53.94	51.44	0.092881	40.47	1.046348	42.3457	23.59866
4B	18.92	53.94	51.44	0.092881	32.52	1.046348	34.02723	18.96289

Fonte: Dados da pesquisa (2023)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo evidenciou a importância do monitoramento da erosão laminar em diferentes usos do solo utilizando estações experimentais. Os dados indicaram que as áreas com vegetação de porte arbóreo apresentaram uma maior perda de carbono total em comparação com as parcelas cobertas por gramíneas. Estes resultados sublinham a necessidade de práticas de manejo adequadas para reduzir a erosão e a perda de carbono, contribuindo para a sustentabilidade ambiental.

Em conclusão, a metodologia aplicada foi eficiente na avaliação e monitoramento da erosão laminar, gerando dados relevantes para futuras pesquisas e ações de conservação. A continuidade do monitoramento é crucial para aprofundar o entendimento dos processos erosivos e desenvolver estratégias eficazes de manejo e preservação do solo, garantindo assim a sustentabilidade dos ecossistemas estudados.

Palavras-chave: Estação Experimental, Monitoramento, São Luís.

REFERÊNCIAS

- BACCARO, C. A. D. Os estudos experimentais aplicados na avaliação dos processos geomorfológicos de escoamento pluvial na área de Cerrado. **Revista Sociedade & Natureza**. Uberlândia: Edufu, ns. 9 e 10, p. 55-62, 1993.
- BAJRACHARYA, R.; LAL, R.; KIMBLE, J. Erosion effects on carbon dioxide concentration and carbono flux from an Ohio Alfisol. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 64, 694–700. 2000.
- BEZERRA, J. F. R. **Avaliação de geotêxteis no controle da erosão superficial a partir de uma estação experimental, Fazenda do Glória – MG**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Uberlândia. Instituto de Geociências. Programa de Pós-Graduação em Geografia. 2006.
- BEZERRA, J. F. R. **Geomorfologia e Reabilitação de Áreas Degradadas por Erosão com Técnicas de Bioengenharia de Solos na Bacia do Rio Bacanga, São Luís – MA**. 2011. Tese (Doutorado em Geografia – Planejamento e Gestão Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Status of the World’s Soil Resources**. Roma: ITPS, 2015.
- GUO, L. B. & GIFFORD, R. M. Soil carbon stocks and land use change. **Global Change Biol.** 8, 345–360. 2002.
- GUERRA, A. J. T. **Processos erosivos nas encostas**. In: Geomorfologia uma atualização de bases e conceitos, GUERRA e CUNHA (orgs.). Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 1994, p. 149-209.
- GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. **Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.
- GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 3a ed. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 1998.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Brasileiro de 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.
- MORGAN, R. P. C. (1986). **Soil erosion and conservation**. Longman Group, Inglaterra. 298p.
- MORGAN, R. P. C. **Soil Erosion and Conservation**. England: Blackwell, 2005.
- OLSON, K. R.; AL-KAISI, M.; LAL, R.; CIHACEK, L. Impact of soil erosion on soil organic carbono stocks. **J. Soil Water Conserv.** 71, 61A–67A. 2016.