

El Niño e ausência de micro e macrodrenagem causam Desastre Urbano

Manoel Camilo M. Cabrera¹; Tiago Gomes da Silva²; Jamil Alexandre Ayach Anache³ & Edson Wendland⁴

RESUMO – A remoção da cobertura vegetal para a ampliação de um conjunto habitacional popular e a ausência do sistema de drenagem em um loteamento provocaram o surgimento de voçorocas com aproximadamente 600 m de extensão e 14 metros de profundidade no município de Naviraí-MS. Esta pesquisa teve como objetivo identificar, descrever e associar o evento pluviométrico extremo com os impactos socioambientais em uma área periférica de vulnerabilidade econômica. Em 2016, seriam necessários 6 milhões de reais para as obras de micro e macrodrenagem da área. A elevada pluviosidade de 1945 mm, acima da média anual de 1435 mm, ocorrida apenas na primavera e verão de 2015/2016, aliada à ausência de manejo adequado das águas pluviais urbanas deixou 21 famílias desabrigadas, 6 casas derrubadas, 3 casas condenadas e 12 casas em área de risco. A existência de ruas e passeios em leito natural com Latossolo Vermelho distrófico e a não existência de estruturas de micro e macrodrenagem das águas pluviais na área atuaram em conjunto com eventos extremos pluviométricos em ano de EL NIÑO com máxima intensidade para produzir o maior desastre da área urbana de Naviraí-MS. A série pluviométrica 1973-2025 permitiu alterar a classificação da erosividade das chuvas na região para Muito Forte.

Palavras-Chave – Erosão urbana; Naviraí; Água Pluvial

ABSTRACT– The removal of vegetation cover to expand a low-income housing development, combined with the absence of a stormwater drainage system in a residential subdivision in the municipality of Naviraí, Mato Grosso do Sul state, Brazil, led to the formation of gullies approximately 600 m in length and 14 m in depth. This study aimed to identify, describe, and associate extreme rainfall events with the socioenvironmental impacts observed in a peripheral area characterized by economic vulnerability. In 2016, an estimated R\$ 6 million would have been required to implement micro- and macrodrainage infrastructure in the affected area. The exceptionally high rainfall of 1,945 mm — well above the long-term annual mean of 1,435 mm — concentrated exclusively during the spring and summer of 2015/2016, combined with the absence of adequate urban stormwater management, resulted in 21 displaced families, 6 demolished dwellings, 3 condemned structures, and 12 residences classified as being in high-risk zones. The coexistence of unpaved streets and sidewalks underlain by dystrophic Red Latosol (Oxisol) and the complete lack of micro- and macrodrainage infrastructure, acting in conjunction with extreme rainfall during a peak-intensity El Niño year, produced the most severe urban disaster ever recorded in Naviraí. Analysis of the rainfall series spanning 1973–2025 further supported the reclassification of rainfall erosivity in the region to the "Very High" category.

Key-words – Urban gully erosion; Naviraí; Stormwater

1) Escola de Engenharia de São Carlos / Universidade de São Paulo e Departamento de Engenharias e Computação / Universidade Estadual de Santa Cruz, (73) 3680-5544, mcmcabrera@uesc.br

2) Escola de Engenharia / Universidade Federal de Minas Gerais, tgs2026@ufmg.br

3) Escola de Engenharia de São Carlos / Universidade de São Paulo, (16) 33739524, jamil.anache@usp.br

4) Escola de Engenharia de São Carlos / Universidade de São Paulo, (16) 33739541, ew@sc.usp.br

INTRODUÇÃO

Os Latossolos Vermelhos distróficos, apesar de apresentarem boa permeabilidade e elevada estabilidade de agregados em condições naturais, tornam-se altamente susceptíveis à erosão hídrica quando submetidos ao uso agrícola e urbano sem a adoção de práticas conservacionistas. Esses solos, caracterizados por textura argilosa a muito argilosa, horizonte B latossólico profundo e baixa fertilidade natural, têm sua estrutura superficial facilmente degradada pelo impacto direto das gotas de chuva — processo denominado *splash* —, que promove a desagregação das partículas e o selamento superficial, reduzindo a taxa de infiltração e intensificando o escoamento superficial (Bertoni e Lombardi Neto, 1990). Estudos recentes demonstram que a expansão urbana desordenada em municípios brasileiros, especialmente em áreas com baixo investimento em sistemas de drenagem, tem sido sistematicamente associada à formação de grandes voçorocas e à ocorrência de desastres socioambientais recorrentes (Macedo et al., 2021; Silva et al., 2022). Tais evidências reforçam o papel determinante do planejamento territorial e do manejo adequado das águas pluviais urbanas na mitigação dos riscos erosivos em regiões em processo acelerado de urbanização.

Em ambientes urbanos, o processo erosivo é agravado pela combinação entre a supressão da cobertura vegetal, a impermeabilização do solo e a ausência de infraestrutura de drenagem pluvial. A substituição de superfícies permeáveis por vias pavimentadas, telhados e solos compactados sem revestimento aumenta significativamente o volume e a velocidade do escoamento superficial, acelerando a incisão de voçorocas e comprometendo a infraestrutura urbana (Poesen, 2018).

Em um estudo sobre a influência do El Niño no número de dias de chuva no estado do Mato Grosso, Oliveira et al. (2015) ressaltaram que a análise das variações de anomalia de temperatura da superfície do mar (ATSM) no Oceano Pacífico e sua influência sobre o ciclo hidrológico é de fundamental importância para estudos de infraestrutura e drenagem urbana. Os autores também apontaram a escassez de registros pluviométricos com adequada resolução espaço-temporal no estado como um fator limitante para estudos de correlação entre precipitação regional e fenômenos climáticos de escala global. No âmbito do Mato Grosso do Sul, Marcuzzo e Oliveira (2012) constataram que as precipitações máximas diárias são mais intensas durante episódios de El Niño, concluindo que este fenômeno exerce impactos mais expressivos sobre o regime pluviométrico estadual do que o La Niña.

O presente estudo buscou identificar, caracterizar e associar o evento pluviométrico extremo de 2015/2016 ao desastre urbano decorrente da ausência de manejo adequado das águas pluviais em uma área periférica de vulnerabilidade econômica no município de Naviraí, estado do Mato Grosso do Sul.

MATERIAIS E MÉTODOS

O município de Naviraí/MS, cujas coordenadas geográficas são: Latitude 23° 03' 12" S, Longitude 54° 12' 56" O, altitude de 330 metros e segundo os dados do IBGE (2022), possuía uma população de 50457 habitantes em 2022, com densidade demográfica aproximada de 15,8 hab/km² (Figura 1). Peel et al. (2007), classificaram o clima do estado sendo ao norte e oeste o Tropical (Aw); ao sul e sudoeste, Subtropical úmido (Cfa) e a leste com inverno seco e verão quente. (Cwa).

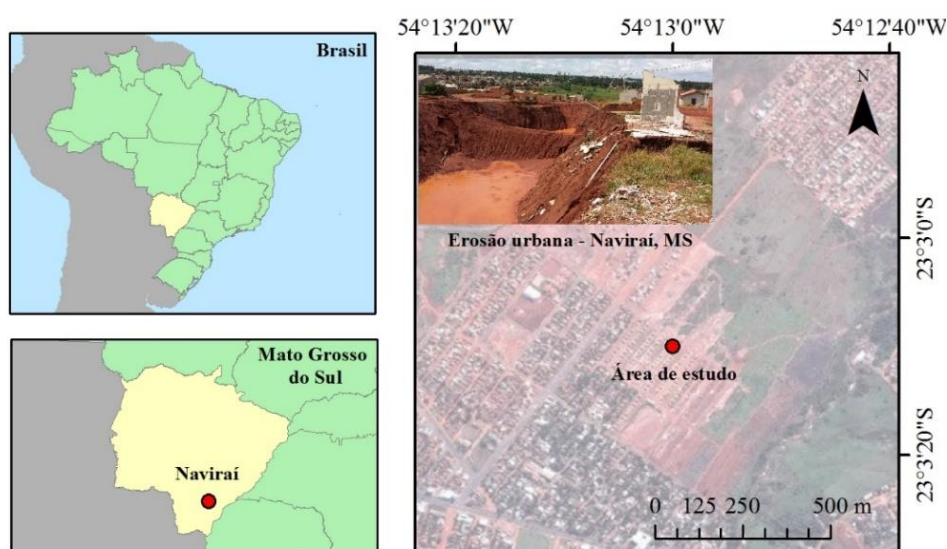


Figura 1 Localização da voçoroca no município de Naviraí-MS

O Índice Oceânico de El Niño (ONI) é, atualmente, o padrão oficial para classificar os eventos de El Niño (fase quente) e La Niña (fase fria) no Pacífico tropical oriental. ONI é calculado como a média móvel de 3 meses da anomalia de temperatura da superfície do mar (ATSM). Os dados do ONI foram obtidos junto ao Centro de Previsão Climática - National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA, 2017), que adota períodos de referência de 30 anos centrados e atualizados a cada 5 anos para o cálculo das anomalias da região Niño 3.4 (5°N–5°S, 120°–170°O). Os critérios para classificar a intensidade dos eventos de El Niño e La Niña são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1 Classificação da magnitude dos eventos de El Niño e La Niña

Evento	Índice Oceânico Niño	Intensidade	Evento	Índice Oceânico Niño	Intensidade
	-0,5 a -0,9	Fraca		0,5 a 0,9	Fraca
La Niña	-1,0 a -1,4	Moderada	El Niño	1,0 a 1,4	Moderada
	≤-1,5	Forte		≥1,5 a 1,9	Forte
				≥2,0	Muito Forte

Os dados foram obtidos da estação pluviométrica 2354000 da Agência Nacional de Águas (ANA). Para a determinação dos anos secos e chuvosos foi adotado o índice de precipitação padronizado (SPI) que é usado para monitoramento das condições de seca e utiliza apenas dados pluviométricos de séries longas (30 anos). Blain e Kayano (2011) destacam que esse índice vem sendo utilizado pelo U.S Drought Monitor nos Estados Unidos e pela ANA no Brasil. O detalhamento desse método pode ser encontrado em McKee et al. (1993). A erosividade das chuvas foi determinada segundo a equação desenvolvida por Oliveira et al. (2012).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A área urbana dos bairros Jardim Paraíso IV e Vila Alta em Naviraí-MS estão inseridas em domínio de Latossolo Vermelho distrófico, solos caracterizados por elevada profundidade, boa drenagem e suscetibilidade à erosão sob condições de manejo inadequado. Na Figura 2 é mostrada a evolução do uso e ocupação da área entre os anos de 2004 e 2025.



Figura 2 Crescimento habitacional do bairro Jardim Paraíso IV e Vila Alta a) imagem da área em 2004 com destaque para a presença da vegetação próxima ao córrego do Touro b) Expansão do bairro com ausência da microdrenagem, supressão da vegetação e início do processo erosivo nas proximidades do córrego (polígono amarelo) c) Indicação das voçorocas urbanas nas atuais avenidas José S. Limeira e Ovídio G. Moraes e local do desabamento das residências (seta em vermelho) após as chuvas de primavera verão 2015/2016 d) Consolidação da ocupação urbana em 2025 com implantação da drenagem urbana e medidas de proteção contra a erosão, curvas de nível (polígono amarelo).

Na Figura 3, pode-se verificar o detalhamento dos processos erosivos em área urbana e a extensão da voçoroca, o comprometimento da rede elétrica e as barragens para conter o avanço do colapso do solo. Ao todo foram 21 famílias desabrigadas, 6 casas derrubadas, 3 casas condenadas e 12 casas em área de risco (Figura 4).



Figura 3 Imagens das voçorocas no Bairro Jardim Paraíso IV e Vila Alta: a) imagem aérea mostrando a cabeceira, taludes laterais e a base b) indicação do comprometimento da rede elétrica devido à expansão das voçorocas c) erosão profunda e progressiva no Latossolo Vermelho distrófico d) criação das bacias de retenção e barragens para conter a progressão da erosão.



Figura 4 Residências impactadas pela erosão urbana. A imagem mostra as casas em risco iminente de desabamento (A) e outra residência já colapsada pela voçoroca (B).

Estima-se que 2016 havia 500 casas situadas na área de influência direta e indireta das voçorocas (entre os logradouros Albino Montemazo; Antonio S. Zucca; Miguel Sottani e Ipuitã)

considerando 3 habitantes por residência, tem-se 1500 pessoas afetadas pelo desastre. Conforme a Figura 5, a média da precipitação na região foi de 1435 mm/ano. A chuva acumulada em 2015 foi de 2226 mm, sendo considerado o ano mais chuvoso dos últimos 53 anos. Consequentemente, o ano de 2015 foi classificado como extremamente úmido, com SPI = 2,10 (Figura 6).

O processo erosivo nos bairros Jardim Paraíso IV e Vila Alta foi intensificado devido ao grande acumulado de chuva, principalmente nos meses de setembro a dezembro de 2015. Nesses meses choveu 82% do valor esperado para o ano. Em 16/12/2015, um reconhecimento municipal, constatando a situação de emergência com notificação de chuvas intensas, foi emitido para o Sistema Integrado de Informação sobre Desastres (S2ID). O Latossolo Vermelho distrófico da área urbana de Naviraí possui uma erodibilidade baixa com fator K da Equação Universal de Perda de Solos sendo igual à 0,0120 (Coelho et al. 2024). Segundo Lima et al. (2023) a erosividade das chuvas para o município de Naviraí foi classificada como Forte (7358 a 9810 MJ mm ha⁻¹ ano⁻¹). Na Figura 7 verifica-se que a erosividade média anual das chuvas fica acima dessa classificação, 10846 MJ mm ha⁻¹ ano⁻¹, sendo classificada como Muito Forte, considerando a série histórica desde 1973 até 2025 e a equação proposta por Oliveira et al (2012).

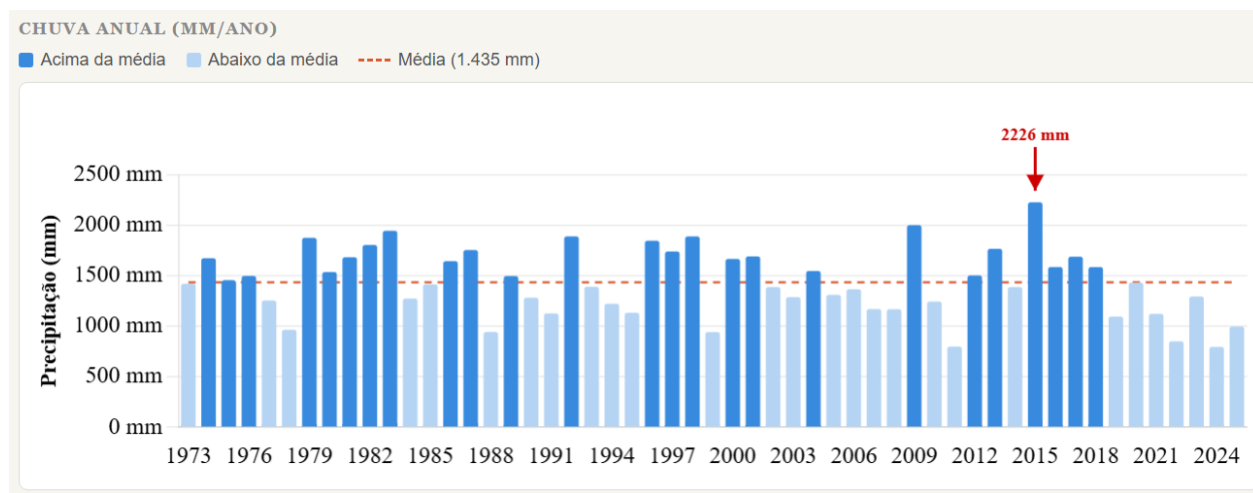


Figura 5 Série pluviométrica observada em Naviraí-MS. As barras em azul claro identificam os anos com valores abaixo da média e em azul escuro os períodos acima da média. Verifica-se que 2015 foi o ano mais chuvoso desde 1973.

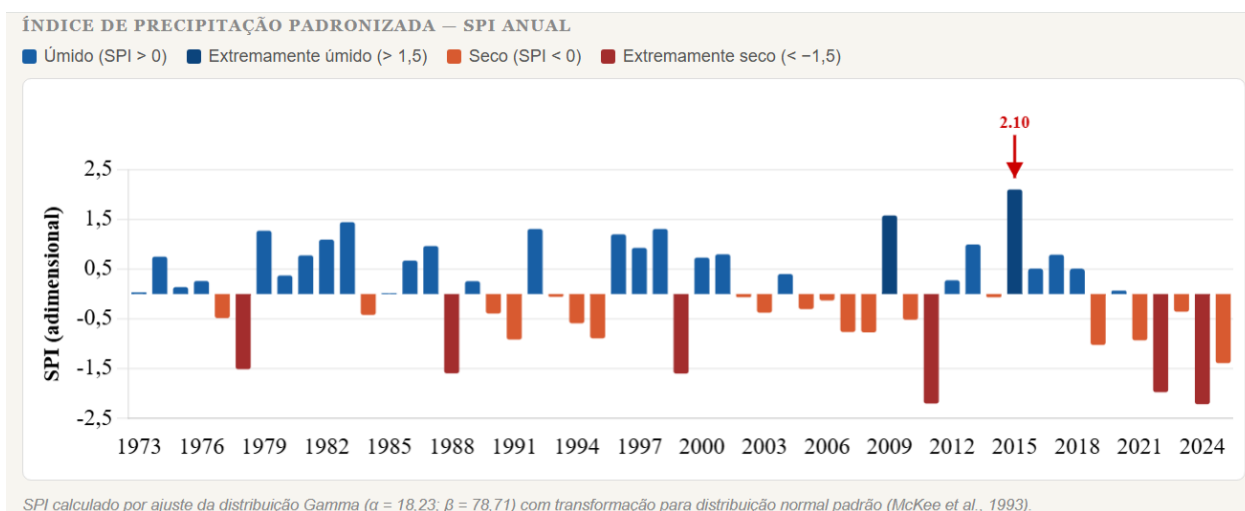


Figura 6 Índice de precipitação padronizada para a área urbana de Naviraí-MS. O ano mais chuvoso e úmido foi 2015.

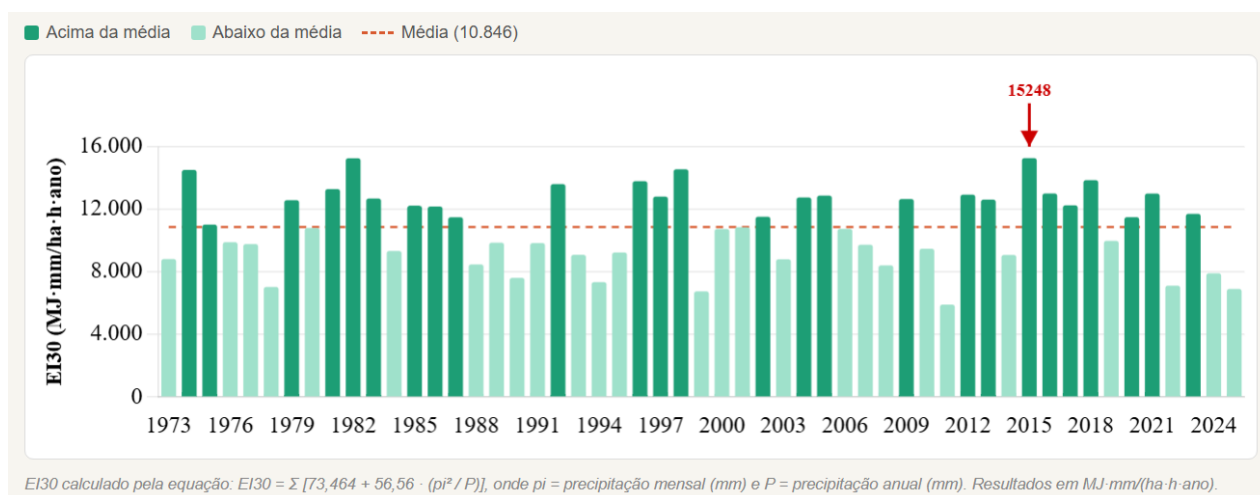


Figura 7: Estimativa da erosividade anual para Naviraí-MS. As barras em verde claro identificam os anos com valores abaixo da média e em verde escuro os períodos acima da média. Verifica-se que o ano de 2015 teve o maior valor de erosividade.

Para identificar o principal mecanismo acionador do maior evento pluviométrico registrado uma análise nas intensidades dos eventos de El Niño e La Niña foi executada. Verifica-se que desde 1973 foram observados 4 episódios de El Niño com máxima intensidade $ONI \geq 2,0$ (1982-83; 1991-92; 1997-98 e 2015-16) em todos esses eventos a precipitação observada em Naviraí foi superior à média, sendo 1944 mm (1983); 1889 mm (1992); 1888 mm (1998) e 2226 mm (2015). Todos esses períodos foram classificados com $SPI \geq 1,30$ classificados como moderadamente úmido até muito úmido. Para 2015, o SPI foi de 2,10 sendo o maior valor já observado desde 1973. Em novembro de 2015 foi registrado a maior anomalia positiva de temperatura no quadrante 3.4 do pacífico tropical oriental, 2,77°C. Após o desastre, as principais intervenções voltadas à melhoria do manejo das águas pluviais urbanas incluíram a implantação de sistemas de microdrenagem — com guias e sarjetas —,

a instalação de bocas de lobo combinadas com depressão, a pavimentação asfáltica e a construção de galerias, condutos e poços de visita. Na porção mais baixa do terreno, próxima à macrodrenagem associada ao córrego do Touro, observa-se a presença de bacias de infiltração, bem como diversos conjuntos compostos por três bocas de lobo interligadas.

CONCLUSÕES

O maior desastre envolvendo águas urbanas no município de Naviraí-MS ocorreu no ano mais chuvoso da série pluviométrica e com o mais intenso El Niño registrado desde 1950. O surgimento das voçorocas urbanas foi causado pela conjunção simultânea de três fatores: ausência de prática conservacionista em Latossolo Vermelho distrófico; evento pluviométrico extremo na primavera-verão de 2015/2016 e expansão do conjunto habitacional sem estruturas de micro e macrodrenagem. A atuação desses fatores em conjunto com o ano mais chuvoso (2015) desde 1973 levou a 21 famílias desabrigadas, 6 casas derrubadas, 3 casas condenadas e 12 casas em área de risco, afetando 3% da população urbana. Considerando a série histórica de 53 anos, verificou-se que a erosividade das chuvas para a região foi reclassificada como Muito Forte e que todos anos com episódios de El Niño de máxima intensidade ($ONI > 2,0$) apresentaram chuva acima da média e foram considerados como períodos extremamente úmidos

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. (1990). Conservação do Solo. Ícone Editora, São Paulo – SP, 355 p.

BLAIN, G. C.; KAYANO, M. T. (2010). "118 anos de dados mensais do Índice Padronizado de Precipitação: série meteorológica de Campinas, Estado de São Paulo". Revista Brasileira de Meteorologia, Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) / Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Campinas – SP.

COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; AMARAL, A. J. do; VASQUES, G. M.; BACA, J. F. M.; DART, R. de O.; PEDREIRA, J. P. das N. C. (2024). Erodibilidade dos Solos do Brasil. Embrapa Solos, Rio de Janeiro – RJ. (Documentos, 246). 38 p.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. (2022). Censo Demográfico 2022. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>>. Acesso em: 22 abr. 2026.

LIMA, E. de P.; XAVIER, J. P. de S.; BARROS, A. H. C.; SILVA, B. B. da. (2023). Erosividade da Chuva do Brasil. Embrapa Solos, Rio de Janeiro – RJ. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 286). 37 p.

MACEDO, L. T. S.; MORAES JÚNIOR, J. L. D. S.; LIMA SANTOS, A. D.; SILVA FARIAS FILHO, M. (2021). "Mapeamento de voçorocas e do risco de erosão em área urbana no oeste do estado do Maranhão". Revista GeoUECE, v. 8, n. 14, pp. 298–313.

MARCUZZO, F. F. N.; OLIVEIRA, N. de L. (2012). "Impacto do El Niño e La Niña na precipitação máxima diária do estado do Mato Grosso do Sul". Acta Geografica, v. 6, pp. 193–206. Disponível em: <<http://revista.ufrr.br/index.php/actageo/article/view/630/913>>. Acesso em: 24 abr. 2026.

MCKEE, T. B.; DOESKEN, N. J.; KLEIST, J. (1993). "The relationship of drought frequency and duration to time scales", in Anais do 8th Conference on Applied Climatology, Boston, jan. 1993, American Meteorological Society, Boston: PREPRINTS, pp. 179–184.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION (NOAA). (2017). Climate Prediction Center: Description of Changes to the Oceanic Niño Index (ONI). NOAA/National Weather Service/Climate Prediction Center, College Park – Maryland. Disponível em: <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_change.shtml>. Acesso em: 22 abr. 2026.

OLIVEIRA, N. de L.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, G. R. (2015). "Influência do El Niño e La Niña no número de dias de precipitação pluviométrica no Estado do Mato Grosso". Ciência e Natura, Santa Maria, v. 37, n. 4, pp. 284–297. Disponível em: <<http://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/12717/pdf>>. Acesso em: 24 abr. 2026.

OLIVEIRA, P. T. S.; RODRIGUES, D. B. B.; SOBRINHO, T. A.; CARVALHO, D. F.; PANACHUKI, E. (2012). "Spatial variability of the rainfall erosive potential in the state of Mato Grosso do Sul, Brazil". Engenharia Agrícola, v. 32, n. 1, pp. 69–79.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. (2007). "Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification". *Hydrology and Earth System Sciences*, v. 11, pp. 1633–1644. Disponível em: <<http://www.hydrol-earth-syst-sci.net/11/1633/2007/hess-11-1633-2007.html>>. Acesso em: 20 abr. 2026.

POESEN, J. (2018). "Soil erosion in the Anthropocene: Research needs". *Earth Surface Processes and Landforms*, v. 43, n. 1, pp. 64–84.

SILVA, R. B.; et al. (2022). "Erosão hídrica e antropogênica na formação de voçorocas em área urbana de Teófilo Otoni — MG". *Research, Society and Development*, v. 11, n. 9, e49711932312. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i9.32312>.