



ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO USO E COBERTURA DO SOLO NA RESPOSTA HIDROLÓGICA DE MICROBACIAS URBANAS

Ana Laura de Castro ¹
Gabriel Soares da Silva ²
Germano de Oliveira Mattosinho ³

RESUMO

Este trabalho, ainda em fase inicial, apresenta uma proposta metodológica para o estudo da influência do uso e cobertura do solo na resposta hidrológica da microbacia do Córrego do Virgílio, em Capitólio-MG, por meio de um diagnóstico técnico-espacial que visa analisar os impactos da urbanização sobre a dinâmica hidrológica local. A região é marcada por expressivo aporte turístico e intervenções antrópicas históricas, tal como o Dique de Furnas, as quais geraram mudanças topográficas locais e influenciam na recorrência de alagamentos que comprometem a logística e a segurança urbana como evidenciado pelo noticiário local em janeiro de 2023. A metodologia fundamenta-se na integração de parâmetros morfométricos e hidrológicos processados em ambiente de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), utilizando o *software* QGIS e dados do IDE-Sisema, focando no uso de dados secundários fornecidos por banco de dados públicos. O estudo prevê o uso do método *Soil Conservation Service* (SCS) para estimativa de escoamento superficial e do algoritmo *Height Above the Nearest Drainage* (HAND) para o mapeamento da suscetibilidade a inundações. Como resultados esperados, pretende-se elaborar uma carta de suscetibilidade para a identificação de gargalos hidráulicos e zonas críticas de saturação do solo, fornecendo subsídios técnicos para a revisão de instrumentos de planejamento territorial, como o Plano Diretor e o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB). Esta abordagem reforça, portanto, a urgência de estratégias de manejo de águas pluviais voltadas à ampliação da resiliência urbana frente a eventos hidrológicos extremos

Palavras-chave: Escoamento Superficial; Geoprocessamento; Método SCS; Algoritmo HAND.

¹ Graduanda do Curso de Engenharia Civil do IFMG - Campus Piumhi, anauradecastroifmg@gmail.com;

² Mestre em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental pelo IFMG, aplicagis@outlook.com.

³ Professor orientador: doutor, IFMG - Campus Piumhi, germano.mattosinho@ifmg.edu.br.

INTRODUÇÃO

O crescimento demográfico acelerado e a ocupação histórica das bacias hidrográficas ocorreram sob uma lógica de baixo custo e máximo benefício imediato, negligenciando a preservação ambiental e expondo a sociedade a riscos de inundação. Esse cenário de planejamento deficiente é agravado por modificações antrópicas nos cursos d'água como a canalização e o assoreamento, que aceleram fenômenos de cheia originalmente lentos em áreas de fundo de vale.

Tais intervenções desencadeiam impactos críticos, pois a impermeabilização do solo não apenas amplia o volume do escoamento superficial e a vazão máxima, mas também favorece a criação de ilhas de calor que podem intensificar o regime pluviométrico local. Além disso, a supressão da vegetação ciliar e o aumento da velocidade do fluxo hídrico potencializam a erosão das margens, processo frequentemente agravado pelo aporte de sedimentos da construção civil e resíduos sólidos que obstruem a rede de drenagem (Tucci, 2001; Distrito Federal, 2023).

A expansão desenfreada das grandes metrópoles é apontada como um dos principais vetores de degradação ambiental no mundo. Esse processo de urbanização desordenada compromete a dinâmica hídrica natural, resultando em problemas críticos de infraestrutura e segurança, como a alta recorrência de alagamentos observada em centros urbanos densamente povoados (Hogan *et al.*, 2000).

Municípios de pequeno porte não estão imunes a ocupações irregulares, as quais são intensificadas pela carência de infraestrutura. Estudos mostram que, mesmo em municípios de até 50 mil habitantes, a ausência de planejamento urbano e de sistemas de drenagem adequados tem gerado alterações significativas na resposta hidrológica de microbacias urbanas (Costa, 2019).

No contexto hidrológico do município de Capitólio - MG, a construção de um dique para proteger a área urbana da inundação que haveria devido a criação do reservatório de Furnas resultou na transposição artificial do Rio Piumhi para a bacia do Rio São Francisco, alterando a rede de drenagem local e sobrecarregando o exutório da microbacia em estudo devido ao aporte de sedimentos (Moreira Filho, 2017).

Essa fragilidade estrutural foi evidenciada em janeiro de 2023 (Figura 1), quando precipitações intensas superaram a capacidade de escoamento da calha do Rio Piumhi. Naquele período, o transbordamento do canal gerou alagamentos persistentes que interditaram acessos viários para veículos leves e comprometeram a logística da área urbana por cerca de duas semanas (G1 Centro-Oeste, 2023).

Figura 1 - Alagamento em ruas de Capitólio após transbordamento do Rio Piumhi.



Fontes: G1 Centro-Oeste, 2023

A problemática de caráter global referente aos impactos da urbanização sobre a dinâmica hídrica manifesta-se de maneira concreta na escala local da área urbana de Capitólio. Apesar da recorrência de alagamentos no município, observa-se uma lacuna de estudos sistematizados sobre a microbacia do Córrego do Virgílio que integrem análise morfométrica, modelagem hidrológica e avaliação espacial de suscetibilidade. A ausência de diagnósticos técnicos baseados em geoprocessamento dificulta o planejamento urbano e a gestão do sistema de drenagem.

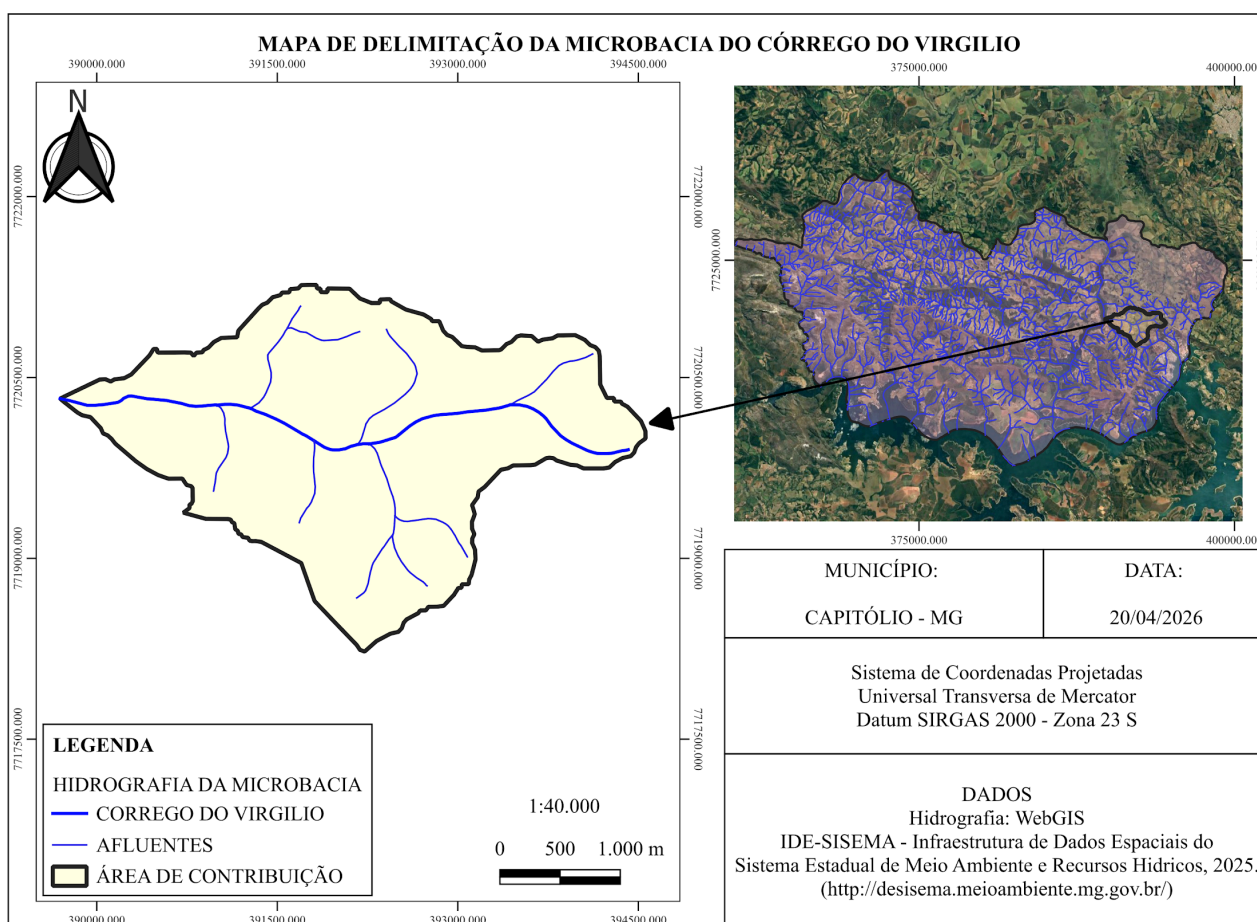
Neste contexto, este trabalho apresenta uma proposta estruturada para o estudo da influência do uso e ocupação do solo na resposta hidrológica da microbacia do Córrego do Virgílio. O intuito é modelar e correlacionar espacialmente essas variáveis com a dinâmica do escoamento superficial, fornecendo subsídios técnicos que auxiliem na futura revisão de instrumentos de planejamento urbano, como o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB), e aumentem a resiliência municipal frente a eventos hidrológicos extremos

Para tal, será empregado o modelo *Height Above the Nearest Drainage* (HAND), derivado de Modelos Digitais de Elevação (MDE), visando identificar a topografia relativa e os pontos críticos de inundação. Espera-se, assim, produzir uma análise detalhada do comportamento hidrológico da bacia por meio da integração de dados técnicos e modelos de análise espacial, a fim de subsidiar a gestão municipal com ferramentas de suporte ao planejamento urbano voltadas a mitigar os efeitos oriundos de chuvas atípicas.

ÁREA DE ESTUDO

O município de Capitólio, caracterizado por turismo ambiental, possui uma densa rede hídrica que foi integrada ao reservatório da usina hidrelétrica de Furnas. Esse represamento do Rio Grande uniu os rios da região e alagou a área dos cânions, o que acabou impulsionando o turismo regional, contudo, a construção do dique de Furnas interceptou o fluxo naturalizado regional, desviando o Córrego do Virgílio de sua vertente original na bacia do Rio Grande (bacia do Rio Paraná) para descarregar artificialmente no Rio Piumhi, integrando-o à bacia do Alto São Francisco (unidade de planejamento SF1). O município possui extensão territorial de 521,802 km² e população de 10.380 habitantes, registrando um incremento demográfico de 26,85% no período intercensitário 2010-2022 (IBGE, 2024). A unidade de análise desta pesquisa compreende a microbacia do Córrego do Virgílio (Figura 2), com área aproximada de 7,25 km².

Figura 2 - Mapa de delimitação da microbacia



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

O exutório do referido curso d'água situa-se no Rio Piumhi que, embora pertença naturalmente à bacia do Rio Grande, opera sob regime de transposição artificial para a bacia do Rio São Francisco em decorrência da construção do dique de Furnas (Moreira Filho, 2017). Tal

intervenção alterou a dinâmica hidrológica na foz original, resultando em gargalos hidráulicos e em um acentuado processo de assoreamento.

A instabilidade do regime hidrológico na unidade de análise é corroborada por uma série histórica de desastres que evidencia uma vulnerabilidade crônica. Segundo dados do Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres, o município de Capitólio registrou, no intervalo entre 2007 e 2011, quatro episódios de enxurrada, uma inundação e um movimento de massa (Ceped UFSC, 2024).

Essa dinâmica de riscos consolidou-se na década subsequente, com registros de cheias severas em novembro de 2018 e alagamentos críticos em janeiro de 2023. Tais eventos foram tecnicamente atribuídos à deficiência na manutenção do canal do Rio Piumhi e à insuficiência do sistema de drenagem frente aos extravasamentos recorrentes na malha urbana (G1 Centro-Oeste, 2018, 2023).

O agravamento do quadro hidrometeorológico culminou na promulgação do Decreto de Emergência nº 32/2024, após tempestades convectivas, em fevereiro de 2024, deflagrarem processos de inundação e fluxos de massa. Estes episódios resultaram no colapso de estruturas viárias e sistemas de manilhamento, evidenciando o desajuste entre a capacidade da infraestrutura existente e a magnitude dos eventos recentes (Capitólio, 2024).

Nesse contexto, a seleção desta microbacia justifica-se pelo acentuado contraste entre a urbanização consolidada a jusante e a expansão antrópica nas cabeceiras. Tais fatores, integrados à crescente impermeabilização do solo e às alterações impostas pela transposição artificial, potencializam os riscos de desastres e tornam imperativa a proposição de modelos de análise baseados na topografia relativa para a futura compreensão da dinâmica hídrica local.

MATERIAIS E MÉTODOS

A análise quantitativa da microbacia do Córrego do Virgílio fundamenta-se na sistematização de parâmetros morfométricos e hidrológicos, processados em ambiente de Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Os procedimentos técnicos que serão adotados baseiam-se em referenciais teóricos consolidados, como Christofolletti (1980), Garcez e Alvarez (1988), Barbosa Junior (2022), além das diretrizes técnicas do DNIT (2022).

Inicialmente, para a individualização da bacia e identificação de seus divisores topográficos, utiliza-se o *software* QGIS para o processamento de Modelos Digitais de Elevação (MDE). Os dados vetoriais necessários são obtidos por meio do Geovisualizador da Infraestrutura de Dados Espaciais (IDE-Sisema), compreendendo a malha municipal de Capitólio (MG) e a base de bacias

ottocodificadas da Agência Nacional de Águas em parceria com o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (ANA/IGAM).

Ressalta-se que, embora a plataforma SIGA do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (CBHSF) tenha sido consultada, seus dados não foram integrados à análise em virtude de inconsistências identificadas frente à realidade geoespacial da área de estudo. A partir desse recorte espacial, procede-se à delimitação específica da microbacia (Figura 2), a qual servirá como unidade de base para a futura geração de produtos cartográficos.

A caracterização da infraestrutura de drenagem é realizada mediante a análise de projetos técnicos da Prefeitura Municipal ou, em caso de indisponibilidade documental, por medições *in loco* das seções transversais e extensões dos canais, validando-se em campo a área de contribuição e os gargalos hidráulicos do sistema.

No âmbito da modelagem, a caracterização morfométrica compreende a determinação da distância axial, área e perímetro, variáveis que subsidiarão a obtenção de parâmetros como o Fator de Forma (Ff), o Coeficiente de Compacidade (Kc) e a Densidade de Drenagem (Dd). O embasamento estatístico para o cálculo das precipitações intensas baseia-se no uso do *software* GAM-IDF (UFPEL, 2026), ferramenta que incorpora distribuições multiparâmetros como GEV, Kappa e Wakeby para o ajuste das equações de Intensidade-Duração-Frequência (IDF) e geração de hietogramas de projeto.

Para a estimativa da resposta hidrológica, emprega-se o método do *Soil Conservation Service* (SCS), cuja aplicação em pequenas bacias urbanas fundamenta-se em modelos do tipo chuva-vazão (Canholi; Silva; Furtado, 2022). Nessa metodologia, a conversão da precipitação em excedente de escoamento é determinada pelo parâmetro *Curve Number* (CN), índice que oscila entre 0 e 100 e sintetiza a capacidade de infiltração a partir da integração do uso do solo, grupo hidrológico e umidade antecedente.

A variação desse parâmetro, em conformidade com Tucci (2001), permite simular vazões de pico em distintos cenários de urbanização. O tempo de concentração (t_c) é estimado via equações empíricas adequadas à fisiografia da bacia, permitindo que as vazões críticas para períodos de retorno (TR) de 2, 5, 10 e 25 anos sejam confrontadas com a capacidade hidráulica das canalizações existentes.

Por fim, o diagnóstico de vulnerabilidade espacial é consolidado pela aplicação do algoritmo *Height Above Nearest Drainage* (HAND) integrado ao SIG, o qual mapeia zonas suscetíveis a inundação a partir da distância vertical do terreno em relação à rede de drenagem, fornecendo uma análise fundamentada na topografia relativa e no potencial de saturação do solo.

A execução da pesquisa segue um rito sistemático dividido em seis etapas principais (Figura 3), que abrangem desde a coleta de dados primários e secundários até a espacialização do diagnóstico final, conforme detalhado.

Figura 3 - Fluxograma das etapas metodológicas da pesquisa.



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O modelo conceitual proposto delineia os mecanismos essenciais para a execução do projeto, estabelecendo as bases para a estruturação de um diagnóstico técnico-espacial robusto da microbacia do Córrego do Virgílio. A partir da integração de parâmetros fisiográficos e morfométricos a serem obtidos via caracterização geométrica, buscar-se-á fundamentar a análise da dinâmica hidrológica em Capitólio (MG).

Tal abordagem preverá o comportamento da bacia e sua susceptibilidade a alagamentos, complementada pela análise de mapas altimétricos e pedológicos. Esses elementos geoespaciais viabilizarão a modelagem hidrológica e simulações de vazões de pico em múltiplos cenários, permitindo distinguir respostas hídricas em zonas preservadas das observadas em áreas de expansão urbana e novos loteamentos.

O estudo delimitará espacialmente os gargalos hidráulicos na infraestrutura de drenagem e canalização, caracterizando insuficiências hidráulicas dimensionais decorrentes da expansão urbana antrópica. O artefato cartográfico primordial consistirá na carta de suscetibilidade a inundações, elaborada pelo modelo HAND (*Height Above the Nearest Drainage*) e submetida à validação estatística via correlação com registros hidrometeorológicos históricos, notadamente o evento extremo de janeiro de 2023.

Ademais, a análise da área de contribuição da macrodrenagem — que descarrega diretamente no córrego — conferirá aplicabilidade prática ao estudo. Os produtos cartográficos resultantes atuarão como ferramentas para políticas públicas de manejo de águas pluviais, beneficiando diretamente a população de Capitólio (MG) e embasando o planejamento territorial e a preservação de mananciais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As problemáticas delineadas originam-se de intervenções antrópicas intensivas, catalisadas por processos de urbanização desordenada, que exacerbam dinâmicas hidrossedimentológicas adversas e comprometem a resiliência hidrológica da microbacia do Córrego do Virgílio.

Este estudo preliminar, em sua fase inicial de concepção e diagnóstico técnico-espacial, visa subsidiar investigações derivadas em curso, demonstrando a viabilidade de alternativas multifacetadas: desde medidas mitigadoras de curto prazo — como otimização de infraestrutura de macrodrenagem e restauração de áreas ripárias — até intervenções definitivas de engenharia, incluindo modelagens numéricas avançadas (e.g., HEC-RAS ou SWMM) para simulação de cenários extremos.

Embora o cenário atual reflita legados históricos de ocupação territorial inadequada, urge uma mobilização sinérgica entre sociedade civil, academia e poder público. Essa articulação fomentará políticas de ordenamento territorial baseadas em evidências, promovendo a convergência entre bem-estar social, elevação da qualidade de vida e conservação ambiental estratégica.

Etapas subsequentes englobarão validações empíricas ampliadas, calibração de modelos preditivos e proposição de planos de ação integrados, consolidando contribuições para a gestão sustentável de bacias hidrográficas em contextos urbanos em expansão.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais *Campus Piumhi*.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA JÚNIOR, Antenor Rodrigues. **Elementos de hidrologia aplicada**. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2022. E-book. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 9 mar. 2026.
- BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Módulo 3: Bacias Hidrográficas**. In: ROCHA, Eider Gomes de Azevedo. **Conceitos básicos de hidrologia e drenagem para projetos rodoviários**. Brasília, DF: DNIT: IPR, 2022.
- CANHOLI, Julio Fracarolli; SILVA, Natália da; FURTADO, Ana Paula Fernandes Viana. Comparação de valores do parâmetro Curve Number (CN) obtidos a partir de dados de precipitação observada e metodologia indireta no município de Belo Horizonte - MG. In: ENCONTRO NACIONAL DE ÁGUAS URBANAS, 14.; SIMPÓSIO DE REVITALIZAÇÃO DE RIOS URBANOS, 4., 2022, Brasília. **Anais [...]**. Porto Alegre: ABRHidro, 2022.
- CAPITÓLIO (MG). **Decreto nº 32, de 22 de fevereiro de 2024**. Declara situação de emergência na área rural do Município de Capitólio - MG, que especifica, em razão das áreas afetadas por tempestade local/convectiva COBRADE 1.3.2.1.4 - chuvas intensas. Capitólio: Prefeitura Municipal, 2024. Disponível em: https://www.capitolio.mg.gov.br/publicos/decreto_de_emergencia_23105154.pdf. Acesso em: 22 abr. 2026.
- CEPED UFSC. **Atlas brasileiro de desastres naturais: 1991 a 2022: volume Minas Gerais**. Florianópolis: CEPED UFSC, 2024. Disponível em: https://www.ceped.ufsc.br/wp-content/uploads/2024/08/MINASGERAIS_mioloWEB.pdf. Acesso em: 22 abr. 2026.
- CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 1980. E-book. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 24 fev. 2026.
- COSTA, Húrbio Rodrigues de Oliveira. **O risco ambiental em uma cidade pequena: análise da morfodinâmica atual e sua relação com as áreas de risco à enchentes, inundações e alagamentos na cidade de Capinópolis/MG**. 2019. 161 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019. DOI <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2019.662>
- DISTRITO FEDERAL. Adasa. **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas do Distrito Federal**. Brasília: Adasa, 2023. Disponível em: <https://www.adasa.df.gov.br>. Acesso em: 19 jan. 2026.
- GARCEZ, Lucas Nogueira; ALVAREZ, Guillermo Acosta. **Hidrologia**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 1988.
- G1 CENTRO-OESTE. **Após quase 20 dias, Capitólio segue com ruas alagadas após Rio Piumhi transbordar; veja vídeo**. G1, 26 jan. 2023. Disponível em: <https://g1.globo.com>. Acesso em: 2 abr. 2026.
- G1 CENTRO-OESTE. **Forte chuva causa deslizamento de terra e inundação em Capitólio**. G1, 24 nov. 2018. Disponível em:



<https://g1.globo.com/mg/centro-oeste/noticia/2018/11/24/forte-chuva-cause-deslizamento-de-terra-e-inundacao-em-capitolio.ghtml>. Acesso em: 22 abr. 2026.

HOGAN, Daniel Joseph *et al.* Urbanização e vulnerabilidade sócio-ambiental: o caso de Campinas. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS, 12., 2000, Caxambu. **Anais** [...]. Campinas: ABEP, 2000.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Capitório**: panorama. Rio de Janeiro: IBGE, 2024. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 11 mar. 2026.

MOREIRA FILHO, Orlando. **Uma transposição de rio esquecida**. Revista UFG, Goiânia, v. 8, n. 2, 2017. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/revistaufg>. Acesso em: 11 mar. 2026.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli (org.). **Hidrologia**: ciência e aplicação. 2. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2001.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS. **GAM-IDF**: software para a obtenção de equações de intensidade-duração-frequência. Pelotas: UFPel, 2026. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br>. Acesso em: 8 abr. 2026.