DINÂMICA DA DRENAGEM E RUGOSIDADE DO RELEVO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIACHO URUÇU, ALAGOASS

Kallyne Teixeira [1]
Rayanne Hortêncio Da Silva [2]
Jardel Estevam Barbosa dos Santos [3]
Laís Susana de Souza Gois [4]

RESUMO

A caracterização morfométrica de bacias hidrográficas constitui importante ferramenta para compreensão da dinâmica geomorfológica e hidrológica da paisagem, permitindo interpretar a organização da drenagem, o comportamento do relevo e os processos erosivos atuantes. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo realizar a caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Riacho Uruçu (BHRU), localizada no semiárido alagoano, por meio da aplicação de parâmetros relacionados à rede hidrográfica e à rugosidade do relevo. A metodologia foi desenvolvida em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), utilizando Modelo Digital de Elevação (MDE) com resolução espacial de 30 metros. Foram aplicados os parâmetros de hierarquização fluvial, densidade de rios, densidade de drenagem, sinuosidade do canal principal e Índice de Concentração de Rugosidade (ICR), com base nas propostas metodológicas de Strahler, Horton, Schumm e Sampaio e Augustin. Os resultados evidenciaram que a BHRU apresenta padrão de drenagem dendrítico, baixa densidade hidrográfica e predominância de canais efêmeros, refletindo a influência das condições climáticas semiáridas e das características litológicas regionais. A análise da sinuosidade demonstrou predominância de trechos retilíneos a regulares, enquanto o ICR permitiu identificar áreas de maior dissecação do relevo associadas aos setores mais rugosos da bacia. Dessa forma, os parâmetros aplicados mostraram-se eficientes para interpretação da dinâmica geomorfológica e fluvial da área de estudo.

INTRODUÇÃO

As bacias hidrográficas constituem importantes unidades de análise ambiental, permitindo compreender a interação entre os elementos físicos da paisagem e a dinâmica dos processos geomorfológicos e hidrológicos. Nesse contexto, a aplicação de parâmetros morfométricos destaca-se como ferramenta relevante para interpretação da organização da drenagem, do comportamento do relevo e da dinâmica fluvial (Christofoletti, 1980).

[1] Doutorando do Curso de Geografia da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, kallyne.santos@igdema.ufal.br;
[2] Graduada pelo Curso de Geografia da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, rayane.silva@igdema.ufal.br;
[3] Doutorando do Curso de Geografia da Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, J214165@dac.unicamp.br;
[4] Professora pelo Curso de Geografia da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, lais.gois@igdema.ufal.br;

Os estudos morfométricos ganharam maior sistematização a partir das contribuições de Horton (1945) e Strahler (1952), responsáveis pela proposição de métodos quantitativos voltados à análise da rede hidrográfica e da hierarquização fluvial. Segundo Christofoletti (1979), a densidade de canais representa uma das principais variáveis da análise morfométrica, possibilitando compreender o grau de dissecação do relevo e as influências climáticas e geomorfológicas sobre a evolução da drenagem. Em ambientes semiáridos, por exemplo, a redução da cobertura vegetal favorece o aumento do escoamento superficial e o desenvolvimento de novos canais fluviais.

Além da análise da rede hidrográfica, outros índices passaram a contribuir para a interpretação da dinâmica superficial, como a sinuosidade dos canais fluviais proposta por Schumm (1963) e o Índice de Concentração de Rugosidade (ICR), desenvolvido por Sampaio e Augustin (2014). Conforme Flores e Oliveira (2016), a integração dessas técnicas amplia as possibilidades de análise da dinâmica fluvial e da compartimentação geomorfológica em bacias hidrográficas.

No semiárido nordestino, esses estudos tornam-se relevantes em razão das particularidades climáticas e geomorfológicas da região, marcadas pela irregularidade pluviométrica, predominância de canais efêmeros e forte condicionamento litológico da drenagem. Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo analisar a relação entre a dinâmica fluvial e a rugosidade do relevo na bacia hidrográfica do riacho Uruçu, Alagoas, por meio da aplicação da hierarquização fluvial, densidade de rios, densidade de drenagem, sinuosidade do canal principal e Índice de Concentração de Rugosidade (ICR), buscando compreender a influência da compartimentação geomorfológica e da rugosidade do relevo sobre a organização da drenagem e o comportamento fluvial da área de estudo.

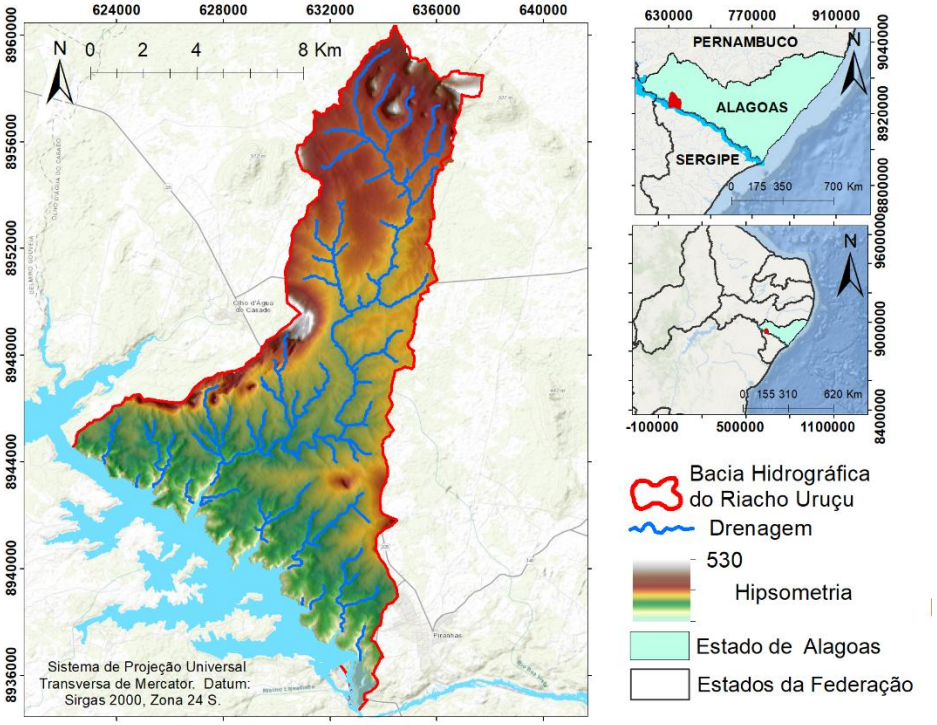
METODOLOGIA

Cracterização da Área de Estudo

A Bacia Hidrográfica do Riacho Uruçu (figura 1) localiza-se no estado de Alagoas, abrangendo os municípios de Olho D'Água do Casado e Piranhas, inserida na região do Baixo São Francisco e na Unidade de Conservação do Monumento Natural do Rio São Francisco (MONA). A área encontra-se sob domínio climático semiárido quente

(BSh), conforme a classificação de Köppen, apresentando precipitações médias anuais entre 500 e 600 mm (Lima, 1992). Essas condições climáticas influenciam diretamente os processos erosivos, a dissecação do relevo e o desenvolvimento da drenagem.

Figura 1 - Localização da Bacia Hidrográfica do Riacho Uruçu em Alagoas, Brasil



Fonte: Os autores.

Geologicamente, predominam litologias ígneas e metamórficas, representadas principalmente por leucogranitos, quartzo monzonitos, biotita granito, ortognaisses e migmatitos, além de ocorrências sedimentares associadas à Formação Tacaratu (SGB, 2015). Essa diversidade litológica condiciona diferentes níveis de resistência ao intemperismo e à erosão, influenciando a organização da rede hidrográfica e a rugosidade do relevo.

Do ponto de vista geomorfológico, a bacia insere-se na Depressão Sertaneja, apresentando predomínio de pedimentos e relevos residuais, com destaque para a ocorrência de inselbergs desenvolvidos sobre litologias cristalinas e setores sedimentares associados à Formação Tacaratu (Santos, 2024; Teixeira *et al.,* 2025). Nos setores mais dissecados, observam-se vales encaixados e forte entalhamento fluvial em direção ao rio

São Francisco, evidenciando a influência da compartimentação geomorfológica sobre a dinâmica da drenagem. Além disso, predominam solos rasos e pouco desenvolvidos, como Neossolos Litólicos, Regolíticos e Quartzarênicos, além de Planossolos Háplicos (Embrapa, 2012).

Procedimentos Metodológicos

A delimitação da Bacia Hidrográfica do Riacho Uruçu (BHRU) foi realizada em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), utilizando Modelo Digital de Elevação (MDE) com resolução espacial de 30 metros, disponibilizado pela European Space Agency (ESA). Inicialmente, os dados altimétricos passaram por etapas de tratamento de preenchimento de *pixels*, visando à correção de inconsistências do dado e à adequação do fluxo superficial. Posteriormente, foram aplicadas as ferramentas *Flow Direction* e *Flow Accumulation*, possibilitando a definição automática da rede de drenagem e da área de contribuição da bacia hidrográfica.

A partir desses procedimentos, delimitou-se o canal principal e extraiu-se a rede hidrográfica da área de estudo, adotando-se condicional de 500 para definição da drenagem. Após a obtenção da rede hidrográfica, os parâmetros morfométricos foram calculados com base nos procedimentos metodológicos compilados por Christofoletti (1988), utilizando as propostas de Strahler (1952), Horton (1945), Schumm (1963) e Sampaio e Augustin (2014), aplicadas, respectivamente, à hierarquia fluvial (Hf), densidade de drenagem (Dd), densidade de rios (Dr), sinuosidade (P) e Índice de Concentração de Rugosidade (ICR). Os produtos cartográficos foram elaborados em ambiente SIG e, posteriormente, os resultados foram organizados e processados em planilhas eletrônicas no software Excel.

A caracterização morfométrica da BHRU foi desenvolvida a partir da análise da rede de drenagem e da geometria da bacia hidrográfica. Inicialmente, realizou-se a hierarquização fluvial segundo a proposta de Strahler (1952), na qual os canais sem tributários correspondem à primeira ordem, enquanto a confluência entre dois canais de mesma ordem origina um canal de ordem imediatamente superior.

Em seguida, efetuou-se a análise areal por meio da Densidade de Rios (Dr) e da Densidade de Drenagem (Dd), ambos parâmetros propostos por Horton (1945), conforme

demonstrado nas Equações 1 e 2, respectivamente. A Dr corresponde à relação entre o número total de canais (N), baseado no ordenamento de Strahler, e a área da bacia hidrográfica (A), permitindo avaliar o grau de dissecação do relevo e o potencial de escoamento superficial. Já a Dd expressa a relação entre o comprimento total dos canais de drenagem (L) e a área da bacia hidrográfica (A).

Equação 1: $Dr = \frac{N}{A}$ Equação 2: $\mathrm{Dd}\frac{\mathrm{L}}{\mathrm{A}}$

Além disso, realizou-se a análise linear da rede hidrográfica a partir do índice de Sinuosidade (P) do canal principal, conforme a metodologia proposta por Schumm (1963), apresentada na Equação 3. O índice é calculado pela razão entre o comprimento real do canal (Lc) e o comprimento do vale em linha reta (Lv). Para tanto, o canal principal da BHRU foi segmentado em intervalos de 2 km, possibilitando a identificação das variações espaciais da sinuosidade ao longo do perfil longitudinal do riacho.

Equação 3: $P = \frac{Lc}{Lv}$

Complementarmente, o MDE possibilitou a aplicação do Índice de Concentração de Rugosidade (ICR) do relevo, conforme a proposta de Sampaio e Augustin (2014). Inicialmente, os valores de declividade em porcentagem foram obtidos por meio da ferramenta *Slope*. Posteriormente, os dados foram convertidos em pontos vetoriais e submetidos ao estimador de densidade Kernel em ambiente SIG. O ICR corresponde à soma dos valores de declividade inseridos em uma área delimitada, permitindo representar o grau de rugosidade do relevo, variando de valores próximos a zero em áreas planas até valores elevados em setores fortemente dissecados. Por fim, os resultados foram normalizados conforme a densidade de pixels do MDE utilizado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Bacia Hidrográfica do Riacho Uruçu (BHRU) possui área de 146,76 km² e apresenta padrão de drenagem dendrítico, caracterizado pela ramificação irregular dos canais em configuração semelhante à de uma árvore, conforme a classificação proposta por Christofoletti (1988). Esse tipo de drenagem é geralmente associado a litologias de resistência relativamente homogênea ou a estruturas sedimentares horizontais. Além disso, alguns setores da rede hidrográfica apresentam confluências em ângulos próximos

a 90°, podendo indicar condicionamentos estruturais e litológicos. Contudo, são necessárias análises complementares para confirmar possíveis influências tectônicas sobre a organização da drenagem.

Outro aspecto relevante refere-se ao predomínio de canais efêmeros na bacia hidrográfica. Segundo Villela e Mattos (1975), esses cursos d'água apresentam fluxo apenas durante ou imediatamente após os eventos de precipitação, não possuindo contribuição permanente do lençol freático, característica típica de áreas semiáridas. A aplicação da hierarquização fluvial segundo Strahler (1952; 1964) permitiu identificar uma bacia de 4ª ordem, totalizando 66 canais de drenagem, distribuídos em 52 canais de 1ª ordem, 11 de 2ª ordem, 2 de 3ª ordem e 1 de 4ª ordem. Esses resultados indicam uma rede hidrográfica relativamente organizada, evidenciando atuação significativa dos processos erosivos e integração do sistema fluvial ao longo da bacia.

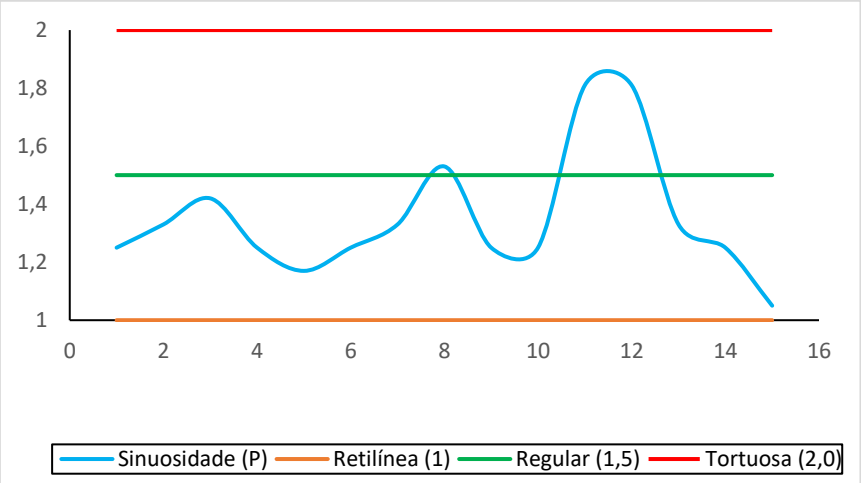
A Densidade de Rios (Dr) apresentou valor de 0,44, indicando baixa frequência de canais em relação à área total da bacia, conforme os parâmetros estabelecidos por Lollo (1995). Esse comportamento sugere menor capacidade de geração de novos segmentos de drenagem, podendo estar associado às características litológicas, à maior infiltração da água no solo e à dinâmica geomorfológica regional (Soares et al., 2016). Por sua vez, a Densidade de Drenagem (Dd) apresentou valor de 0,69 km/km², caracterizando uma drenagem moderadamente baixa. Segundo Villela e Mattos (1975), valores inferiores a 0,5 km/km² estão associados a drenagens pobres, enquanto valores superiores a 3,5 km/km² indicam sistemas hidrográficos bem drenados.

Dessa forma, a BHRU apresenta baixa dissecação do relevo e espaçamento relativamente maior entre os canais fluviais. Conforme Christofoletti (1988), baixos valores de densidade de drenagem estão geralmente relacionados à maior permeabilidade dos materiais superficiais, menor entalhamento do relevo e redução do escoamento superficial concentrado, estando diretamente associados às condições litológicas e à capacidade de infiltração.

A análise da sinuosidade do canal principal evidenciou variações espaciais ao longo do perfil longitudinal do riacho Uruçu (Gráfico 1), sendo segmentada em 15 trechos com intervalos de 2 km. Conforme a classificação proposta por Schumm (1963), os

valores obtidos podem ser enquadrados em canais retilíneos (P = 1,0), regulares (P = 1,5) e tortuosos (P ≥ 2,0). Os índices variaram entre 1,05 e 1,81, indicando predomínio de segmentos retilíneos a regulares. Os maiores valores ocorreram nos trechos 11 e 12 (P = 1,81), representando os setores de maior desenvolvimento de curvas meandrantes, enquanto os menores índices foram registrados nos trechos 5 e 15, com valores de 1,17 e 1,05, respectivamente.

Gráfico 1 - Variação do índice de sinuosidade do canal principal



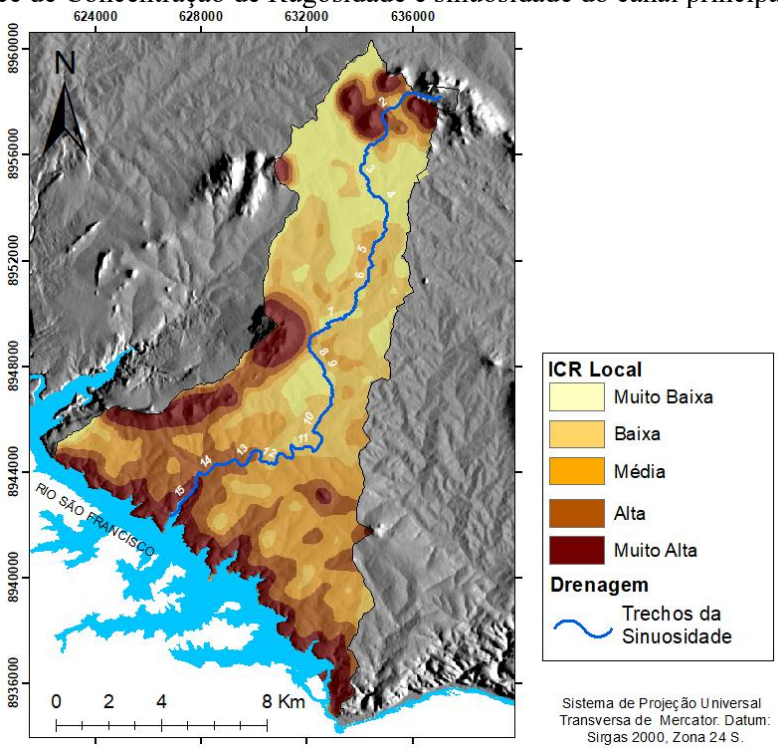
Fonte: Os autores.

Destaca-se ainda que o trecho 15, correspondente à desembocadura do riacho Uruçu que apresentou comportamento predominantemente retilíneo, indicando possível controle exercido pela calha principal do rio São Francisco, haja vista que não é um comportamento normal para foz hidrológica. Essa dinâmica também foi observada por Silva (2022), ao discutir a formação de vales suspensos condicionados, sobretudo, pelos controles litológicos e estruturais regionais. Além disso, Teixeira *et al,* (2025) evidenciou os vales encaixados com forte entalhamento fluvial, o que corresponde esse valor retilíneo nesse trecho.

A análise integrada entre o Índice de Concentração de Rugosidade (ICR) e os trechos de sinuosidade permitiu identificar forte relação entre a compartimentação geomorfológica da bacia e o comportamento do canal principal (Figura 2). Os maiores valores de rugosidade concentram-se principalmente nos setores sul, sudoeste e em parte do alto curso da BHRU, indicando áreas mais dissecadas e com maior energia do relevo.

Nesses setores, predominam trechos menos sinuosos, associados ao maior entalhamento da drenagem e à menor mobilidade lateral do canal.

Figura 2: Índice de Concentração de Rugosidade e sinuosidade do canal principal da BHRU



Fonte: Os autores.

A distribuição espacial do ICR demonstra relação direta com os compartimentos geomorfológicos da bacia hidrográfica. Os setores de maior rugosidade associam-se a litotipos mais resistentes, influenciando também a dinâmica fluvial. Em contrapartida, áreas menos rugosas apresentam condições favoráveis à ampliação da sinuosidade e ao desenvolvimento de processos deposicionais. Assim, os menores índices de sinuosidade concentram-se em áreas mais rugosas, enquanto os maiores valores ocorrem em superfícies menos dissecadas, evidenciando a influência do relevo e da litologia sobre a dinâmica fluvial da BHRU.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A integração entre rugosidade do relevo e dinâmica da drenagem na Bacia Hidrográfica do Riacho Uruçu permitiu compreender a organização da drenagem e sua relação com os condicionantes geomorfológicos da área. Os resultados evidenciaram uma

bacia de 4ª ordem de padrão dendrítico, com baixa densidade tanto hidrográfica, quanto de drenagem com e predominância de canais efêmeros, refletindo a influência das condições climáticas semiáridas e das características litológicas regionais. Por sua vez, a análise da sinuosidade e do Índice de Concentração de Rugosidade (ICR) demonstrou que a dinâmica do canal principal está diretamente associada às variações regionais, sobretudo em relação ao entalhamento da drenagem e à compartimentação geomorfológica da bacia. Nesse sentido, os procedimentos metodológicos empregados mostraram-se eficientes para a caracterização morfométrica e para a interpretação da dinâmica fluvial da BHRU. Por fim, o estudo contribui para o conhecimento das características físicas da bacia hidrográfica do riacho Uruçu, fornecendo subsídios para futuras pesquisas geomorfológicas e ambientais no semiárido alagoano.

Palavras-chave: Índices morfométrico; Geomorfologia; Semiárido; Rede hidrográfica.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à CAPES e ao CNPq pelo apoio concedido.

REFERÊNCIAS

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia.** 2ª ed. São Paulo: Edgar Blücher. 1980. p. 106. Florianópolis: Editora da UFSC, Volume 3, 2003.

CHRITOFOLETTI, A. A análise da densidade de drenagem e suas implicações geomorfológicas. **Geografia**, *[S. l.]*, v. 4, n. 8, p. 23–42, 1979. Disponível em: https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/ageteo/article/view/14769. Acesso em: 22 maio. 2026.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Zoneamento agroecológico de Alagoas:** levantamento de reconhecimento de baixa e média intensidade dos solos do Estado de Alagoas. 1. ed. Recife: EMBRAPA, 2012. 238 p. (Relatório Técnico).

FLORES, D. M.; OLIVEIRA, D. Aplicação do Ìndice de Concentração de Rugosidade (ICR) para análise de bacias hidrográficas e para traçados de lineamentos estruturais. **Geoinformação e Sensoriamento Remoto em Geografia,** v. 20, n. 3, p. 125-139. 2016.

HARE, P. W.; GARDNER, T. W. Geomorphic indicators of vertical neotectonism along converging plate margins, Nicoya Peninsula, Costa Rica. In MORISAWA, M.; HACK, J.T. (Eds.) **Tectonic Geomorphology.** Allen and Unwin, Boston, 1985. p. 75-104.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geological society of America bulletin**, v. 56, n. 3, p. 275-370, 1945.

LIMA, I. F. **Estudos Geográficos do Semiárido Alagoano:** Bacias dos rios Traipu, Ipanema, Capiá e Adjacentes. Maceió: Serviço Gráfico de Alagoas AS – SERGASA, 1992, 139 p.

Lollo, J. A. **O uso da técnica de avaliação do terreno no processo de elaboração do mapeamento geotécnico: sistematização e aplicação na quadrícula de Campinas**. São Carlos: Universidade de São Paulo, 1995. 253f. (Tese de Doutorado em Engenharia Geotecnia)

SAMPAIO, T. V. M.; AUGUSTIN, C. H. R. R. Índice de concentração da rugosidade: uma nova proposta metodológica para o mapeamento e quantificação da dissecação do relevo como subsídio a cartografia geomorfológica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 15, n. 1, p. 48-58, abr. 2014.

SANTOS, K. T. **Mapeamento Geomorfológico do setor Franciscano em Alagoas.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) – Instituto de Geografia e Meio Ambiente, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2024.

SCHUMM, S.A. Sinuosity of Alluvial Rivers on the Great Plains. **Geological Society of America Bulletin**, v. 74, p. 1089-1100, 1963

SGB – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Mapa de Geodiversidade de Alagoas.** Disponível em: https://rigeo.sgb.gov.br/jspui/handle/doc/13677. Acesso em 03 mai. 2026.

SILVA, G. P. **Expressão geomorfológica da queda do nível de base no Baixo São Francisco**. 2022. 125 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-graduação em Geografia, Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Alagoas, Maceió. 2022.

SOARES, L. S. *et al.*. Análise morfométrica e priorização de bacias hidrográficas como instrumento de planejamento ambiental integrado. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, Brasil, v. 31, p. 82–100, 2016. DOI: 10.11606/rdg.v31i0.107715. Disponível em: https://revistas.usp.br/rdg/article/view/107715. Acesso em: 22 maio. 2026.

STRAHLER, A. **Quantitative Geomorphology of Drainage Basins and Channel Networks.** In: Chow, V. Handbook of Applied Hydrology. New York: McGraw Hill, 1964. p. 439-476

STRAHLER, A.N. Hypsometric (area-altitude) analysis and erosional topography. **Geological Society of America Bulletin**, v. 63, p. 1117-1142, 1952.

TEIXEIRA, K. *et a*l.. **Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio uruçu, alagoas**. Anais do XX SBGFA - Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada & IV ELAAGFA - Encontro Luso-Afro-Americano de Geografia Física e Ambiente... Campina Grande: Realize Editora, 2024. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/118571>. Acesso em: 20 de maio de 2026.

TEIXEIRA, K.; *et al.*. **Compartimentação geomorfológica da bacia hidrográfica do riacho uruçu (al)**. Anais do XV SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA... Campina Grande: Realize Editora, 2025. Disponível em: <https://www.editorarealize.com.br/index.php/artigo/visualizar/123742>. Acesso em: 22 de maio de 2026.

VILLELA, S. M.; MATTOS**, A. Hidrologia Aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245 p.