



ANÁLISE MORFOMÉTRICA DO RIO CHORÓ - CEARÁ, BRASIL

Gabriel Nunes Morais¹
Frederico de Holanda Bastos²
Mariana Silva Feijó³
Yasmin Cavalcante Winck⁴

RESUMO

A análise morfométrica permite quantificar características físicas e geométricas de bacias hidrográficas, elucidando a relação entre sua dinâmica fluvial, processos hidrológicos e condicionantes ambientais (CUNHA, 1998). O presente trabalho visa analisar alguns aspectos morfométricos da bacia do rio Choró, localizado no Domínio Ceará Central, Província Borborema. O canal principal dessa bacia se apresenta como um rio de padrão de drenagem extremamente ramificada com predomínio de padrões dendríticos dominada por pequenos cursos intermitentes, que se orientam em direção ao curso fluvial principal (SOUZA, 1975), tendo como divisores principais os maciços de Baturité, Uruburetama e do Estevão. Para a quantificação dos parâmetros morfométricos, utilizaram-se dados cartográficos abertos, incluindo Modelos Digitais de Elevação (SRTM), mapas geológicos (CPRM, 2020) e hidrológicos (CPRM, 2014). A bacia do rio Choró pode ser caracterizada como um sistema hidrogeomorfológico típico de regiões semiáridas, fortemente condicionado por controles estruturais. Essa influência é evidente na morfologia da bacia, que apresenta padrões de drenagem predominantemente dendríticos alinhados a lineamentos estruturais de sentido NW-SE, refletindo heranças do ciclo Brasileiro no embasamento cristalino. Os resultados indicam uma bacia alongada (índice de compacidade $K_c = 1,8$), com baixa circularidade ($R_c = 0,35$) e densidade de drenagem moderada ($D_d = 0,45 \text{ km/km}^2$), comuns em padrões dendríticos. Esses atributos, associados à influência estrutural, condicionam respostas hidrológicas distintas, como rápida concentração de escoamento superficial e elevada susceptibilidade a eventos extremos, indicando possíveis áreas de risco no conjunto de reservatórios e comunidades ribeirinhas.

INTRODUÇÃO

As relações entre os rios e as formas de relevo são percebidas desde a antiguidade greco-romana com Heródoto, Aristóteles e Estrabão entre os primeiros a traçar tais relações. No fim do século XIX, de acordo com Christofolletti (1969), a análise morfométrica de bacias foi bastante utilizada, sendo, no entanto, deixada de lado com o surgimento dos postulados de Davis (1899) acerca da evolução cíclica do relevo. O pensamento davisiano atribuía à morfogênese uma temporalidade muito mais ampla, na escala de milhões a centenas de milhões de anos, escala esta que menosprezava um estudo mais detalhado da drenagem (BIGARELLA, 2003; MONTEIRO, 2010). Somente no fim da primeira metade do século XX, com a publicação do trabalho de Horton (1945) sobre a hierarquia da rede de drenagem, houve um retorno aos estudos morfométricos. Horton (1945) procurou estabelecer leis, mediadas pela linguagem

¹ Graduando do Curso de **XXXXXX** da Universidade Federal - UF, autorprincipal@email.com;

² Graduado pelo Curso de **XXXXXX** da Universidade Federal - UF, coautor1@email.com;

³ Mestrando do Curso de **XXXXXX** da Universidade Estadual - UE, coautor2@email.com;

⁴ Doutor pelo Curso de **XXXXXX** da Universidade Federal - UF, coautor3@email.com;



matemática, de desenvolvimento dos rios e suas bacias, iniciando uma nova fase dos estudos de morfometria de drenagem, abrindo espaço para diversas abordagens sobre o tema.

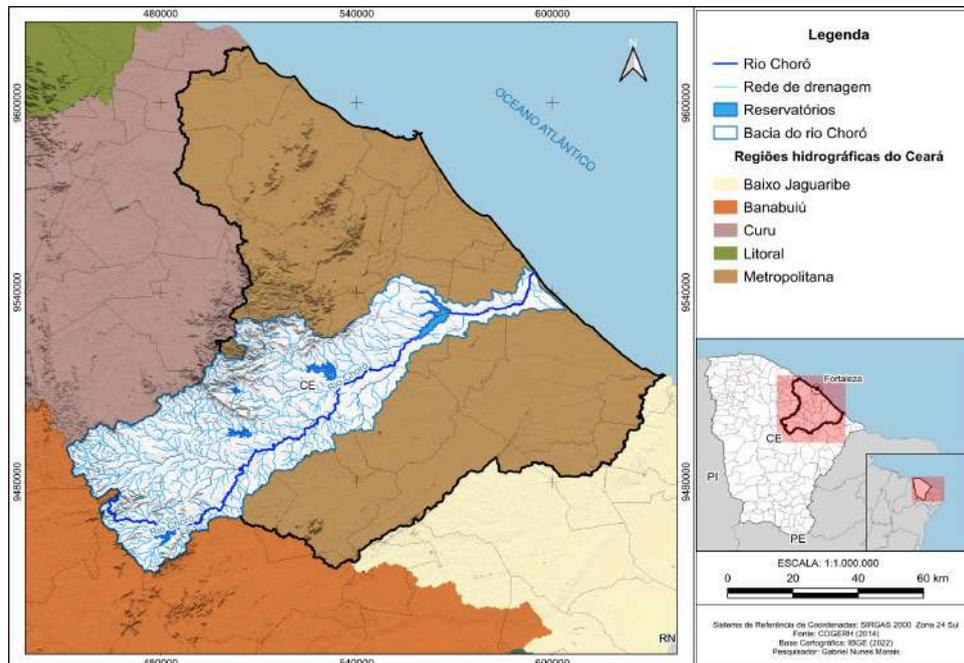
Análise de redes drenagem tem se mostrado um parâmetro para identificação de patamares de relevo com grande aceitação e aplicabilidade na literatura geomorfológica contemporânea, as características geológicas, geomorfológicas, disponibilidade hídrica e condições climáticas influenciaram a ocupação da terra. Uma das formas de compreender a estrutura geológica e as variações no estilo estrutural de uma determinada região se dá pela análise do padrão da rede de drenagem (HORTON, 1945; STRAHLER, 1952 a, b; HOWARD, 1967; DEFFONTAINES; CHOROWICZ, 1991). Os rios principais e seus diversos afluentes tendem a fluir de acordo com a composição litológica e a estrutura do substrato. Seus tipos de canais, direções, ramificações, sinuosidades, dentre outros aspectos, são influenciados pela declividade e pelo tipo de terreno por onde estes rios fluem. Os rios também fornecem informações a respeito do controle tectônico de uma determinada região.

O conhecimento das características morfométricas é crucial para a gestão dos recursos hídricos e o estudo de bacias hidrográficas, principalmente para analisar o grau de vulnerabilidade ambiental, bem como as susceptibilidades quanto a enchentes, inundações, erosões e à manutenção da rede de drenagem. As bacias hidrográficas podem ser compreendidas como áreas delimitadas por divisores topográficos que captam naturalmente a água precipitada, constituindo os canais de escoamento que fluem até formar um canal principal, direcionando a água a um único ponto de saída, denominado exutório (VILLELA e MATTOS, 1975). De acordo com Lima (1996), a bacia hidrográfica pode ser considerada um sistema geomorfológico aberto, onde mesmo quando perturbada, em contínua flutuação, a mesma permanece num estado de equilíbrio transacional ou dinâmico. Ou seja, a adição e a perda de energia do próprio ecossistema encontram-se sempre em equilíbrio dinâmico.

Diversos tipos de parâmetros podem ser analisados em bacias hidrográficas. Vários parâmetros físicos foram desenvolvidos, alguns deles aplicáveis à bacia como um todo, enquanto que outros relativos a apenas algumas características do sistema (LIMA, 2008). Apesar dos avanços nos estudos morfométricos pós-Horton (1945), bacias hidrográficas em regiões semiáridas, como as do Nordeste brasileiro ainda são pouco exploradas quanto à relação entre controle estrutural e vulnerabilidade hídrica. Este artigo combina análise morfométrica clássica com dados geoestatísticos que podem propor um modelo integrado de gestão na bacia do Rio Choró, CE. Face ao exposto, este estudo busca: quantificar os parâmetros morfométricos (K_c , R_c , D_d) da bacia do Choró; relacionar sua geometria com controles tectônicos; discutir implicações para políticas de conservação hídrica em contextos semiáridos.

Geograficamente o Rio Choró está situado no estado do Ceará, Nordeste do Brasil, integrando a bacia hidrográfica do Rio Choró, que abrange uma área de aproximadamente 4.500 km. Sua nascente ocorre na Serra de Baturité (região serrana), e seu curso principal percorre cerca de 160 km até desaguar no Oceano Atlântico,

próximo à Barra do Choró, no município de Cascavel, como pode ser visto no mapa a seguir, figura 1.



Mapa de localização; elaborado pelo autor; 2025. (Figura 1)

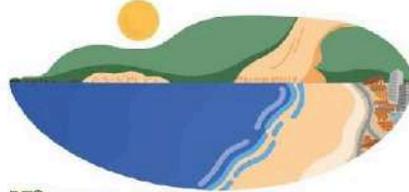
Constitui ao lado das bacias do Pirangi, Pacoti, Cocó e Ceará, um dos pequenos sistemas hidrográficos do Nordeste cearense, encravadas entre os rios Jaguaribe e o Acaraú (SOUZA, 1975). Fica localizada na parte oriental da bacia da Região Metropolitana de Fortaleza. "A nascente do Choró (Serra de Baturité, 500 m) reflete o controle estrutural do Maciço Residual, conforme Peulvast (2011). O rio Choró apresenta-se como um rio de padrão consequente, coletando as águas de grande parte das serras do Estevão e Falcão e do setor úmido que integra a vertente oriental do Maciço de Baturité.

METODOLOGIA (OU MATERIAIS E MÉTODOS)

No que pertence aos procedimentos metodológicos, explana-se que o processamento digital de dados raster foi feito através do Software: QGIS 3.34.8, utilizando o Modelo Digital de Elevação (MDE): dados SRTM disponibilizados pelo USGS com resolução espacial de 30 metros. Os dados foram extraídos do projeto Topodata. Link: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/>, dados de geológicos: Serviço Geológico do Brasil (CPRM) 2021: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/20418> e a base cartográfica: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022).

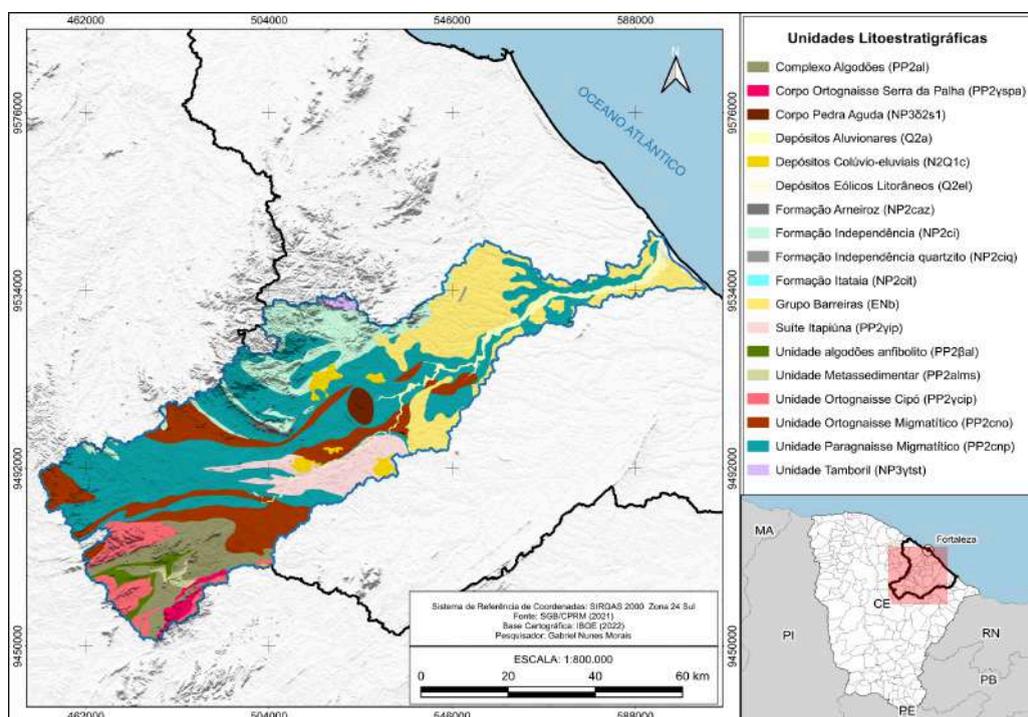
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação ao contexto tectônico-estrutural, a bacia está inserida na Província Borborema, no DCC- Domínio Ceará Central. As litologias variam desde o substrato cristalino pré-cambriano até as coberturas sedimentares cenozóicas. As litologias do substrato cristalino pré-cambriano representam uma grande área da bacia. A geologia abrange: Grupo Ceará - Formação Arneiroz (NP2caz), Formação Independência



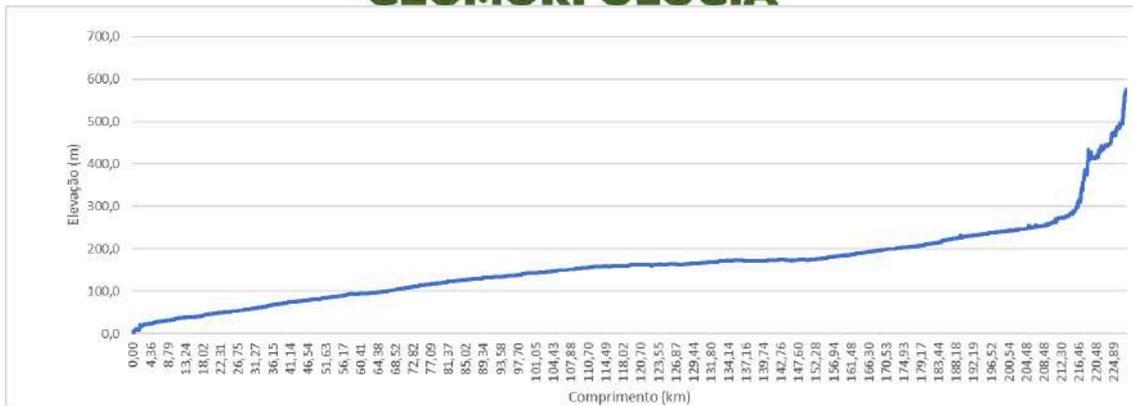
15º SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA

(NP2ci), Independência quartzito (NP2ciq) e Formação Itatiaia (NP2cit); Complexo Tamboril Santa-Quitéria - Unidade Tamboril (NP3 γ _tst); Complexo Algodões - Unidade Algodões (PP2al), Unidade Algodões Anfibolito (PP2 β _al) e Unidade Algodões Metassedimentos (PP2alms). Além do Complexo Canindé do Ceará - Ortognaisse Migmatítico (PP2cno) e Paragnaisse migmatítico (PP2cnp); Unidade Ortognaisse Cipó (PP2 γ _cip); Suíte Itapiúna (PP2 γ _ip); Corpo Ortognaisse Serra da Palha (PP2 γ _spa) e Corpo Pedra Aguda (NP3 δ _2s1). Sobre as formações cenozóicas encontram-se os Depósitos Aluviais (Q2a), Depósitos Eólicos Litorâneos (Q2el) Depósitos Colúvio-eluviais (N2Q1c) e Grupo Barreiras (ENb) (CPRM, 2020). Conforme registrado no mapa geológico (Figura 2).



Elaborado pelo autor (2025)/ (Figura 2)

Em termos gerais, a declividade da bacia é direcionada por um relevo predominantemente plano, suave ondulado e ondulado com médias entre (0 – 20%) de declividade, a forma da bacia é alongada, o que influencia no tempo de concentração das águas durante eventos pluviométricos. As declividades mais acentuadas (20 > 75%) distinguem-se por segmentos descontínuos ligados à relevo residuais dissecados com uma densidade de drenagem moderada, com padrão dendrítico. A análise hipsométrica da bacia permite uma abordagem mais objetiva dos aspectos geomorfológicos, evidenciando níveis de ruptura topográfica entre os contatos dos maciços residuais com a depressão sertaneja. As cotas altimétricas menores estão situadas entre as cotas de 50 a 100 metros, encontram-se na porção do baixo curso do rio Choró na área dos Tabuleiros Pré-Litorâneos. Com a apresentação do perfil hipsométrico do rio podemos realizar uma análise detalhada com as características gerais.



Na extração dos dados identificamos uma extensão total de aproximadamente 228 km, uma altitude mínima de 4,7m e uma altitude máxima de 575,4m que corresponde à uma amplitude altimétrica de 570m. Os trechos principais do rio realizando uma análise do sentido contrário nascente-foz correspondem a um trecho de elevação baixa com pequenas oscilações, sugerindo área plana ou levemente ondulada (planície ou vale), posteriormente uma subida moderada (declive suave), uma ascensão acelerada em outro trecho que a elevação aumenta de 25 m para 100 m em 80 km, com uma declividade média de 0,94 m/km, trechos com picos isolados indicando elevações residuais, a elevação salta de 100 m para 350 m em 80 km, com picos notáveis de 175,m e 350m, indicando a presença de escarpas, além de uma declividade de 3,125 m/km, ao final do trecho analisado que localiza-se na porção da serra de Baturité indica uma área de altitude elevada (180–228 km), com oscilações entre 350m e 575,4m, mostrando uma variação de 225 m, com trechos íngremes apresentando um declive médio de 4,69 m/km, indicando a porção mais elevada da bacia próximo a sua nascente, expondo a sua morfologia de maciços residuais na forma de relevos dispersos pelas depressões sertanejas, as serras do Estevão e Falcão são consideradas serras secas com predominância de processos de intemperismo mecânico. Evidentemente, trata-se de resíduos de erosão, pois estão relacionadas a rochas mais resistentes em relação aos processos erosivos que vigoraram no Quaternário.

Trecho (km)	Varição de altitude (m)	Declividade (m/km)
0-1	4,7 - 11,1	6,4
1-20	11,1 - 25	0,73
20-100	25 - 100	0,94
100-180	100 - 350	3,125
180-228	350 - 574,5	4,69

Análise de Declividade (Figura 4)

A Depressão Sertaneja Dissecada predomina no alto curso do rio Choró e de seus principais coletores de drenagem, dentre eles: rio Aracoiaba, Castro e Cangati. Desenvolve-se a partir da base dos maciços residuais através de glaciais ligeiramente dissecados com entalhe mais marcante próximo ao maciço de Baturité, devido ao clima mais úmido, justificando o maior poder de incisão dos rios (SOUZA, 1975). O Rio Choró é um rio de 4ª à 5ª ordem (Strahler), considerando seus afluentes. Interflúvios possuem feições retilíneas com caimento topográfico suave em direção às planícies fluviais, expondo, eventualmente, material ferralítico.

Parâmetro	Valor	Unidade
Área de drenagem	4.734,32	km ²
Perímetro	599,00	km
Comprimento do rio principal	228,20	km
Comprimento do canal axial	146,35	km
Extensão total da rede	2.886,16	km
Altitude máxima	575,39	m
Altitude mínima	4,71	m
Amplitude altimétrica	970,80	m
Coefficiente de compacidade	1,80	-
Índice de sinuosidade	1,30	-
Fator de forma	0,11	-
Índice de circularidade	0,35	-
Ordem da bacia	4ª - 5ª	Ordem Strahler
Densidade de drenagem	0,45	km/km ²
Largura média	15,00	km

Figura 5

O coeficiente de compacidade (Kc) de 1,80 da bacia do rio Choró revela características geomorfológicas e hidrológicas importantes, com implicações diretas para a dinâmica da bacia, possui um contorno não circular, com formato mais estreito e estendido, isso determina um maior tempo para o escoamento superficial atingir o



exutório (saída da bacia), pois a água percorre distâncias mais longas do alto curso até o baixo curso, grande parte dos tabuleiros é recoberta por uma espessa cobertura arenosa, da ordem de 1,50. O valor elevado sugere que a bacia é controlada por lineamentos estruturais (falhas ou fraturas NW-SE), no caso, a zona de cisalhamento Senador Pompeu que direciona o rio principal. A densidade de drenagem (Dd) é um importante parâmetro morfométrico que relaciona o comprimento total dos cursos d'água com a área da bacia hidrográfica, o valor de $0,45 \text{ km/km}^2$ indica uma densidade de drenagem moderada a baixa, típica de regiões semiáridas com solos cristalinos. O rio Choró é classificado como um rio de $\frac{4}{5}$ ordem conforme Strahler, interpretado como intermediário, que possui uma rede de drenagem bem desenvolvida, comuns em regiões com relevo moderado a acidentado, onde a erosão e a acumulação de água permitem a formação de canais mais estáveis.

O rio Choró, na sua foz, possui padrão meandrante devido à ocorrência de bancos de areias que durante a maré baixa formam uma morfologia típica de um ambiente estuarino assoreado. A formação de dunas dificulta o trajeto do rio na desembocadura ao Oceano Atlântico, que por sua vez, faz um percurso paralelo à linha de costa antes de embocar no mar. O grande dinamismo que caracteriza a morfologia costeira próxima à foz do rio Choró possui estreita relação com a drenagem, que escoam em conformidade com a posição das dunas (SOUZA, 1975).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A planície fluvial do rio Choró alarga-se consideravelmente, à medida que vai entalhando terrenos da Formação Barreiras. Já no baixo curso, trata-se de uma área de deposição ampliada por diminuição do gradiente fluvial. Os setores de planície sujeitos ao escoamento periódico são geralmente separados, por um baixo dique marginal, daqueles mais elevados e apenas atingidos pelas inundações em eventos de chuvas excepcionais (SOUZA, 1975). Na bacia superior, onde a capacidade de erosão linear é mais notável, o encaixe é dificultado pela maior resistência das rochas do embasamento. Para a jusante, a diminuição do gradiente fluvial na superfície dos tabuleiros possibilita um alargamento expressivo e espraiamento da planície fluvial do rio Choró.

A análise dos parâmetros morfométricos permite caracterizar a bacia do rio Choró como um sistema hidrogeomorfológico típico de regiões semiáridas sob controle estrutural, com implicações claras para gestão de recursos hídricos e riscos ambientais. A análise morfométrica integrada da bacia do rio Choró revela um sistema hidrogeomorfológico marcado por fortes condicionantes naturais, mas também por vulnerabilidades induzidas pela ação antrópica. Os resultados demonstram que a assinatura geomorfológica da bacia – caracterizada por sua forma alongada ($Kc=1.8$), baixa circularidade ($Rc=0.35$) e densidade de drenagem moderada ($Dd=0.45 \text{ km/km}^2$) – é produto da interação entre controles estruturais rígidos onde a disposição da rede de drenagem reflete o embasamento cristalino fraturado do Pré-Cambriano, com canais alinhados a lineamentos tectônicos NW-SE. Esse padrão explica não apenas a baixa



eficiência hidrológica mas também a heterogeneidade espacial na infiltração. Regime de chuvas concentradas em 3-4 meses anuais torna a bacia particularmente sensível a eventos extremos, as pressões antrópicas crescentes indicam segundo os dados extraídos no Map Biomas que 23% da bacia sofreu mudanças no uso do solo na última década (expansão agrícola e mineração), agravando o assoreamento da bacia, que teve uma redução de 18% da capacidade desde 2010 e uma desconexão entre trechos altos (conservados) e baixos (impactados) pelos processos erosivos.

A bacia do Choró funciona como uma unidade de gestão para entender bacias semiáridas em visão de mundo integrada. Seus parâmetros morfométricos não são apenas descritores geomorfológicos, mas ferramentas para políticas públicas, como o Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) do Ceará. A conservação de suas cabeceiras e a restauração de matas ciliares emergem como ações prioritárias para garantir segurança hídrica em um clima em transformação (LATRUBESSE, 2017).

Palavras-chave: Geomorfologia Fluvial, Domínio Ceará Central, Semiárido brasileiro.

REFERÊNCIAS

- ARTHAUD M.H. **Evolução neoproterozóica do Grupo Ceará (domínio Ceará Central, NE do Brasil): da sedimentação à colisão continental brasileira**. Brasília. (Tese Doutorado.). Instituto de Geociências da Universidade de Brasília. p.121. 2007.
- BASTOS, F. H. **Guaramiranga: Caminhos para o Planejamento e Gestão Ambiental** Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2011, pp. 139.
- BIGARELLA, J. J.et al. **Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais**.Vol 3. Florianópolis: Editora da Universidade Federal de Santa Catarina. 2003.
- CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Geodiversidade do Estado do Ceará**. Hidrografia. Fortaleza: CPRM, 2014.
- CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - **Mapa geológico do Estado do Ceará**. Ceará. CPRM, 2020.
- CPRM (2015). **Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea no Ceará**.
- Contexto Ambiental do Enclave Úmido da Serra de Baturité-Ceará. In F.H. Bastos (org). Serra de Baturité: **Uma Visão Integrada das Questões Ambientais**. Expressão Gráfica e Editora, Fortaleza. pp 19-33. 2011.



CHRISTOFOLETTI, A. **Análise morfométrica de bacias hidrográficas.** Notícias Geomorfológicas. 9(18), p. 35-64. 1969

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial.** São Paulo: Edgard Blucher, 1981. vol. 1.

CHRISTOFOLLETI, A. **Geomorfologia.** São Paulo, Edgard Blucher. 2a ed, 1980.192p

DAVIS, W.M. **The Geographical cycle.** Geographical journal. v. 14, p. 481-504. 1899.

GOUDIE, A. (2022). **Fluvial and Lacustrine Systems.** In: Desert Landscapes of the World with Google Earth. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-15179-8_6

HORTON, R. E. **Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology.** Geological Society of America Bulletin, v 56, p. 275-370. 1945

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ IPECE. Sedes municipais do Estado do Ceará. Fortaleza, 2015.

LIMA, J. E. F. W. **Análise morfométrica de bacias hidrográficas.** Brasília: Embrapa Cerrados, 2008. (Documentos, 216)

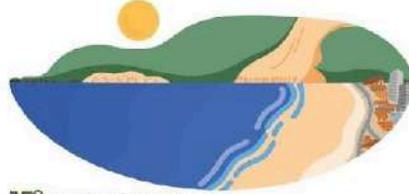
MONTEIRO, K.A. **Superfícies de Aplainamento e Morfogênese da Bacia do Rio Tracunhaém, Pernambuco.** Dissertação de Mestrado. Recife, UFPE. 124pg. 2010.

PEULVAST, J-P. **Evolução morfoestrutural e morfopedológica do maciço de Baturité e de seu piemont: do Cretáceo ao Presente.** In F.H. Bastos (org.): Serra de Baturité: Uma Visão Integrada das Questões Ambientais. Expressão Gráfica e Editora, Fortaleza, pp. 35 – 60. 2011.

RODRÍGUEZ, M. F. ; SÁNCHEZ-GARCÍA, A. ; SALAS, J. J. ; GARCÉS, R. ; MARTÍNEZ-FORCE, E., 2013. **Characterization of the morphological changes and fatty acid profile of developing *Camelina sativa* seeds.** Ind. Crops Products, 50: 673-679

SOUZA, M. J. N. **Geomorfologia do vale do Choró, CE.** Tese de mestrado. IGEOG – USP, Nº 16, São Paulo, 1975.

STÉVAUX, José C.; LATRUBESSE, Edgardo Manuel. **Geomorfologia fluvial.** Rio de Janeiro: Oficina de Textos, 2017.



15º SIMPÓSIO NACIONAL DE
GEOMORFOLOGIA

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

STRAHLER, A.N. 1957. **Quantitative analysis of watershed geomorphology.** Transactions of the American Geophysical Union, v. 38, n. 6, p.913-920, 1957.

VILLELA, S.M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada.** São Paulo: Mcgraw Hill, 1975. 250p

