



PKS

PUBLIC
KNOWLEDGE
PROJECT

REVISTA DE
GEOGRAFIA
Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFPE

OJS

OPEN
JOURNAL
SYSTEMS

<https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia>

PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS APLICADOS À BACIA DO RIO DA BATATEIRA (CEARÁ- BRASIL) PARA IDENTIFICAR SUSCETIBILIDADE A ENCHENTES

Flávia Jorge de Lima¹ - Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4176-5854>
Larissa de Sá Menezes² - Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1843-247X>
Oswaldo Girão da Silva³ - Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5797-4450>
Kleython de Araújo Monteiro⁴ - Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4829-3722>

¹ Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Delmiro Gouveia, AL, Brasil*

² Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, PE, Brasil**

³ Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, PE, Brasil***

⁴ Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Maceió, AL, Brasil****

Artigo recebido em 07/08/2020 e aceito em 08/02/2022

RESUMO

Os parâmetros morfométricos constituem importantes indicadores no diagnóstico de bacias hidrográficas com risco a enchentes, além de ajudar no planejamento e gestão ambiental e territorial de cidades. Assim, este artigo buscou aplicar parâmetros morfométricos à bacia do rio da Batateira e de três de suas sub-bacias, localizadas no Estado do Ceará, a fim de esclarecer se elas são suscetíveis a enchentes. Para isto, foram realizados os cálculos dos índices morfométricos em Modelos Digitais de Elevação (MDE) elaborados a partir do processamento de dados SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*). Os índices obtidos foram o coeficiente de compacidade, o fator de forma, o índice de circularidade e a declividade do relevo. A análise de sistemas climático-meteorológicos atuantes na área em 2011 e 2012, anos de maior excedente hídrico, foi realizada através de consulta bibliográfica em meios digitais (sites de noticiários e blogs de notícias regionais). Foi verificado que sem a influência antrópica e em condições normais de precipitação, as bacias hidrográficas analisadas não são suscetíveis a enchentes, sendo estas o resultado de eventos considerados de alta magnitude e fora dos padrões de normalidade, associados a problemas ambientais ocasionados pelas formas de usos e ocupações da terra.

Palavras-chave: Morfometria; bacia de drenagem; rio da Batateira; suscetibilidade a enchentes; sistemas climático-meteorológicos.

* Professora Adjunta do departamento de Geografia da Universidade Federal de Alagoas (UFAL) - Campus Sertão/Delmiro Gouveia. E-mail: flavia.limageo@gmail.com

** Estudante da licenciatura em Geografia da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). E-mail: menelarrissa@gmail.com

*** Professor dos cursos de bacharelado e licenciatura em Geografia da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). E-mail: osgirao@gmail.com

**** Professor do departamento de Geografia da Universidade Federal de Alagoas (UFAL) – Campus Maceió. E-mail: geokleython@gmail.com

MORFOMETRIC PARAMETERS APPLIED TO BASIN THE BATATEIRA'S RIVER (CEARÁ-BRAZIL) SUSCEPTIBILITY TO IDENTIFY THE FLOODS

ABSTRACT

The morphometric parameters are important indicators in the diagnosis of watersheds at risk of flooding, in addition to helping in the planning and environmental and territorial management of cities. Thus, this article sought to apply morphometric parameters to the Batateira River basin and three of its sub-basins, located in the State of Ceará, in order to clarify whether they are susceptible to flooding. For this, calculations of morphometric indices were performed in Digital Elevation Models (DEM) elaborated from SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) data processing. The indices obtained were the compactness coefficient, the form factor, the circularity index and the relief slope. The analysis of climatic-meteorological systems operating in the area in 2011 and 2012, years of greatest water surplus, was carried out through bibliographic consultation in digital media (news sites and regional news blogs). It was verified that without human influence and under normal rainfall conditions, the analyzed hydrographic basins are not susceptible to floods, which are the result of events considered of high magnitude and outside the normality standards, associated with environmental problems caused by the forms of land uses and occupations.

Keywords: Morphometry; drainage basin; river Batateira; susceptibility to flooding; meteorological climatic- systems.

PARAMÈTRES MORPHOMÉTRIQUES APPLIQUÉS AU BASSIN DE LA RIVIÈRE DA BATATEIRA (CEARÁ- BRÉSIL) POUR IDENTIFIER LA SENSIBILITÉ AUX INONDATIONS

ABSTRAIT

Les paramètres morphométriques sont des indicateurs importants dans le diagnostic des bassins versants à risque d'inondation, en plus d'aider à la planification et à la gestion environnementale et territoriale des villes. Ainsi, cet article a cherché à appliquer des paramètres morphométriques au bassin de la rivière Batateira et à trois de ses sous-bassins, situés dans l'État de Ceará, afin de clarifier s'ils sont susceptibles d'être inondés. Pour cela, des calculs d'indices morphométriques ont été effectués dans des modèles numériques d'élévation (DEM) élaborés à partir du traitement de données SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*). Les indices obtenus sont le coefficient de compacité, le facteur de forme, l'indice de circularité et la pente du relief. L'analyse des systèmes climato-météorologiques opérant dans la zone en 2011 et 2012, années de plus grand excédent d'eau, a été réalisée par consultation bibliographique dans les médias numériques (sites d'actualités et blogs d'actualités régionales). Il a été vérifié que sans influence humaine et dans des conditions pluviométriques normales, les bassins hydrographiques analysés ne sont pas sensibles aux inondations, qui sont le résultat d'événements considérés comme de grande ampleur et en dehors des normes de normalité, associés à des problèmes environnementaux causés par les formes d'utilisation des terres. et métiers.

Mots clés: Morphométrie; bassin de drainage; Rivière Batateira; sensibilité aux inondations; systèmes climato-météorologiques.

INTRODUÇÃO

A partir da segunda metade do século XX as bacias hidrográficas têm sido fortemente influenciadas pelas atividades antrópicas, principalmente aquelas que sofrem ocupação de caráter urbano, uma vez que ao interferir no meio físico/natural, essas atividades afetam o comportamento hidrossedimentológico de bacias hidrográficas, intervindo, por conseguinte,

nos processos geomorfológicos. Essas ações desestabilizam os elementos da bacia hidrográfica, causando mudanças no regime do fluxo de água e sedimentos.

Desde meados do século XX alguns autores já consideravam a necessidade de pesquisas relacionadas à ação antrópica sobre processos e formas geomorfológicas e suas consequências para a paisagem, como Ab'Sáber (1957) e Christofolletti (1967), no Brasil, e Gregory (1992), Goudie (1994) (GUERRA, 2011).

De acordo com Christofolletti (1999, p. 132), os impactos da atividade humana sobre bacias hidrográficas “são de diferentes categorias, ocasionados por ações deliberadas (mas nem sempre com previsão das consequências) ou inadvertidas, afetando a quantidade e a qualidade das águas e biotas aquáticos.” Essas mudanças nos sistemas de bacias hidrográficas são refletidas pelas características morfométricas dos padrões de drenagem através de algumas propriedades do terreno, como infiltração e deflúvio.

Dessa forma, a morfometria consiste em uma ferramenta de extrema importância que contribui na investigação e na avaliação do comportamento de uma bacia hidrográfica, em relação à suscetibilidade às alterações de fluxo dentro de seu sistema, além de colaborar na análise das condições naturais associadas às atividades antrópicas, objetivando, por exemplo, a predição de inundações e/ou enchentes, na determinação de alterações ambientais locais, entre outros. Esta análise proporciona ainda grandes contribuições para o diagnóstico das áreas em estudo, atuando como um instrumento para uma análise integrada da paisagem, bem como em análises quantitativas dos elementos do modelado superficial que determinam sua expressão e configuração espacial.

No Brasil, as análises morfométricas relacionadas à predição de enchentes e/ou inundações são de grande valor, por se tratar de um país de clima tropical, com chuvas intensas relacionadas à interações de sistemas atmosféricos, além de estruturas de relevo que influenciam e favorecem estes eventos que são agravados pela ação antrópica no relativo as formas de usos e ocupações da terra.

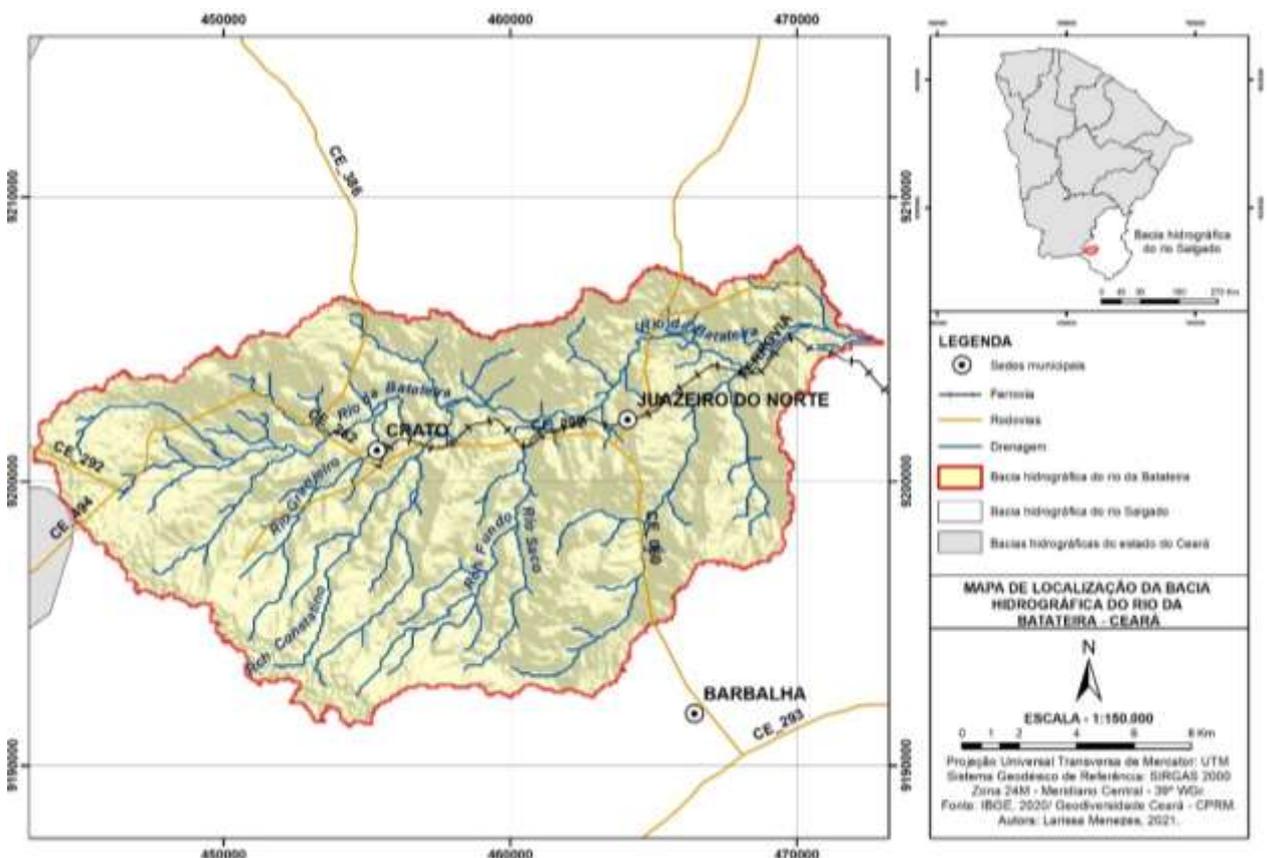
Entretanto, enchentes e/ou inundações ocorrem naturalmente em todos os ambientes fluviais, sendo importantes na manutenção da dinâmica hidrológica e dos processos geomorfológicos. Porém, no ambiente urbano, tais eventos são cada vez mais frequentes, recorrentes e catastróficos. O ano de 2011, de acordo com Brito e Silva (2012), foi considerado anômalo, não só no nordeste brasileiro, como também em todo o Brasil, apresentando um excedente hídrico. Ainda, segundo esses autores, o Departamento para a Redução de Desastres das Nações Unidas (ONU) constatou que o Brasil foi o 6º país a evidenciar desastres naturais nesse ano.

Desse modo, o artigo em pauta objetivou a caracterização morfométrica da bacia do rio da Batateira, localizado no sudoeste do Ceará, afetada por eventos pluviiais extremos nos meses de janeiro a março de 2011, além de março de 2012. Para tal, foram realizadas análises de parâmetros físicos, como o coeficiente de compacidade, fator de forma, índice de circularidade e declividade a fim de verificar a suscetibilidade da bacia às enchentes. Foram relacionadas também a análises morfométricas de três sub-bacias, a do rio Granjeiro, a do riacho dos Macacos e a do rio Saco, localizadas na margem direita do rio da Batateira e pertencentes à bacia hidrográfica deste rio para fins de uma análise mais detalhada da bacia do rio da Batateira. Posteriormente, procurou-se estabelecer uma relação entre intervenções antrópicas na área e eventos de enchente ocorridos entre janeiro e março de 2011 e março de 2012, que danificaram partes das cidades de Crato, Barbalha e Juazeiro do Norte.

ÁREA DE ESTUDO

A bacia do rio da Batateira localiza-se na porção oeste da bacia do rio Salgado, no sul do estado do Ceará, entre os municípios de Crato, Barbalha e Juazeiro do Norte, no semiárido nordestino do Brasil. Situa-se ainda a barlavento da Chapada do Araripe (Figura 1).

Figura 1 – Ceará - Mapa de localização da área de estudo - 2021



A bacia hidrográfica do Batateira encontra-se geologicamente inserida na bacia sedimentar do Araripe, em terrenos pré-cambrianos da Província da Borborema, e sobre a sub-bacia do Cariri e o *Horst* de Barbalha, limitados por antigos falhamentos do embasamento alinhados nas direções dos lineamentos Patos e Pernambuco. Na área de estudo, a bacia do Araripe apresenta na base de sua coluna sedimentar a Formação Mauriti, sotoposta pela Formação Missão Velha, pelo Grupo Araripe, constituído das formações Barbalha, Romualdo, Ipubi, Crato, Araripina e Exu, e por depósitos aluvionares, representando a sedimentação quaternária local. Essas formações ocorrem em quase toda a extensão da Chapada do Araripe e, descontinuamente, ao longo do Vale do Cariri, entremeadas por outra estrutura pré-cambriana, os granitoides de quimismo indiscriminado (PONTE; MEDEIROS; PONTE FILHO, 1997; ASSINE, 1992; CPRM, 2005).

A paisagem da bacia do rio da Batateira é fortemente marcada pela influência do clima e da estrutura do relevo. O clima é o tropical chuvoso, com a estação chuvosa no outono. A média anual de precipitação é de 1.033 mm, especialmente entre os meses de janeiro a março, quando acontecem chuvas intensas e/ou extremas (eventos de chuva cujos valores atingem 60 mm/24h ou mais); e de abril e maio quando as chuvas começam a diminuir. Essa precipitação é resultante da posição a barlavento da Chapada do Araripe (LIMA, 2015). Quanto à temperatura, a FUNCEME (2006) afirma que há uma baixa variação térmica e atribui valores de médias anuais que oscilam de 23 a 27° C, com exceção de maio a agosto, por apresentarem quedas com médias variando de 21 a 25° C.

O relevo é marcado por duas morfoestruturas: o Planalto Sedimentar do Araripe e a Depressão Periférica. A primeira morfoestrutura apresenta uma cimeira de 60 Km de extensão, escarpa rochosa abrupta, encostas conservadas de cobertura elúvio-coluvial e dissecada com cobertura coluvial. Nessa cimeira encontra-se a vegetação de cerrado/cerradão e a Floresta Nacional do Araripe (FLONA), e os solos Latossolos amarelos álicos, Neossolos litólicos eutróficos e distróficos e os Argissolos vermelho- amarelos eutróficos. Já nas áreas mais elevadas do topo e encostas de serras úmidas e secas, além das bordas e reversos da chapada, encontram-se a mata úmida, que está em parte substituída pelo agroextrativismo e a agropecuária extensiva e semi-intensiva, com cultivo de milho, feijão e pastagem; e a mata seca. Os solos dessas áreas elevadas e de encosta são os Argissolos vermelho- amarelos eutróficos e álicos e em pequena porção, e os Neossolos flúvicos eutróficos (EMBRAPA, 2006; FUNCEME, 2012; RIBEIRO, 2012).

A Depressão Periférica está dividida ainda em cinco unidades principais: Maciço estrutural dissecado, superfície colinosa com cobertura elúvio-coluvial, glacies dissecado com

cobertura coluvial, pedimento dissecado com cobertura eluvial e planície aluvial. Nela estão os solos Latossolos amarelos distróficos, Neossolos flúvicos eutróficos, Neossolos litólicos eutróficos e distróficos e os Argissolos vermelho- amarelos eutróficos e álicos. A vegetação na Depressão Periférica se apresenta como manchas de Caatinga arbustivo-arbórea e Caatinga arbóreo-arbustivo, localizadas próximas aos centros urbanos de Crato e Barbalha, e de mata ciliar, localizando-se nos médios e baixos cursos dos rios e, também, nas áreas de inundação sazonal fluvial (MAGALHÃES, 2006; LIMA, 2015). Essa vegetação tem sido substituída e/ou modificada pelas variadas formas de uso do solo, como a expansão urbana, atividade industrial e de serviços, e pela agropecuária com irrigação (FUNCEME, 2006).

MATERIAIS E MÉTODOS

Para obtenção das características morfométricas da bacia do rio Batateira foi elaborado um Modelo Digital de Elevação (MDE) a partir do processamento de dados SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) disponibilizadas pela Embrapa, com resolução de 90 metros e trabalhados em ambiente GIS. Estes dados propiciaram a geração, de forma automática, do modelado da bacia do rio Batateira, possibilitando a geração dos modelados das sub-bacias do Granjeiro, Saco e do riacho dos Macacos.

Através das sub-bacias já delimitadas, foi possível a extração da área, do perímetro e do comprimento, para posterior cálculo dos parâmetros de forma de uma bacia hidrográfica como o fator de forma, o índice de circularidade e o coeficiente de compacidade. A forma de uma bacia é importante na determinação do tempo de concentração da água após um evento de precipitação extrema, e conseqüentemente para medir a suscetibilidade a enchentes.

A primeira análise a ser realizada, de acordo com Christofolletti (1980), é a hierarquia fluvial. Essa análise foi proposta primordialmente por Robert E. Horton (1945) e ganhou muitos pesquisadores como seguidores, entre eles Arthur N. Strahler que expandiu o método usado por Horton. Neste trabalho, a classificação utilizada para o ordenamento dos canais da bacia foi a de Strahler (1952) (CHRISTOFOLLETTI, 1980).

Nesse sistema de classificação todos os canais sem tributários são de primeira ordem, na confluência entre dois canais de primeira ordem origina um de segunda e na confluência de dois canais de segunda origina um de terceira ordem, que pode receber tanto um de primeira como um de segunda ordem e assim por diante. A ordem da bacia foi determinada pelo canal de ordem maior e o canal principal foi definido com base no critério do curso de água mais longo e a importância econômica, ambiental e social para as cidades de Crato e Juazeiro do Norte.

A área da bacia (A) é definida, conforme Christofolletti (1980), como “toda a área drenada pelo conjunto do sistema fluvial, projetada em um plano horizontal”, sendo inclusa entre os seus divisores topográficos. A área foi calculada automaticamente no ArcGIS 10.3 em metros quadrados. Para classificar bacia de acordo com seu tamanho, foi usada a classificação de Wisler e Brater (1964), que consideram como bacias pequenas aquelas que possuem área inferior a 26 km² e bacias grandes com área superior a esse valor.

O perímetro (P) é o comprimento da linha imaginária que contorna do divisor de águas da bacia. Segundo Zâvoianu (1985), quanto maior o perímetro da bacia, maior o número de canais de 1^a ordem. O perímetro e a área são unidades diretamente proporcionais. O perímetro, assim como a área, foi gerado automaticamente em ambiente GIS, em metros.

O comprimento axial da bacia (L), segundo Christofolletti (1980), pode ser medido de várias formas, como a maior distância medida, em linha reta, entre a foz e determinado ponto situado ao longo do perímetro; distância medida, em linha reta, entre a foz e o mais alto ponto situado ao longo do perímetro; maior largura da bacia; distância medida, em linha reta acompanhando o rio principal, entre outras. A forma adotada neste trabalho foi a distância medida em linha reta acompanhando paralelamente o rio principal. Esse parâmetro tem uma relação diretamente proporcional com a área e o perímetro da bacia (HORTON, 1945; SOUZA, 2005).

O fator de forma é a razão entre a área da bacia e o quadrado do comprimento axial da bacia, relacionando a forma da bacia com a de um retângulo. Uma bacia com fator de forma baixo (estreita e longa) indica que ela é menos sujeita a enchentes que outra, de mesmo tamanho, porém com fator de forma maior (circular, por exemplo). Este índice foi estimado a partir da equação, onde o Kf é o fator de forma, A é a área da bacia em m² e L é o comprimento axial da bacia em m (VILELLA e MATOS, 1975; SOUZA, 2005; DUARTE et al., 2007). O fator de forma pode assumir os seguintes valores, de acordo com Silva e Mello (2008):

$$Kf = \frac{A}{L^2}$$

$Kf \geq 0,75$ – bacia sujeita a enchentes;

$0,50 < Kf < 0,75$ – bacia com tendência mediana a enchentes;

e $Kf \leq 0,50$ – bacia não sujeita a enchentes.

O coeficiente de compacidade é a razão entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia, relacionando a forma da bacia com a de um círculo. Esse

coeficiente é um número adimensional que varia com a forma da bacia independentemente do seu tamanho, assim quanto mais irregular ela for, maior será o coeficiente de compacidade, ou seja, quanto mais próxima da unidade, mais circular será a bacia e será mais sujeita a enchentes. Um coeficiente mínimo igual a uma unidade corresponderia a uma bacia circular e, para uma bacia alongada, seu valor é significativamente superior a um, podendo ser calculado na seguinte equação, onde K_c é o coeficiente de compacidade, P é o perímetro em m e A é a área da bacia em m^2 . (VILELLA e MATOS, 1975; SOUZA, 2005; DUARTE et al., 2007). O coeficiente de compacidade pode assumir os seguintes valores, de acordo com Silva e Mello (2008):

$$K_c = \frac{0,28 \cdot P}{\sqrt{A}}$$

$1,00 \leq K_c < 1,25$ – bacia com alta propensão a grandes enchentes;

$1,25 \leq K_c < 1,50$ – bacia com tendência mediana a grandes enchentes;

$K_c \geq 1,50$ – bacia não sujeita a grandes enchentes.

O índice de circularidade é a razão entre a área total da bacia e o quadrado do perímetro da bacia, relacionando, assim como o coeficiente de compacidade, a forma da bacia com a de um círculo. Segundo Morisawa (1962) e Souza (2005), na expressão areal, é o que melhor se relaciona com o escoamento fluvial. Ele tende para a unidade à medida que a bacia se aproxima da forma circular e diminui à medida que a forma se torna alongada (CHRISTOFOLETTI, 1980; TEODORO et al., 2007). A finalidade deste índice é comparar a frequência ou a quantidade de cursos d'água existentes em uma área de tamanho padrão, como por exemplo, o quilômetro quadrado (CHRISTOFOLETTI, 1970). O índice foi calculado pela seguinte equação, onde IC é o índice de circularidade, A é a área em m^2 e P é o perímetro em m. O coeficiente de compacidade pode assumir os seguintes valores, de acordo com Muller (1953) e Schumm (1956) e Moura (2013):

$$IC = \frac{12,57 \cdot A}{P^2}$$

$IC = 0,51$ - representa um nível moderado de escoamento, não contribuindo na concentração de águas que possibilitem cheias rápidas.

$IC > 0,51$ - indicam que a bacia tende a ser mais circular, favorecendo os processos de inundação (cheias rápidas).

IC < 0,51 - sugerem que a bacia tende a ser mais alongada favorecendo o processo de escoamento mais lento.

A declividade é relevante no estudo de sub-bacias e microbacias hidrográficas, pois o tipo de solo, a ausência de cobertura vegetal e a intensidade das chuvas, dentre outros aspectos, agregado a uma maior declividade, conduzirá a uma maior velocidade de escoamento, menor quantidade de água armazenada no solo (SOUZA, 2005; TONELLO et al., 2006) e resultará em enchentes mais pronunciadas, sujeitando a bacia à degradação.

Foram gerados intervalos percentuais da declividade do relevo e classificado de acordo com a CPRM em 2010, que se utilizou da classificação da declividade das formas de relevo adotada como referência pelo IBGE e pela EMBRAPA, sendo separadas em seis intervalos: 0 a 3% com relevo plano; de 3 a 8% suave ondulado; de 8 a 20% ondulado; de 20 a 45% forte ondulado; de 45 a 75% montanhoso; e maior que 75% escarpado; disponível no site da empresa.

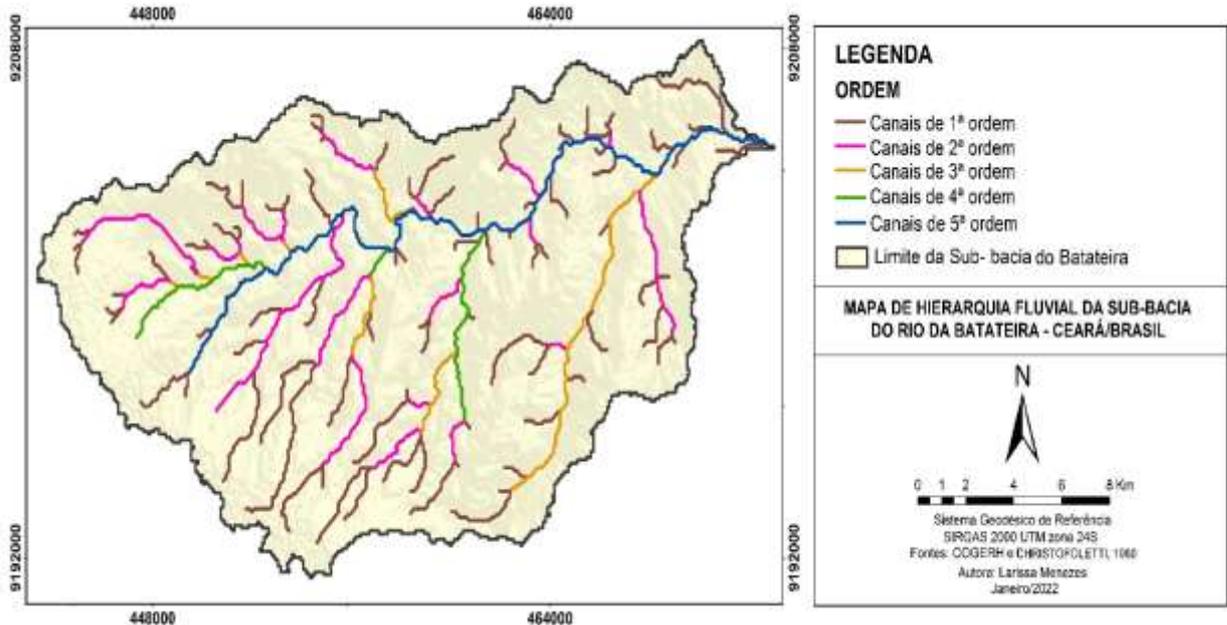
A altitude também interfere na intensidade de escoamento, pois tem influência na distribuição da vegetação, nos tipos de solos, no clima e, conseqüentemente, na rede de drenagem. Associa-se com a precipitação, evaporação e transpiração e, por conseguinte, sobre o deflúvio médio. Grandes variações de altitude em uma bacia geram diferenças significativas na temperatura média, a qual, por sua vez, causa variações na evapotranspiração. Mais significativas são as possíveis variações de precipitação anual com a elevação (DUARTE et al., 2007; TEODORO, 2007). As altitudes máximas e mínimas foram obtidas através do MDE.

Para a análise de sistemas climático-meteorológicos atuantes na área em 2011 e 2012, quando houve as maiores enchentes na bacia do rio da Batateira, e para saber os pontos mais afetados com estas enchentes, foram utilizados artigos, como o de Brito & Silva (2012) e Reis et al. (2012); e reportagens de *sites*, como o G1, e de *blogs*, como o *blog* Ponta da Serra e *blog* do Crato, dos municípios do Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha.

PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS APLICADOS À BACIA DO RIO DA BATATEIRA E AS SUB-BACIAS DO RIO GRANJEIRO, RIO SACO E RIACHO DOS MACACOS

Seguindo a proposta de Strahler (1952) para a hierarquização fluvial, estendendo-se desde a nascente, na Chapada do Araripe, foi verificado que o rio da Batateira é um rio de 6ª ordem (Figura 2), o que demonstra que a bacia possui um sistema de drenagem com ramificação significativa, e não tem a mesma ordem em toda a sua extensão. Foi verificado também que o padrão de drenagem da bacia do Batateira é dendrítica.

Figura 2 – Ceará/Brasil - Hierarquia fluvial da bacia do Batateira – 2020



Constatou-se muitos tributários de 1ª ordem e 2ª ordem, o que torna a rede fluvial da bacia do Batateira mais complexa (CHRISTOFOLETTI, 1980). De acordo com Wisler e Brater (1964) e Duarte (2007), a grande quantidade desses tributários é típico de áreas escarpadas. Seguindo a *lei do número de canais*, conforme Strahler, o total de rios na bacia do Batateira é de 531.

De acordo com o Figura 3, a área da bacia do Batateira é de aproximadamente 292,744 km² e seu perímetro é de aproximadamente 115,619 km. Seguindo a classificação de Wisler e Brater (1964) a área dessa bacia é classificada como grande, sendo superior a 26 km². Em relação ao perímetro, quanto maior ele for, maior o número de canais de 1ª ordem. Foi constatado, através do método de Strahler, que existem muitos canais de 1ª e 2ª ordem na bacia do Batateira, sendo o perímetro, portanto, considerado grande.

Figura 3 – Ceará/Brasil - Características físicas e resultados da bacia do rio da Batateira - 2021

Bacia do rio da Batateira	
Características físicas	Resultados
Área (km ²)	292,744 km ²
Perímetro (km)	115,619 km
Comprimento axial da bacia	28.890,15 m
Fator de forma	0,35074
Coefficiente de compacidade	1,89209
Índice de circularidade	0,27527

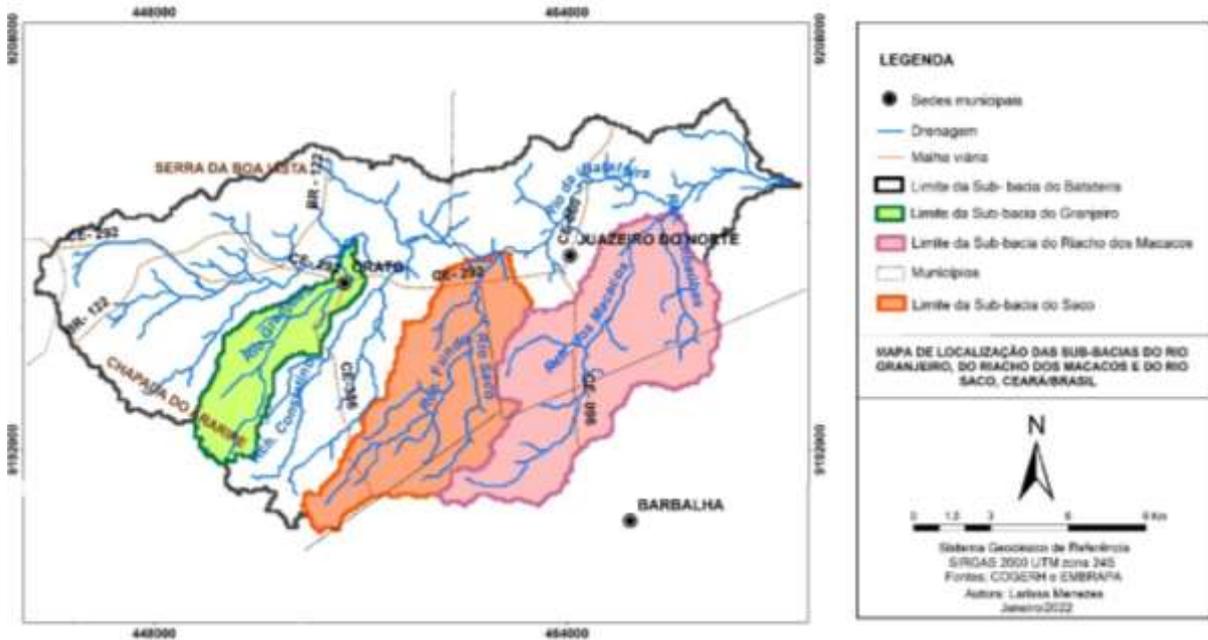
O fator de forma, o coeficiente de compacidade e o índice de circularidade estimados para a bacia foram, respectivamente, 0,35074; 1,89209; e 0,27527; o que demonstra ser, segundo as classificações de Muller (1953), Schumm (1956), Silva & Mello (2008) e Moura (2013), valores baixos, indicando que a bacia é estreita e alongada, favorecendo um alto nível de escoamento e uma baixa propensão à ocorrência de enchentes.

Quanto à altitude, foi verificado através do MDE que na bacia do rio da Batateira a altitude máxima é de 965 m, na sua parte oeste, onde está a Chapada do Araripe, e a mínima é de 354 m, na parte leste, onde estão a planície aluvial e o exutório do rio principal. Esses resultados demonstram uma amplitude significativa da nascente à foz do rio, concentrando-se as maiores altitudes na porção oeste da bacia, como também a maior quantidade de chuva e as maiores declividades, implicando diretamente no escoamento das águas.

Portanto, em condições normais, sem interferência humana e de eventos extremos pluviais, pode-se afirmar que a bacia é pouco suscetível a enchentes, sendo sua forma alongada, como indicam a área, o fator de forma, o coeficiente de compacidade e o índice de circularidade. Porém, as mudanças bruscas na altitude e na declividade dos talvegues podem gerar enchentes na bacia, associados a problemas como a antropização das encostas e ao desmatamento.

Para as sub-bacias do rio Granjeiro, rio Saco e riacho dos Macacos, situadas na margem direita do rio da Batateira (Figura 4), os parâmetros morfométricos obtidos foram, segundo a Figura 5: uma área de 19,8824 km² e um perímetro de 33,6966 km para a sub-bacia do rio Granjeiro, que é considerada pequena, sendo inferior a 26 km². Com uma área menor, o volume de água que passa pelo seu exutório é menor, menos também é o tempo para que toda a bacia contribua e mais pronunciados são os picos de enchentes. Uma área de 42,77802 km² e um perímetro de 44,1891 km para a sub-bacia do rio Saco; e uma área de 56,6627 km² e um perímetro de 53,025 km para a sub-bacia do riacho dos Macacos. Ambas as sub-bacias apresentam áreas que são consideradas grandes.

Figura 4 - Ceará/ Brasil - Mapa de localização da bacia do rio da Batateira, e das sub-bacias do rio Granjeiro, rio Saco e riacho dos Macacos – 2020



Ainda na Figura 5 é possível observar que o fator de forma estimado para as três sub-bacias foi de 0,197104 para a do rio Granjeiro, 0,265340 para a do rio Saco, e 0,26917 para a do riacho dos Macacos; o coeficiente de compacidade estimado para as três sub-bacias foi de 2,11597 para a do rio Granjeiro, 1,891697 para a do rio Saco, e 1,972377 para a do riacho dos Macacos; e o índice de circularidade das três sub-bacias foi de 0,220106 para a sub-bacia do Granjeiro, 0,275389 para a sub-bacia do Saco, e 0,253320 para a sub-bacia do riacho dos Macacos. Estes resultados indicam valores baixos, e sub-bacias com forma estreita e alongada, favorecendo um alto nível de escoamento e uma baixa propensão à ocorrência de cheias.

Figura 5 – Ceará/Brasil - Características físicas e resultados das sub-bacias do rio Granjeiro, rio Saco e do riacho dos Macacos - 2020

Características Físicas	Área de Drenagem (m ²)	Perímetro (m)	Comprimento axial da bacia	Coefficiente de Compacidade (Kc)	Fator de Forma (F)	Índice de Circularidade (IC)
Sub- bacia do Rio Granjeiro	19,8824	33,6966	10043,51205	2,11597	0,197104	0,220106
Sub- bacia do Rio Saco	42,77802	44,1891	12697,550985	1,891697	0,265340	0,275389
Sub- bacia do Riacho dos Macacos	56,6627	53,025	14508,902773	1,972377	0,26917	0,253320

Quanto à altitude, as máximas nas sub-bacias do rio Granjeiro, do rio Saco e do riacho dos Macacos, são respectivamente, de 965 m, 956 m e 503 m, a leste delas, onde se localiza a

Chapada do Araripe. As mínimas nessas sub-bacias são respectivamente de 407 m, 385 m e 365 m, a oeste delas, onde está a planície aluvial da bacia. Verifica-se que a variação de altitude do relevo é mais significativa nas sub-bacias do rio Granjeiro e do rio Saco, assim como na bacia do rio da Batateira, concentrando-se as maiores altitudes na porção leste das sub-bacias, onde também estão as maiores declividades.

Pode-se verificar que a área da sub-bacia do riacho dos Macacos está enquadrada em grande parte nos intervalos de 0 a 3%, classificado como plano, e 3 a 8%, classificado como suave ondulado, e pouco enquadrada no intervalo de 8 a 20%, classificado como ondulado, sendo uma bacia de baixa declividade, o que demonstra que seu escoamento superficial é mais devagar, o seu tempo é maior e os picos de enchentes são menores. As áreas das sub-bacias do rio Saco e rio Granjeiro apresentam relevo plano, suave ondulado, ondulado, forte ondulado e montanhoso, sendo consideradas de alta declividade na encosta das sub-bacias e baixa declividade no vale do Cariri. Assim como a sub-bacia do rio da Batateira, as sub-bacias do rio Saco e rio Granjeiro apresentam no geral altas declividades.

De acordo com esses dados, a sub-bacia do riacho dos Macacos é a menos declivosa e a mais baixa, favorecendo ainda mais a baixa propensão à cheia. A sub-bacia do rio Granjeiro demonstra através do índice de circularidade, fator de forma e coeficiente de compacidade e em condições normais, que a sub-bacia é a mais estreita, alongada e a mais irregular quanto à forma, o que favorece um alto nível de escoamento, sendo a menos propensa a cheias. Porém, a declividade da sub-bacia do rio Saco e a área e a declividade da sub-bacia do rio Granjeiro, invertem o quadro de pouca propensão para propensão a enchente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apesar dos resultados obtidos para a bacia hidrográfica do rio da Batateira e para as três sub-bacia de baixa propensão a enchentes, de acordo com a maioria dos dados, têm sido frequentes os relatos de enchentes nessa bacia hidrográfica. Elas estão relacionadas, entre outros fatores, as precipitações associadas a sistemas atmosféricos. No estado do Ceará estes atuam especialmente no sul, sendo: as frentes frias, a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), borda de Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN's), Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM), e ainda os fenômenos do El Niño e La Nina, que inibem a ocorrência de chuvas sobre aquela porção do território cearense (CPRM, 2012; LIMA, 2015).

Sendo assim, precipitações associadas a sistemas atmosféricos ocorreram em março de 2004, no município do Crato, quando choveu 110 mm em 1 hora, causando enchente em muitos

bairros da cidade e também na cidade de Barbalha; em março de 2008, no sertão do cariri cearense, que choveu mais de 85% acima da média histórica para março, causando perdas agrícolas e residências destruídas devido à enchente; e em 2015, nos meses de março e abril no sertão do cariri (MAGALHÃES, 2006; MENDONÇA, 2008; BRITO & SILVA, 2012; REIS et al., 2012; G1, 2015).

No ano de 2011, no município de Crato choveu 162 mm em 2 horas, sendo a terceira maior chuva entre os municípios afetados do dia 28 de janeiro e o que mais apresentou danos no mês de janeiro de 2011. Neste mês o total de chuva foi de 438,5 mm no posto Crato e no posto Lameiro de 340,0 mm (BRITO & SILVA, 2012; REIS et al., 2012). Os sistemas atuantes na área foram os CCM's. Nesse município foram muitos os prejuízos, entre os quais estão: alagamentos na área urbana próxima ao canal do rio Granjeiro e de grande parte do centro da cidade, que danificou ruas e estabelecimentos (entre órgãos públicos, bancos, cadeia, cemitério, igrejas, mercado municipal, residências), e os deixaram cobertas de lama; destruição do canal do rio Granjeiro; veículos levados e destruídos pela enchente, a destruição de pontes de ferro e de concreto; a estrada que conecta Juazeiro ao Crato também foi danificada; postes de eletricidade arrancados, além de pessoas desabrigadas e feridas de forma leve (MENDONÇA, 2008; BLOG DA PONTA DA SERRA, 2011; LIMA, 2011; BRITO & SILVA, 2012; REIS et al., 2012; e BLOG DO CARIRI, 2013).

No município de Juazeiro do Norte choveu 150 mm em 5 horas, sendo a quarta maior chuva do dia 04 de janeiro de 2011, sendo o VCAN o sistema atuante na área. Já em Barbalha foram 110 mm de chuva em 5 horas no dia 27 de março de 2011, causada pelos sistemas CCM's. Nestes municípios muitas residências foram alagadas e danificadas, ruas foram destruídas, houve perdas de plantios que se localizavam nos vales dos rios e riachos, e rodovias ficaram comprometidas (MENDONÇA, 2008; BLOG DA PONTA DA SERRA, 2011; BRITO & SILVA, 2012; REIS et al., 2012; e BLOG DO CARIRI, 2013).

No ano de 2012, em 05 de março, ocorreram precipitações de 92 mm, registrados no posto Crato, e de 83 mm, registrados no posto Lameiro, no município do Crato em cerca de 3 horas. O total de precipitação do mês de março de 2012 nos postos Crato e Lameiro foram respectivamente de 298,4 mm e 269,0 mm. Essas chuvas foram ocasionadas pela ZCIT. Foram muitos os impactos dessa chuva, como inundações, rompimento do canal do rio Granjeiro em vários pontos da cidade, inclusive de uma parte que já tinha sido reconstruída desde a última enchente de 2011, porém não havia sido concluído; mais de 50 famílias ficaram desabrigadas, muitos moradores dos bairros Vila Alta, Seminário, Vila São Bento e da zona rural ficaram sem passagem devido à queda e o comprometimento da estrutura das pontes que dão acesso desses

locais ao centro da cidade.

Além disso, deve-se levar em conta os elementos componentes do sistema da bacia hidrográfica do rio da Batateira, como o clima, o relevo e os solos, que influenciam neste caso a propensão a enchentes. O clima úmido, que favorece maior precipitação local, aliado a solos que estão sujeitos a processos erosivos acelerados e a movimentos de massa, podem causar o assoreamento dos rios Granjeiro e da Batateira, e conseqüentemente enchentes nas partes mais baixas da cidade do Crato, em especial nos meses de janeiro a abril, período de maiores precipitações. A posição da bacia hidrográfica do rio da Bateira a barlavento da Chapada do Araripe também favorece esse processo, uma vez

recebem mais precipitação do que os terrenos baixos adjacentes. (...) as vertentes a barlavento das montanhas são conhecidas por receberem mais precipitação do que as vertentes a sotavento, que são consideradas como sofrendo o efeito de “sombra de chuva” das vertentes a barlavento (AYOADE, 2010, p. 163).

Isso se agrava devido as ações antrópicas que têm causado impactos ambientais na bacia hidrográfica do rio da Batateira, principalmente próximos aos canais, com ocupações irregulares nas áreas de encosta da Chapada do Araripe e construção de granjas, clubes e hotéis; desmatamentos, principalmente da mata ciliar de rios e riachos, causando deslizamentos, mudanças no escoamento fluvial e conseqüentemente assoreamento nos cursos d’água e enchentes na área; impermeabilização dos interflúvios devido à urbanização crescente, reduzindo a infiltração e aumentando o escoamento superficial, causando também enchentes; o lançamento de esgotos; e o surgimento de ravinas e voçorocas (NETO et al., 2008).

Estudos como os de Neto et al. (2008); Meira (2011); Alves; Azevedo; Silva (2014); Monteiro (2014); e Silva et al. (2016), também realizados na região Nordeste, trazem a análise morfométrica associada à problemática ambiental em áreas urbanizadas, apontando um quadro de bacias hidrográficas pouco ou não propensas a enchentes, assim como neste estudo, sendo possível entender que os problemas ambientais citados são comuns de áreas urbanas e ainda em expansão.

Porém, para minimizar esses impactos, ações de gestão urbana e ambiental podem ser realizadas, como: dragagens periódicas dos rios e riachos nos trechos onde o assoreamento é mais crítico; reflorestamento para a recuperação de áreas degradadas por voçorocas e ravinas, e construção de diques dentro destas; além do saneamento das habitações situadas ao redor dessas voçorocas, através da canalização da rede de esgoto para a diminuição do aporte de água e de sedimentos em direção ao interior delas; a contenção de encostas, proibindo qualquer tipo de construção nos trechos de maior risco de erosão e de deslizamento nas vertentes da chapada

e também nos interflúvios urbanizados; além da captação da água da chuva e o reuso das águas servidas e medidas não estruturais, como sistemas de alerta, planos e zoneamentos e educação ambiental realizados pelos municípios, entre outras (GUERRA & SAMPAIO, 1996; GUERRA, 2011).

A canalização, apesar de ser uma das medidas estruturais para controle de enchentes, não foi bem-sucedida no rio Granjeiro como observadas nos últimos eventos de enchentes. Segundo Guerra e Cunha (2012), os processos de canalização, retificação e dragagem modificam o padrão de drenagem do rio reduzindo o comprimento do canal, com a perda de seus meandros, altera a forma do canal (com o aprofundamento e alargamento), diminui a rugosidade do leito e aumenta o seu gradiente. Além disso,

(...) acabam acelerando a velocidade das águas de escoamento e aumentam o risco de enchentes, para os quais também contribuem a pavimentação das vias e as construções, que impedem a infiltração e comprometem o abastecimento dos lençóis d'água subterrâneos e a recarga de aquíferos. (GUERRA, 2011, p.93).

Em vista disso, uma alternativa encontrada pelo governo do estado do Ceará para o rio Granjeiro foi a restauração, logo após a última grande enchente de 2011, para amenizar os efeitos negativos da canalização. Esse processo consiste na conservação de árvores, que estabilizam as margens; na minimização das mudanças de forma do canal, e na reconstituição da morfologia natural da calha do rio. A obra foi executada em um trecho de 900 m de extensão, e as paredes e o leito do rio receberam forte camada de ferro e concreto (GUERRA & CUNHA, 2012; BLOG DO CARIRI, 2013).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os cálculos morfométricos demonstraram que sem a influência de fatores antrópicos e em condições normais de precipitação, a bacia hidrográfica do rio da Batateira e as outras três sub-bacias pertencentes a esta e analisadas, apresentam baixa suscetibilidade a enchentes. Porém, quando influenciadas por eventos extremos de precipitação associados a sistemas atmosféricos, quando relacionadas aos impactos da ação antrópica, principalmente pelo uso e ocupação do solo desordenado; e aos próprios elementos constituintes do sistema da bacia hidrográfica do rio da Batateira, como o relevo (grandes diferenças altimétricas e de declividade), o clima, e os solos; tornam-se suscetíveis a enchentes.

Portanto, este estudo mostrou a necessidade da realização de estudos relacionados à dinâmica climática e estudos integrados da paisagem, para fins de conhecimento do local, e da

análise de parâmetros morfométricos, que deveriam constituir-se em ferramentas fundamentais e norteadoras para o planejamento e gestão territorial e ambiental adequado de ecossistemas, possibilitando uma melhor organização do uso e ocupação da terra e também para a gestão de bacias hidrográficas, objetivando ações e intervenções ambientalmente mais equilibradas por parte dos governos ou outras organizações que trabalham para este fim.

REFERÊNCIAS

ALVES, Telma Lucia Bezerra; AZEVEDO, Pedro Vieira de; SILVA, Madson Tavares. Análise morfométrica da microbacia hidrográfica riacho Namorado, São João do Cariri-PB: uma ferramenta ao diagnóstico físico. **Revista de Geografia**. UFPE, Recife, v. 31, n. 3, 2014.

ASSINE, M. L. Análise estratigráfica da bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 22, n. 3, p. 289-300, 1992.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. 13ª Ed. 332p.

BLOG DO CARIRI. **CRATO Restauração do Canal deve ser concluída no mês de setembro**, 2013. Disponível em: <http://www.caririceara.com/home/?pg=noticia&id=6061> Acesso em: jan. 2022.

BRITO, D. S; SILVA, J. M. O. Estudo dos impactos pluviométricos e os eventos extremos no município de Crato – CE. **Revista Geonorte**, Edição Especial 2, V.1, N.5, p.964 – 976, 2012.

CEARÁ, Governo do estado. Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado. Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará. **Sub- bacia hidrográfica do Salgado - Características gerais**. CRATO: 2009. 40p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise morfométrica das bacias hidrográficas do planalto de Poços de Caldas (MG)**. Livre - Docência, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Rio Claro, 215 p., 1970.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Editora Blucher, 1980. 188 p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999. 236 p.

CPRM, Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Comportamento das bacias sedimentares da região semi-árida do Nordeste brasileiro**. Hidrogeologia da porção oriental da bacia sedimentar do Araripe. Coord. Fortaleza: Veríssimo, L. S. & Aguiar, R. B. CPRM, 2005. 105 p. il.

CPRM, Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Projeto Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas: relatório diagnóstico Aquífero Missão Velha, Bacia Sedimentar do Araripe**. Coord. Belo Horizonte: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2012. 48 p. v.1

DUARTE, C. C. et. al. Análise Fisiográfica da bacia hidrográfica do Rio Tapacurá- PE. **Revista de Geografia**. Recife: UFPE – DCG/NAPA, v. 24, n. 2, mai/ago. 2007.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006.

FUNCEME. **Zoneamento geoambiental do Ceara: Parte II – Mesorregião do sul cearense**. Fortaleza, 2006.

- FUNCEME. **Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos - Mesorregião do Sul Cearense**. Fortaleza, 2012. 280p.
- GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia Urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. 280 p.
- GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. (Orgs.) **Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand-Brasil, 2012. (11a Ed.), 474 p.
- GUERRA, A. J. T.; SAMPAIO, J. J. A. Processos erosivos acelerados, movimentos de massa e assoreamento na cidade do Crato – CE. **Anuário do Instituto de Geociências** - V.19 – 1996.
- HORTON, R.E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geological Society America Bulletin*, 56(3), 1945, 275-370.
- LIMA, A. C. Blog da Ponta da Serra [Internet]. Crato: Antonio Correia Lima. 2011. Disponível em: <http://blogdapontadaserra.blogspot.com.br/2011/01/cidade-de-crato-vive-sua-maiorenchente.html> Acesso em jan. 2022.
- LIMA, F. J. **Evolução geomorfológica e reconstrução paleoambiental do setor subúmido da Chapada do Araripe: um estudo a partir dos depósitos colúviais localizados nos municípios de Crato e Barbalha – Ceará**. Recife: UFPE, 2015. p.142 (Doutorado). Universidade Federal de Pernambuco. Recife/ PE.
- MAGALHÃES, A. O. **Análise ambiental do Alto curso da Microbacia do Rio da Batateira no município do Crato/CE: Subsídios ao Zoneamento Ecológico- Econômico**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará/ CE, 2006. 200 p. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Ceará. Fortaleza/CE.
- MEIRA, D. A. **Aplicação de parâmetros morfométricos na bacia do riacho Pioré – Ibimirim (PE)**. UFPE, 2011. Monografia. 46 p.
- MENDONÇA, D. Blog do Crato. Crato: Dihelson Mendonça. 2008. Disponível em: http://blogdocrato.blogspot.com.br/2008/03/seca-d-lugar-enchentes-no-cariri_31.html Acesso em jan. 2022.
- MONTEIRO, K. A. et al. Parâmetros morfométricos aplicados à bacia do Rio Una (Pernambuco- Brasil) para identificar susceptibilidade a enchentes. **Revista Geográfica de América Central**. Nº 52, enero-junio 2014. p. 163-177.
- MORISAWA, M.E. Quantitative Geomorphology of Some Watersheds in the Appalachian Plateau. **Geological Society of America Bulletin**, 73: 1025-1046, 1962.
- MOURA, C. A. Avaliação de tendência a enchentes das bacias hidrográficas do município de Caraguatatuba (SP). **Revista de Geografia (UFPE)**. v. 30, n. 2. p. 123-138, 2013.
- MULLER, G. *Methods in Sedimentary Petrology*. New York: Stuttgart, 1953.
- PONTE, F. C.; MEDEIROS, R.A; & PONTE FILHO, F.C. Análise estratigráfica da Bacia do Araripe: Parte 1 – análise de seqüências. In: **II Simpósio sobre a Bacia do Araripe e bacias interiores do Nordeste**. Crato, Ceará, Brasil, 09-14 de novembro de 1997.
- SILVA, G. P.; CORDEIRO, D. S.; SILVA, J. H. M.; SILVA, R. F.; MARQUES, J. W. F. Determinação de parâmetros hidrológicos, morfométricos e problemas ambientais em setor urbano da bacia hidrográfica do Rio Mundaú - Município de Rio Largo (AL). In: **I Workshop de Geomorfologia e Geoarqueologia do Nordeste, 2017**, Recife. E-book do I Workshop de Geomorfologia e Geoarqueologia do Nordeste. Recife: GEQUA, 2016. v. I.

- NETO, R. T. L. et al. Análise morfométrica e ambiental da microbacia hidrográfica do rio Granjeiro, Crato/ CE. **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, MG vol.61 n.3: p. 365-369, jul/s. 2008.
- REIS, G. P; SILVA, F. M. A; SILVA, J. M. O. Eventos extremos de chuva na porção a barlavento da Chapada do Araripe – CE no período chuvoso de 2011. **Revista Geonorte**, Edição Especial 2, V.1, N.5, p.988– 999, 2012.
- RIBEIRO, S. C. **Etnogeomorfologia sertaneja: proposta metodológica para a classificação das paisagens da sub-bacia do rio Salgado/CE**. Rio de Janeiro: UFRJ/PPGG, 2012. 278 p. Tese (Doutorado em Planejamento e Gestão Ambiental).
- SCHUMM, S. A. Meanderwavelength of alluvial rivers. **Science**, v. 157, 1956.
- SILVA, A. M.; MELLO, C. R. **Apostila de Hidrologia**. Universidade Federal de Lavras. Disponível em: www.deg.ufla.br/Irriga%C3%A7%C3%A3o/Disciplinas/ENG%20170/hidrologia_eng_170.html Acesso em jan. 2022.
- SOUZA, C. R. G. **Suscetibilidade morfométrica de bacias de drenagem ao desenvolvimento de inundações em áreas costeiras**. Revista Brasileira de Geomorfologia. v. 6 n.1, p. 45-61, 2005.
- STRAHLER, A. N. Hypsometric (area-altitude) analysis and erosional topography. **Geological Society of America Bulletin**, v. 63, p. 1117 – 1142. 1952.
- TEODORO, V. L. I. et al. Conceito de bacia hidrográfica e a importância da Caracterização Morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Uniara**, Araraquara, SP, n.20, 2007.
- TONELLO, K. C. et al. Morfometria da Bacia Hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhanes – MG. **Revista Árvore**. Viçosa – MG, v. 30, n. 5, p. 849-857. 2006.
- VILLELA, S.M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGRAW-Hill do Brasil, 1975. 245 p.
- ZÃVOIANU, I. Morphometry of Drainage Basins. Developments in **Water Science**, v. 20. nd2 Edition. Elsevier. 1985, 250 p.
- WISLER, C.O.; BRATER, E.F. **Hidrologia**. Tradução e publicação de Missão Norte-Americana pela Cooperação Econômica e Técnica no Brasil. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico S.A. 1964.