

ANÁLISE DOS PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO COREAÚ, CEARÁ, BRASIL

ANALYSIS OF MORPHOMETRIC PARAMETERS OF THE COREAÚ RIVER WATER BASIN, CEARÁ, BRAZIL

ANÁLISIS DE PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS DE LA CUENCA DEL RÍO COREAÚ, CEARÁ, BRASIL

DANIEL DOS REIS CAVALCANTE¹
ÍCARO BRENO DA SILVA²
FREDERICO DE HOLANDA BASTOS³
ABNER MONTEIRO NUNES CORDEIRO⁴

¹Mestre em Geografia, Universidade Estadual do Ceará
E-mail: daniel_reisc1@hotmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5060-6954>

²Mestre em Geografia, Universidade Estadual do Ceará
E-mail: icarbrenos@hotmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8164-5614>

³Doutor em Geografia, Universidade Estadual do Ceará
E-mail: fred.holanda@uece.br ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4330-7198>

⁴Doutor em Geografia, Universidade Estadual do Ceará
E-mail: abnermncordeiro@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4867-7083>

RESUMO

Os rios possuem importância econômica, social e política, além disso, a drenagem proporciona importantes informações sobre o meio físico. Para obtenção de tais informações as análises morfométricas em bacias hidrográficas se mostram como um meio bastante efetivo. O trabalho tem como objetivo principal uma caracterização e análise dos parâmetros morfométricos da bacia hidrográfica do rio Coreaú – Ceará, a partir de alguns parâmetros físicos e do uso de técnicas de geoprocessamento, possibilitando assim o levantamento de informações que podem subsidiar no tratamento ambiental e no melhor aproveitamento dos recursos naturais da área em questão. A pesquisa dividiu-se em levantamento bibliográfico, técnicas de geoprocessamento e pesquisas de campo. Através da hierarquização da rede de drenagem da bacia hidrográfica do rio Coreaú, pôde-se afirmar que esta é uma bacia de 6ª ordem, onde o Coreaú é o principal rio, em relação ao índice de densidade de drenagem (Dd), este apresentou-se relativamente baixo, 1,34 km⁻². Tal valor apresentado está condicionado pela ação combinada dos diferentes componentes ambientais que compreendem a bacia hidrográfica em questão, outros parâmetros também foram analisados, como, por exemplo, Fator de Forma (Kf), Índice de Circularidade (IC), Coeficiente de Compacidade (Kc), entre outros. Neste contexto a caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Coreaú foi de grande importância para gerar informações sobre a dinâmica ambiental local e da sua relação com o comportamento hidrológico.

Palavras-chave: Morfometria de bacias. Densidade de Drenagem. Semiárido Nordeste.

ABSTRACT

Rivers possess economic, social, and political value. Moreover, river drainage provides important information the physical environment. Morphometrics analysis of hydrographic basins have been proven to be an effective means as to acquire such information. Thus, this work deals mainly with the characterization and analysis of morphometric parameters of the hydrographic basin of Coreaú river – Ceará based on certain physical parameters and the usage of geoprocessing techniques, therefore enabling the gathering of information which can subsidize the environmental treatment and the better use of the natural resources of the area in question. The research is divided into bibliographic survey, geoprocessing techniques and fieldwork. Through the hierarchization of the hydrographic basin of Coreaú river's drainage network, it was possible to assert that said basin is a 6th order one, where Coreaú is the main river, in relation to the drainage relative density index, it presented itself if relatively low, at 1,34 km⁻². Such amount is conditioned by two different environmental components which comprise the hydrographic basin in question. Further parameters were evaluated such as Form Factor (Kf), Circularity Index (CI), Compactness Coefficient (Kc), amongst others. In this context, the morphometric characterization of Coreaú river's hydrographic basin was of great value as to yield information regarding the local environmental dynamic and its relationship with the hydrological behavior.

Keywords: Basins' morphometry. Drainage density. Northeastern semiarid.

RESUMEN

Los ríos tienen importancia económica, social y política, además, el drenaje proporciona información importante sobre el medio físico. Para obtener dicha información, los análisis morfométricos en cuencas fluviales resultan ser un medio muy eficaz. El principal objetivo del trabajo es caracterizar y analizar los parámetros morfométricos de la cuenca del río Coreaú – Ceará, a partir de algunos parámetros físicos y el uso de técnicas de geoprocésamiento, posibilitando así la recolección de información que pueda apoyar el tratamiento ambiental y un mejor uso de los recursos naturales de la zona en cuestión. La investigación se dividió en levantamiento bibliográfico, técnicas de geoprocésamiento e investigación de campo. A través de la jerarquía de la red de drenaje de la cuenca del río Coreaú, fue posible afirmar que ésta es una cuenca de sexto orden, donde el Coreaú es el río principal, en relación al índice de densidad de drenaje (Dd), este presentó -si bien relativamente baja, 1,34 km⁻².), entre otros. En este contexto, la caracterización morfométrica de la cuenca del río Coreaú resultó de gran importancia para generar información sobre la dinámica ambiental local y su relación con el comportamiento hidrológico.

Palabras clave: Morfometría de cuenca. Densidad de Drenaje. Semiárido del noreste.

INTRODUÇÃO

Para Lima (2006), os rios possuem importância econômica, social e política e, muito além disso, a drenagem pode propiciar relevantes informações sobre o meio físico, sobretudo no que tange aos aspectos ambientais. Dessa forma, sua análise fornece subsídios sobre as melhores maneiras de intervenções sobre os recursos naturais.

Todo rio drena um determinado percentual de um território, conhecido como bacia hidrográfica, que fornece água e sedimentos para o canal dos rios, dessa forma a bacia hidrográfica é a área drenada por um sistema fluvial, onde tal sistema é composto por um conjunto de canais de escoamento (CHARLTON, 2008; CHRISTOFOLETTI, 1980; STEVAUX; LATRUBESSE, 2017).

O conceito de bacia hidrográfica está relacionado a uma determinada área de captação natural da precipitação que faz convergir para seu exutório. Tal recorte espacial vem sendo bastante utilizado como objeto de estudo em diversas pesquisas com o intuito de melhor aproveitar os recursos hídricos e os demais recursos naturais. Segundo Giometti (1998), uma bacia hidrográfica é considerada a melhor unidade para se trabalhar, pois oferece subsídios que auxiliam na compreensão da organização e dinâmica dos fluxos de energia e matéria que circulam ao longo do sistema.

Desta forma, segundo Morisawa (1985), a bacia hidrográfica pode ser considerada como um sistema processo-resposta, pois uma mudança em algum setor de uma bacia hidrográfica desencadeia uma resposta, que, por sua vez, pode ocorrer em qualquer lugar ao longo da área de drenagem. Assim, torna-se possível acompanhar as mudanças introduzidas pelo homem e as respectivas respostas ocorridas dentro da bacia.

Para isso, se faz necessário o conhecimento dos aspectos morfométricos ao longo da área de estudo. Estes são elementos de grande importância para o entendimento do comportamento hidrológico, pois há uma estreita relação entre o ciclo hidrológico e a morfometria (VILLELA; MATTOS, 1975). Com estes dados, é possível inferir, mesmo que indiretamente, valores hidrológicos para locais da bacia hidrográfica onde as informações são escassas.

A caracterização morfométrica, por sua vez, também auxilia na previsão de determinados fenômenos, como, por exemplo, enchentes e inundações (VILLELA; MATTOS, 1975; CARDOSO et al., 2006). Neste sentido, Christofolletti (1980) ressalta a importância da análise integrada dos aspectos de drenagem, relevo e geologia, que podem levar a uma melhor explicação e compreensão das questões associadas à dinâmica ambiental do ambiente.

Neste contexto, a delimitação da área da bacia hidrográfica e a caracterização morfométrica da mesma são de grande importância para o seu manejo adequado, além do entendimento da dinâmica ambiental local e da sua relação com o comportamento hidrológico. Para isso, os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) desempenham importante papel na tomada de decisões a partir da aquisição, armazenamento e análise dos dados geográficos,

possibilitando um levantamento rápido e detalhado em relação aos aspectos físicos da bacia hidrográfica.

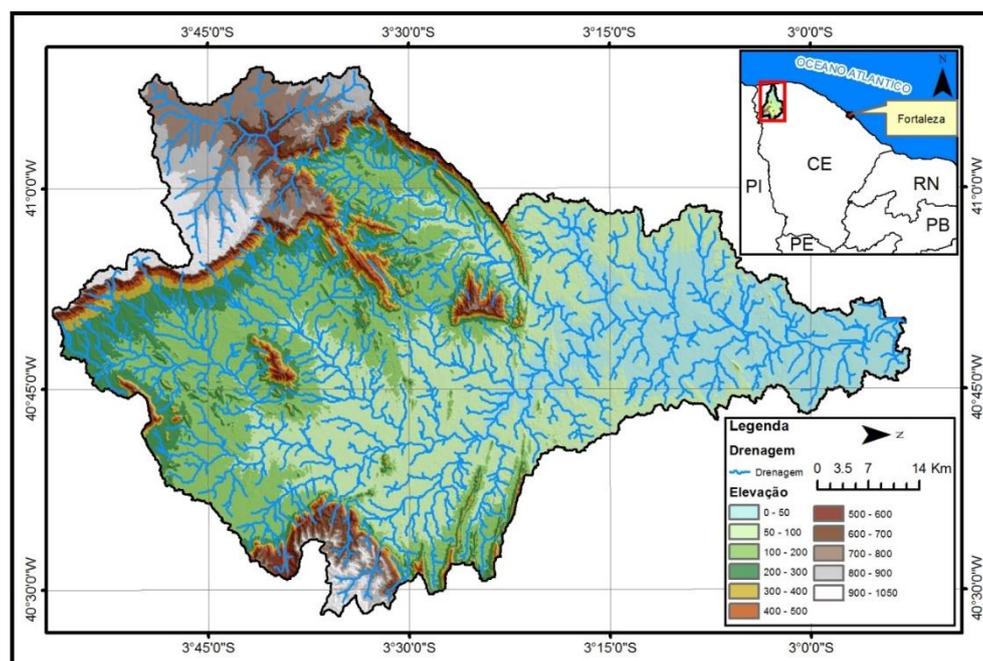
Diante do exposto, o trabalho tem como objetivo principal uma caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Coreaú – Ceará, a partir de alguns parâmetros físicos e do uso de técnicas de geoprocessamento, possibilitando um melhor gerenciamento e aproveitamento dos recursos naturais da área em questão.

A bacia hidrográfica do Coreaú (Mapa 01), localizada no setor NW do Estado do Ceará, abrange integralmente os municípios de Moraújo, Coreaú, Frecheirinha e Alcântaras, e parte de outros 13 municípios com destaque para Camocim, Granja, Sobral, Tianguá, Ubajara e Viçosa do Ceará.

Do ponto de vista geológico a bacia hidrográfica do rio Coreaú está localizada, em sua maior parte, no Domínio médio Coreaú - DMC, constituído por rochas cristalinas e cristalofilianas pré-cambrianas, que corresponde a um cinturão dobrado (*orogenic belt*) (TORQUATO; NOGUEIRA NETO, 1996). Tal bacia hidrográfica é marcada por intensa diferenciação topográfica ao longo de seu perfil longitudinal, condicionada pela expressiva variação litoestratigráfica e pelo arranjo estrutural (*e.g.*, dobras e falhas) dessas rochas (TORQUATO, 1995; BRASIL, 2003), além do DMC há rochas sedimentares do Grupo Serra Grande, Jaibaras e Riacho Sairi, bem como sedimentos do Grupo Barreiras (BRASIL, 2003).

A diversidade litológica apresentada e submetida aos processos erosivos e agradacionais sob condições climáticas semiáridas, condicionou uma significativa variação morfológica, com setores mais elevados, associados ao *glint* da Ibiapaba, configurado como um escarpamento contínuo (com altitudes médias de 800m) sustentado pelo Grupo Serra Grande discordantemente disposto sobre o embasamento do DMC (CLAUDINO SALES; LIRA, 2011); maciço granitóide da Meruoca; cristas residuais quartzíticas; superfícies de erosão sertanejas (metamórficas) pontilhadas de *inselbergs* e *inselguebergs*, além dos setores de agradação pré-litorâneos e litorâneos, representados pelos depósitos do Neógeno-Pleistoceno associados ao Grupo Barreiras (Formação Barreiras indiviso e Formação Camocim), e pelas planícies fluviais e flúvio-marinhas holocênicas (BRASIL, 2003).

Mapa 01: Localização e hipsometria da bacia hidrográfica do rio Coreaú, Ceará, Brasil.



Fonte: Elaborado pelos autores (2018), a partir de imagens do satélite ALOS PALSAR.

Do ponto de vista climático a bacia hidrográfica do rio Coreaú, possui irregularidade das precipitações, mesmo na estação chuvosa, e a concentração no tempo, traz reflexos marcantes no escoamento superficial. Este é também afetado, diretamente, pelo grau de declividade do relevo e pela impermeabilidade das rochas que compõem o embasamento cristalino pré-cambriano, que apresenta terrenos nitidamente marcados por deformações dúcteis e rúpteis em uma extensa superfície erosiva dissecada por condições climáticas semiáridas.

Já as variações climáticas registradas na bacia estão associadas, diretamente, ao regime pluviométrico, que é dependente da proximidade do litoral, onde os totais pluviométricos apresentam um aumento substancial e as temperaturas são mais estáveis, e do *glint* da Ibiapaba (borda oriental da bacia sedimentar do Parnaíba), onde os totais pluviométricos são maiores e as chuvas são mais regularmente distribuídas, além da altimetria contribuir para atenuar as condições térmicas locais, onde as temperaturas médias anuais variam entre 22 a 26°C (IPECE, 2017).

MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia empregada nesta pesquisa foi dividida em quatro etapas: levantamento bibliográfico e de dados cartográfico; técnicas de geoprocessamento; trabalho de campo; e tabulação e análise dos dados.

A obtenção dos aspectos morfométricos da bacia hidrográfica do rio Coreaú foi dividida em duas etapas, a saber: aquisição dos dados e delimitação da bacia; e a caracterização morfométrica da mesma a partir dos cálculos dos índices desejados, a saber: área, perímetro, declividade, altitude, coeficiente de compacidade (Kc), fator de forma (Kf), índice de circularidade (IC), densidade de drenagem (Dd), coeficiente de manutenção (Cm), ordem dos cursos d'água, número de canais, frequência dos canais e orientação da bacia hidrográfica.

Para a realização da caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Coreaú foram utilizadas imagens do satélite ALOS, mais especificamente do sensor PALSAR, com resolução espacial de 12,5 x 12,5, adquiridas gratuitamente pelo site *vertex.daac.asf.alaska.edu*. Foram adquiridas um total de seis imagens.

A partir do momento em que obteve-se a delimitação da bacia hidrográfica, passou-se a realizar os devidos cálculos para obter suas diferentes características físicas. Entre elas, pode-se citar: área, perímetro, coeficiente de compacidade (Kc), fator de forma (Kf), índice de circularidade (IC), declividade, altitude, densidade de drenagem (Dd), coeficiente de manutenção (Cm), ordem dos cursos d'água, número de canais, frequência dos canais e orientação da bacia hidrográfica. As equações dos parâmetros utilizados na análise morfométrica da Bacia Hidrográfica do rio Coreaú estão demonstradas no Quadro 1.

Quadro 1: Parâmetros utilizados na análise morfométrica da Bacia Hidrográfica do rio Coreaú.

	Parâmetro	Equação	Definição	Unidade
GEOMÉTRICOS	Área (A)	A	A = área da bacia em km ²	km ²
	Perímetro	P	P = perímetro da bacia em km	km
	Fator de forma (Kf)	$Kf = \frac{A}{L^2}$	A = área da bacia em km ² ; L = comprimento do eixo da bacia em km	-
	Índice de Circularidade (IC)	$IC = \frac{12,57 * A}{P^2}$	A = área da bacia em km ² ; P = perímetro da bacia em km	-

	Coeficiente de Compacidade (Kc)	$Kc = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$	A = área da bacia em km ² ; P = perímetro da bacia em km	-
DRENAGEM	Comprimento total dos cursos d'água (Lt)	Lt	Lt = Comprimento total dos cursos d'água em km	km
	Densidade de Drenagem (Dd)	$Dd = \frac{Lt}{A}$	Lt = Comprimento total dos cursos d'água em km; A = área da bacia em km ²	km/km ²
	Coeficiente de Manutenção (Cm)	$Cm = \frac{1}{Dd}$	Dd = Densidade de Drenagem em km/km ²	m ² /m
	Ordem dos Cursos D'água	-	<i>Strahler (1954)</i>	-

Fonte: Villela e Mattos (1975); Cardoso et al. (2006); Tonello (2006). Organizado pelos Autores.

A área corresponde a todo setor drenado pelo sistema fluvial ao longo dos seus divisores topográficos, sendo considerado o elemento básico para o cálculo de diversos índices morfométricos, já o perímetro corresponde ao comprimento da linha ao longo destes divisores (TONELLO, 2005).

Já a declividade refere-se à inclinação da superfície do terreno. Esta variável relaciona-se com a velocidade com que se dá o escoamento superficial, influenciando assim, o tempo que leva a água precipitada para concentrar-se nos leitos fluviais (VILLELA; MATTOS, 1975). Para os intervalos de declividade serão adotadas as classes da Embrapa (1979).

O coeficiente de compacidade é a relação entre o perímetro da bacia hidrográfica e a circunferência de um círculo de área igual à desta mesma bacia (CARDOSO et al., 2006). Quanto mais próximo de 1 for o coeficiente de compacidade, mais a bacia assemelha-se com um círculo, sendo mais susceptível a enchentes acentuadas (VILLELA; MATTOS, 1975). Sendo: “Kc” o coeficiente de compacidade; “P” o perímetro (m); e “A” a área de drenagem (m²).

O fator de forma corresponde à razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia hidrográfica, relacionando sua forma com a de um retângulo (CARDOSO et al., 2006). Segundo Villela e Mattos (1975), uma bacia com um fator de forma baixo é menos sujeita a enchentes que outra de mesmo tamanho, mas com fator de forma maior. Sendo: “Kf” o fator de forma; “A” a área de drenagem (m²); e “L” o comprimento do eixo da bacia (m).

Segundo Tonello *et al.* (2006), o índice de circularidade tende para a unidade à medida que a bacia se aproxima de uma forma mais circular e diminui à medida que a mesma torna-se mais alongada. Bacias mais alongadas, segundo Villela e Mattos (1975), possuem menor concentração de deflúvio. Sendo: “IC” o índice de circularidade; “A” a área de drenagem (m²); e “P” o perímetro (m).

Já a densidade de drenagem indica o grau de desenvolvimento do sistema de drenagem. Esta, segundo Christofletti (1980), é uma das variáveis mais importantes e representa o grau de dissecação topográfica em paisagens elaboradas pela atuação fluvial ou a quantidade disponível de canais de escoamento. Do ponto de vista geométrico os padrões de drenagem podem ser classificados como: dendrítico, treliça, paralela, radial e anelar. Tais padrões são influenciados, segundo Mito *et al.* (2014), pela natureza e disposição das rochas (e do seu comportamento hidrológico), declividade, amplitude altimétrica e pela evolução geológica e geomorfológica da região. Sendo: “Dd” a densidade de drenagem (km/km²); “Lt” comprimento total de todos os canais (km); e “A” a área de drenagem (km²).

Obtida a densidade de drenagem, é possível calcular o coeficiente de manutenção. O mesmo representa a área necessária que a bacia deve ter para manter perene cada metro decanal de drenagem (SANTOS et al., 2012). Sendo: “Cm” o coeficiente de manutenção (m²/m); “Dd” a densidade de drenagem (km/km²).

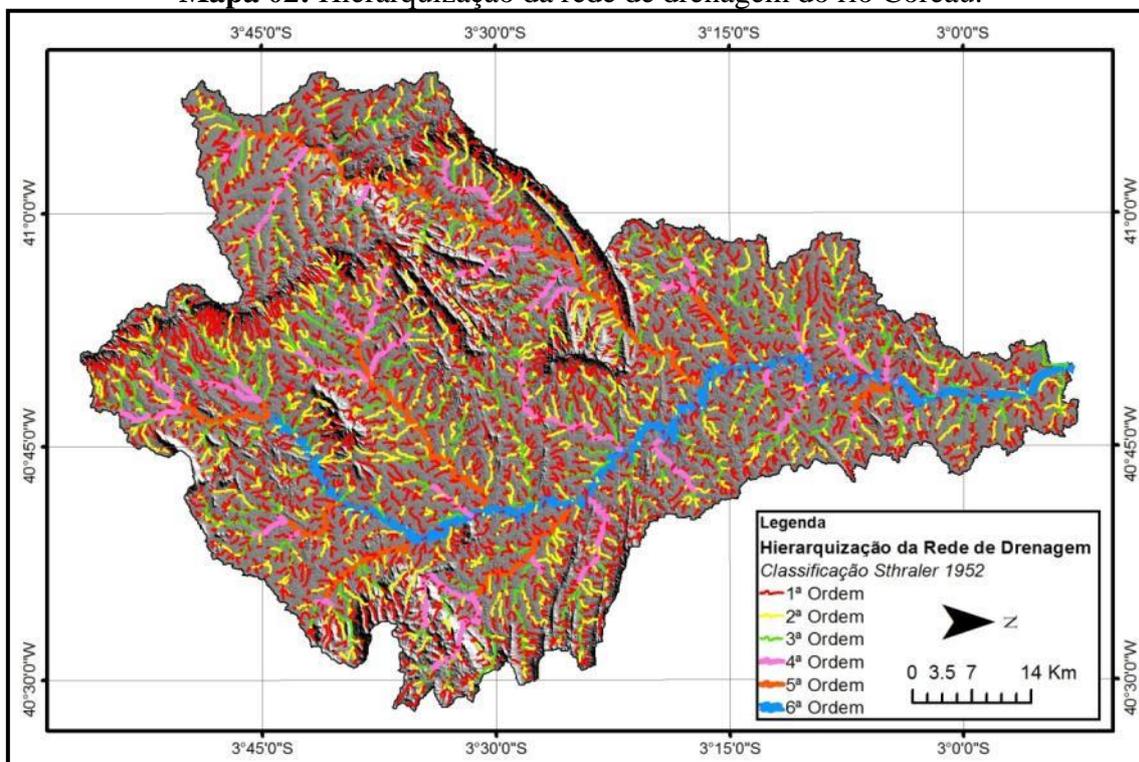
Em relação a ordem de drenagem, esta pode ser determinada segundo os critérios propostos por Horton e Strahler, nas décadas de 40 e 50, respectivamente. O presente trabalho optou por adotar a classificação deste último, em que canais sem tributários são considerados de primeira ordem. Canais de segunda ordem são oriundos da confluência de dois canais de primeira ordem e assim sucessivamente.

Desta forma, as características morfométricas – área, perímetro, comprimento da drenagem, número de canais e frequência de canais – foram calculadas na tabela de atributos de arquivos vetoriais da bacia hidrográfica e da drenagem. As características de declividade e de altitude foram obtidas a partir dos dados de radar da imagem ALOS PALSAR.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através da hierarquização da rede de drenagem da bacia do rio Coreaú (Mapa 02), pôde-se afirmar que esta é uma bacia de 6^a ordem, onde o Coreaú é o principal rio, tendo suas principais nascentes localizadas no planalto da Ibiapaba e nas serras do Carnutum e Meruoca. O rio Coreaú, com 152 km de comprimento e orientado para norte, possui oito afluentes de 5^a ordem que juntos somam 195 km de comprimento, sendo os mais expressivos os rios Itaquiatiara, Itacolomi, Juazeiro e Sairi.

Mapa 02: Hierarquização da rede de drenagem do rio Coreaú.



Fonte: Elaborado pelos autores (2018), a partir de imagens do satélite ALOS PALSAR.

A bacia apresenta uma área de 4.431 km², perímetro de 524 km e sua rede de drenagem está disposta em 4.010 cursos d'água, onde o comprimento total dos canais (Lu) mede um total de 5.947 km, sendo o comprimento médio dos canais (Lm) de 1,48 km.

Dados quantitativos dos canais fluviais da bacia do rio Coreaú manifestam os resultados obtidos para análise linear da rede de drenagem, onde os canais de 1ª (3.138 canais) e 2ª (673 canais) ordem representam 95,03% dos cursos d'água da bacia em análise, no entanto, são canais que não apresentam grande extensão, assumindo em média 0,964 a 1,921 km por canal. Entretanto, à medida que aumenta a ordem dos canais, a quantidade de canais diminui e aumenta a extensão linear dos mesmos. Assim, os canais de 3ª, 4ª e 5ª ordem apresentam, respectivamente, 4,981 km, 9,125 km e 24,375 km de comprimento médio, constituindo os afluentes mais significativos do rio Coreaú.

O canal de 6ª ordem, representado pelo rio Coreaú, assume, ao longo dos seus 152 km de comprimento, diferentes direções, assumindo a direção N-S, de forma preponderante, sobre os sedimentos do Grupo Barreiras. O rio Coreaú apresenta índice de sinuosidade (Is) igual a 1,29, indicando que o canal do rio Coreaú não tem forma retilínea, mas também, não pode ser considerado como sinuoso, ou seja, o canal apresenta forma transitória. Conforme Freitas (1952) o índice de sinuosidade $< 1,0$ pode ser considerado um canal retilíneo e um canal com índice de sinuosidade $> 2,0$ pode ser considerado um canal sinuoso.

Também é possível afirmar que a área em estudo apresenta-se pouco susceptível a enchentes, levando em consideração as condições normais de precipitação. Este fato pode ser constatado pelo coeficiente de compacidade que apresentou um valor afastado da unidade (2,20) e pelo fator de forma com valor próximo de zero (0,32).

O índice de circularidade também afirma que a bacia em questão possui formato mais alongado, já que o valor obtido para este índice apresentou-se bem abaixo do valor unitário (0,20). Deste modo, a forma alongada da bacia hidrográfica acaba por favorecer um maior tempo de concentração da água e uma baixa susceptibilidade a enchentes, já que, segundo Cardoso et al. (2006), o formato circular de algumas bacias hidrográficas acaba por favorecer uma maior concentração de volume de água no seu canal principal.

Diversos fatores controlam a densidade de drenagem (Dd) em determinada bacia hidrográfica, pode-se citar como os mais importantes o clima, relevo, solos, substrato litológico e cobertura vegetal, estes são fatores eminentemente de cunho natural, porém para Coralles (2000), os fatores antrópicos que podem gerar alterações na Dd de uma bacia são a urbanização e a agricultura.

A bacia hidrográfica do rio Coreaú apresentou um índice de Dd relativamente baixo (Mapa 03), $1,34 \text{ km}^{-2}$. Tal valor apresentado está condicionado pela ação combinada dos diferentes componentes ambientais que compreendem a bacia hidrográfica em questão. No caso do clima, que de acordo com Stevaux e Latrubesse (2017) é o fator de controle mais importante, a Dd sofre redução por estar localizada, em sua maior parte, em áreas com predomínio de clima semiárido.

No semiárido nordestino documentam-se elevadas taxas de insolação, elevadas temperaturas, bem como totais pluviométricos baixos com alta variabilidade no tempo e no espaço e elevadas taxas de evapotranspiração, que acabam refletindo num significativo déficit hídrico anual (ZANELLA, 2014), conseqüentemente na Dd.

Dentro de um mesmo ambiente climático o que passa a sobressair é o fator litológico (CHRISTOFLETTI, 1980; STEVAUX; LATRUBESSE, 2017; TONELLO et al., 2006), onde dependendo das propriedades geomorfológicas das rochas ter-se-á maior Dd ou não. No caso da bacia hidrográfica do rio Coreaú, tal observação se fez bastante válida, tendo em vista que há diferentes unidades litoestratigráficas que condicionam a Dd.

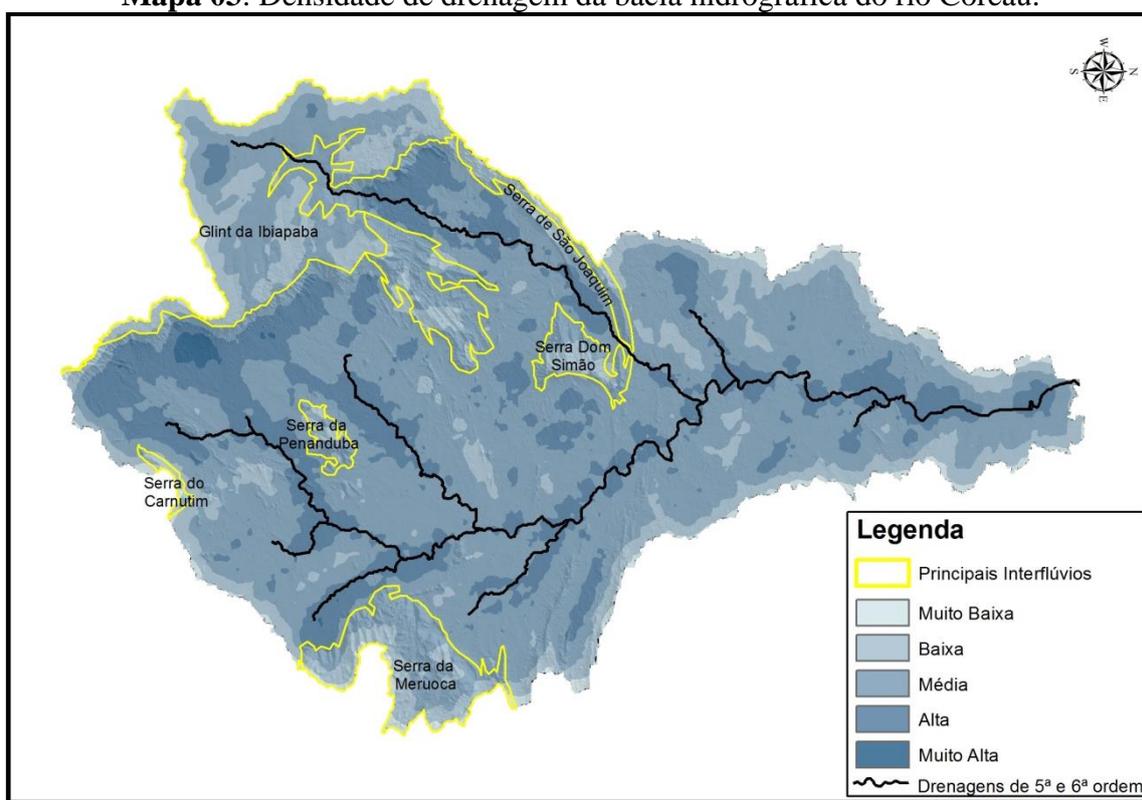
O setor do *glint* da Ibiapaba, que representa um importante enclave úmido cearense, é sustentado por arenitos do Grupo Serra Grande, esse tipo de rocha apresenta significativa porosidade primária, aumentando, dessa forma, a capacidade de infiltração da água e, conseqüentemente, na diminuição da Dd. Esse contexto pode ser facilmente observado em

outros setores da bacia, como, por exemplo, onde ocorre a Formação Trapiá (arenitos), Grupo Sairi (arenitos), Formação Frecheirinha (calcários), Grupo Barreiras, entre outros.

Os maiores valores de densidade de drenagem concentram-se no centro-sul da bacia, em função da predominância e do comportamento das rochas do embasamento pré-cambriano, que dificultam a infiltração da água, favorecendo o escoamento superficial.

A forma como o relevo se apresenta também influencia na Dd, sendo que em relevos planos a Dd tende a diminuir consideravelmente (STRAHLER, 1964 *apud* MARTINI 2012). Este fato, certamente, também é um fator importantíssimo para se justificar a baixa Dd da bacia do rio Coreaú, pois a mesma apresenta 79,63% de sua área total dividida entre relevo plano (0-3/37,65%) e suave ondulado (3-8/41,98%) (Figura 01).

Mapa 03: Densidade de drenagem da bacia hidrográfica do rio Coreaú.



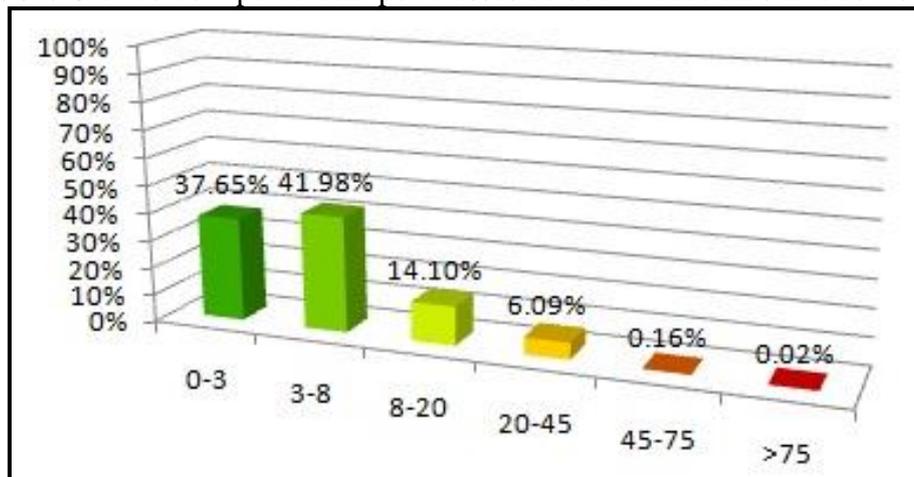
Fonte: Elaborado pelos autores (2019), a partir de imagens do satélite ALOS PALSAR.

É muito provável que em áreas onde a densidade de drenagem se apresenta mais acentuada, o grau de dissecação do relevo seja também acentuado, tendo em vista que os processos de erosão linear comandados pela ação fluvial, sobretudo em áreas de expressivos gradientes, são os principais responsáveis por formar vales encaixados em forma de “V”.

Fatores como solos e cobertura vegetal também têm participação direta na forma como se apresenta a densidade de drenagem de determinadas bacias hidrográficas (CHRISTOFOLETTI, 1980; STEVAUX; LATRUBESSE, 2017; VILLELA; MATTOS, 1975). Os solos agem de forma similar aos aspectos litoestruturais, pois de acordo com Stevaux e Latrubesse (2017), classes de solos distintas, apresentam Dd diferentes.

Porém tipos de solos iguais também podem apresentar diferentes densidades de drenagem, tal fato foi observado por Demattê e Demétrio (1998) que utilizaram o índice de Dd para detectar áreas onde solos estavam mais intemperizados dentro de um mesmo substrato rochoso.

Figura 01: Gráfico com percentual por classes de declividade da bacia do rio Coreaú.



Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

Na bacia hidrográfica em questão, em decorrência da expressiva heterogeneidade litológica, há uma significativa variação de tipos de solos, porém a área em análise apresenta, em sua grande maioria, solos pouco desenvolvidos. Entretanto nos setores presentes no *glint* da Ibiapaba existem solos bastante desenvolvidos como no caso dos Latossolos Amarelos da região (Figura 02A), tais solos de acordo com Lepsch (2010) se apresentam bem drenados diminuindo assim a Dd da área. Outro exemplo de solo com excepcional drenagem são os Neossolos Flúvicos da área de estudo (Figura 02B).

A vegetação também contribui diretamente para os baixos valores encontrados de Dd, pois a caatinga se apresenta de forma muito espaçada o que acarreta na ausência da proteção dos solos e consequente aumento da erosão dos mesmos. A exceção se dá, sobretudo, nos setores onde há enclaves úmidos, como no caso do *glint* da Ibiapaba.

Figura 02: (A) Perfil de Latossolo no município de Tianguá; (B) Perfil de Neossolo Flúvico próximo ao rio Coreaú.



Fonte: Acervo particular do autor, 2019.

CONCLUSÕES

A pesquisa teve como objetivo analisar alguns dos parâmetros morfométricos da bacia hidrográfica do rio Coreaú, sendo eles parâmetros lineares como Índice de Sinuosidade (Is) e Comprimento médio dos canais (Lm), parâmetros de área como Densidade de drenagem (Dd) e Índice de Circularidade (Ic), além de uma breve análise dos padrões geométricos da rede de drenagem da bacia em questão.

Dessa forma percebeu-se que a bacia hidrográfica do rio Coreaú não possui tendência para ocorrência de enchentes considerando as condições normais de precipitação. Isso se explica pelo fato das variáveis morfométricas como, por exemplo, coeficiente de compacidade (kc), fator de forma (kf) e índice de circularidade (Ic), além da densidade de drenagem (Dd) apresentarem baixos números.

Acredita-se que os dados gerados poderá servir para estudos futuros no âmbito do planejamento e gestão ambiental em áreas de bacias hidrográficas, zoneamentos ecológico-econômico, entre outras abordagens, partindo como uma eventual base. Vale ressaltar também que este estudo não esgota as possibilidades de pesquisas morfométricas na área em questão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASTARAS, T. Drainage basins as process-response systems an example from Central Macedonia, North Greece. **Rev. Earth Surface Process and Landforms**, v. 9, p.333-341, 1984.
- BRASIL. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM. **Atlas Digital de Geologia e Recursos Minerais do Ceará**. Mapa na escala 1:500.000. Serviço Geológico do Brasil. Ministério das Minas e Energia. Fortaleza, 2003.
- CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. V. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 30, n. 2, p.241-248, mar./abr. 2006.
- CHARLTON, R. **Fundamentals of fluvial geomorphology**. New York: Routledge, 2008.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980. 188p.
- _____. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. 3 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1999. 236p.
- CLAUDINO SALES, V.; LIRA, M. V. Megageomorfologia do noroeste do Estado do Ceará, Brasil. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 12, n. 38, p. 200-209. 2011.
- CORALLES, E. G. **Avaliação de alterações em redes de drenagem em microbacias como subsídio ao zoneamento geoambiental de bacias hidrográficas: aplicação na bacia hidrográfica do rio Capivari – SP**. 210f. Tese (Doutorado em Geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.
- DEMATTE, J. A.; DEMÉTRIO, V. A. Caracterização de solos por padrões de drenagem e sua relação com índices de intemperismo. **Revista Brasileira de Agropecuária**, Brasília, v. 3, n. 1, p. 87-95, 1998.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Súmula da X reunião de levantamentos de solos**. Rio de Janeiro, 1979. 83p.

FREITAS, R. O. Textura de drenagem e sua aplicação geomorfológica. **Boletim Paulista de Geografia**, n.11, p.53-57, 1952.

GIOMETTI, A. B. R. **Diagnóstico e prognóstico ambiental como subsídio para a gestão da Bacia do Ribeirão dos Pinheirinhos ou da Cachoeira-SP**. 1998. 341 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1998.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basin: Hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geological Society of America Bulletin**. v. 56, p.807-813, 1945.

HOWARD, A. D. Drainage analysis in geologic interpretation: a summation. **Bulletin American Association of Petroleum Geologist**, v. 51, n. 11, p. 2246-2259. 1967.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. **Perfil municipal**. Fortaleza: IPCE, 2017. Disponível em: <https://www.ipece.ce.gov.br/perfil-municipal/>. Acesso: 02/02/2019.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 216 p.

LIMA, M. I. C. **Análise de drenagem e seu significado geológico-geomorfológico**. Belém: UFPA, 2006.

MARTINI, L. C. P. Características morfométricas de microbacias hidrográficas rurais de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 13, n. 1, p. 67-72, 2012.

MIOTO, C. L.; RIBEIRO, V. O.; SOUZA, D. M. Q.; PEREIRA, T. V.; ANACHE, J. A. A.; PARANHOS FILHO, A. C. Morfometria de bacias hidrográficas através de SIGs livres e gratuitos. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, Rio de Janeiro, v. 37, n. 2, p.16-22, 2014.

MORISAWA, M. **Rivers: form and process**. New York: Longman, 1985. 222p.

SANTOS, A. M.; TARGA, M. S.; BATISTA, G. T.; DIAS, N. W. Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 7, n. 3, p.195-211, 2012.

STEVAUX, J. C.; LATRUBESSE, E. M. **Geomorfologia fluvial**. São Paulo: Oficina de Textos, 2017.

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of hydrographic basin geomorphology. **Transactions American Geophysical Union**, v. 38, n. 6, p.913-920, 1975.

TONELLO, K. C. **Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da cachoeira das Pombas, Guanhães, MG**. 2005. 69 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

TONELLO, K. C.; DIAS, H. C. T.; SOUZA, A. L. de; RIBEIRO, C. A. A. S.; LEITE, F. P. Morfometria da bacia hidrográfica da cachoeira das Pombas, Guanhães, MG. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 30, n. 5, p.849-857, set./out. 2006.

TORQUATO, J. R. A Geologia do noroeste do Ceará (Uma revisão histórica). **Revista de Geologia**, Fortaleza, v. 8, p. 5-183. 1995.

TORQUATO, J. R.; NOGUEIRA NETO, J. A. Historiografia da região de dobramentos do médio Coreaú. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 26, n. 4, p. 303-314. 1996.

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

ZANELLA, M. E. Considerações sobre o clima e os recursos hídricos do semiárido nordestino. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, v. 36 (v. Especial), p. 126-142. 2014.