

A MORFOMETRIA COMO FUNDAMENTO PARA A ANÁLISE GEOAMBIENTAL: O CASO DA BACIA DO RIO RIBEIRA FONTÃO, TARRAFAL - CABO VERDE.

MORPHOMETRY AS A BASIS FOR GEOENVIRONMENTAL ANALYSIS: THE CASE OF THE RIBEIRA FONTÃO WATERSHED, TARRAFAL - CABO VERDE.

Rômulo Oliveira Ribeiro*

RESUMO

Caracterização morfométrica de bacias hidrográficas pode ser definida como um conjunto de valores que objetivam a investigação dos aspectos naturais de uma bacia hidrográfica. Esses estudos usam de parâmetros quantitativos que ajudam o cientista em um entendimento dos processos morfodinâmicos da paisagem. Nesse sentido, o objetivo geral deste trabalho é a analisar a morfometria da bacia hidrográfica do Rio Ribeira Fontão, localizada na ilha de Santiago - Cabo Verde, verificando a sua relevância para a análise geoambiental. Os parâmetros morfométricos utilizados na pesquisa foram: área; perímetro; extensão do rio principal; extensão de todos os rios; eixo axial; extensão do rio principal sem sinuosidade; altitudes máxima, mínima e diferença altimétrica; declividade média; coeficiente de compactidade; fator de forma; índice de circularidade; densidade de drenagem; densidade hidrográfica; e sinuosidade do rio principal. Todos os dados obtidos e trabalhados durante este estudo foram inteiramente realizados em ambiente SIG e calculados conforme as equações apresentadas por Villela e Mattos (1975) e Chistofolletti (1980). Os resultados de maior relevância para o entendimento da dinâmica ambiental da bacia foram: coeficiente de compactidade; fator de forma; índice de circularidade; densidade de drenagem; sinuosidade do rio principal; e declividade média. O índice de circularidade, fator de forma e coeficiente de compactidade foram, respectivamente: 0,382; 0,310; 1,616. Estes resultados indicam uma bacia com baixa propensão a enchentes. Já a densidade de drenagem apresentou valor de 2,137, considerado alto, mostrando que há um alto poder do sistema fluvial em esculpir a paisagem. O valor obtido com a sinuosidade do rio principal foi de 1,084, o que indica uma forma retilínea mais propensa a erosão. Esse resultado corrobora com a declividade média da bacia, de 29.346%, valor considerado alto. Logo, pode-se concluir que através dos estudos morfométricos que a bacia apresenta comportamento coerente com as características ambientais as quais está localizada.

Palavras-chave: bacia hidrográfica; caracterização morfométrica; geoambiental.

ABSTRACT

Morphometric characterization of watersheds can be defined as a set of values that aim to investigate the natural aspects of a watershed. These studies use quantitative parameters to help scientists understand the morphodynamic processes of the landscape. In this sense, the general objective of this work is to analyze the morphometry of the Ribeira Fontão watershed, located on the island of Santiago - Cabo Verde, verifying its relevance for geoenvironmental analysis. The morphometric parameters used in the research were: area; perimeter; length of the main river; length of all the rivers; axial axis; length of the main river without sinuosity; maximum and minimum altitudes and altimetric difference; average declivity; compactness coefficient; shape factor; circularity rate; drainage density; hydrographic density; and sinuosity of the main river. All the data obtained and processed during this study was done entirely in a SIG

*Graduando em Geografia, Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza, Ceará. E-mail: romuloribeirogeo@alu.ufc.br.

environment and calculated according to the equations presented by Villela and Mattos (1975) and Chistofolletti (1980). The most important results for understanding the environmental dynamics of the watershed were: compactness coefficient; shape factor; circularity rate; drainage density; sinuosity of the main river; and average declivity. The circularity rate, shape factor and compactness coefficient were 0.382, 0.310 and 1.616, respectively. These results indicate a watershed with a low propensity to flooding. The drainage density showed a value of 2.137, considered high, showing that there is a high power of the river system to sculpt the landscape. The value obtained for the sinuosity of the main river was 1.084, which indicates a rectilinear shape that is more susceptible to erosion. This result corroborates the watershed's average declivity of 29.346%, which is considered high. Therefore, it may be concluded from the morphometric studies that the watershed's behavior is coherent with the environmental characteristics in which it is located.

Keywords: watershed; morphometric characterization; geoenvironmental.

1 INTRODUÇÃO

O presente estudo surgiu como um dos resultados da bolsa de iniciação científica sob orientação da professora doutora Vlândia Pinto Vidal de Oliveira, com foco nos estudos sobre desertificação e análise ambiental correlacionada com a degradação em sub-bacias hidrográficas do interior do Ceará.

O problema deste estudo surge durante a etapa de revisão bibliográfica sobre o tema de bacias hidrográficas, sua caracterização física – entendida em muitos trabalhos como homônimo para morfometria – e a própria morfometria em si. Depois de uma vasta pesquisa na literatura, foi constatada certa carência no que tange as discussões relativas aos resultados da caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica. Justificando, portanto, o foco deste artigo em discutir os resultados da caracterização de uma bacia hidrográfica, buscando entender como cada um dos valores obtidos durante a caracterização muda de acordo com o ambiente físico da bacia.

Portanto, o atual trabalho propõe-se a apresentar, aplicar e contribuir para o estudo dos parâmetros morfométricos de bacias hidrográficas, uma metodologia pouco conhecida e aprofundada nos estudos ambientais, mas bastante consolidada em estudos dos campos geomorfológico, hidrológico.

A seleção da bacia, para além da escolha metodológica da caracterização morfométrica, se resume na importância atual desse recorte como unidade de planejamento e estudos nas ciências ambientais. Como bem colocado por Christofolletti (1999) e Pires, Santos e Del Prette (2002), essa categoria vem sendo vastamente utilizada em análises socioambientais e de gestão da paisagem, por ser um sistema ambiental e uma unidade de planejamento passível de modelagem, integrando elementos, estruturas e processos.

Logo, ao assumir diversas denotações, o estudo da bacia hidrográfica se expande para além do estudo dos aspectos hidrológicos (GOMES, BIANCHI, OLIVEIRA, 2021). Silveira, no livro Hidrologia Ciência e Aplicação, apresenta a seguinte definição para bacia hidrográfica:

A bacia hidrográfica é uma área de captação natural da água da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, seu exultório. A bacia hidrográfica compõe-se basicamente de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar um leitor único no exultório (SILVEIRA, 2001, p. 40).

Esta concepção, ligada ao campo hidrológico, apesar de bastante utilizada em trabalhos técnicos e acadêmicos, não enfatiza todas as dimensões e processos de uma bacia, pois focaliza

a água e seu ciclo como variáveis mais importantes, negligenciando partes importantes da dinâmica ambiental (MOLLE, 2009 *apud* GOMES, BIANCHI, OLIVEIRA, 2021; GOMES, BIANCHI, OLIVEIRA, 2021).

Christofolletti (1980, 1999) compreende bacia de drenagem como uma área drenada por um rio ou sistema fluvial. Complementando, o autor inclui o entendimento de bacia como um sistema dinâmico e aberto, passível de modelagem e hierarquização, sendo produto de diversas inter-relações de matéria e energia.

Ademais, Guerra e Guerra (2008), em seu dicionário geomorfológico, introduzem bacia hidrográfica como uma área drenada por um rio principal e seus afluentes. Este conceito inclui, obrigatoriamente, noções complementares, como: nascentes, a hierarquização de afluentes, divisores de águas e etc. De forma completar, é necessário a introdução de dinamismo, principalmente pela ação de agentes erosivos, que podem influir na extensão da bacia.

Conforme supramencionado, no campo geomorfológico, a bacia hidrográfica passa a ser trabalhada como: um sistema aberto dinâmico, um sistema ambiental, um geossistema, ou uma unidade da paisagem. Independente do termo escolhido, há uma complementação no que refere a abordagem hidrológica, dando maior enfoque aos demais componentes da paisagem, assim como suas inter-relações (GOMES, BIANCHI, OLIVEIRA, 2021).

Em vista dos conceitos apresentados, este trabalho adotou o conceito geomorfológico de bacia de drenagem, por trabalhar de forma mais dinâmica e completa as interações entre os componentes físicos da natureza.

Em resumo, os estudos morfométricos de bacia hidrográfica podem ser entendidos como uma série de cálculos e medições que buscam caracterizar e estimar os processos ocorrentes em uma bacia hidrográfica. Conforme Chistofolletti (1999), morfometria não se resume apenas aos indicadores sobre os constituintes do sistema, este tipo de análise fornece informações sobre o conjunto integrativo do todo.

Logo, ao entender bacia como um sistema, conseguimos, com auxílio da morfometria, identificar mais facilmente componentes e processos que formam e integram este componente da paisagem.

De acordo com a abordagem sistêmica, Souza (1999) e Oliveira (2012) justificam o uso dos geossistemas, em oposição a setorização tradicional, pela melhor apreensão da realidade ambiental e os recursos naturais de um território.

Diante do exposto, objetiva-se, neste artigo, analisar a morfometria da bacia hidrográfica do Rio Ribeira Fontão, localizada na ilha de Santiago - Cabo Verde, verificando a sua relevância para a análise geoambiental.

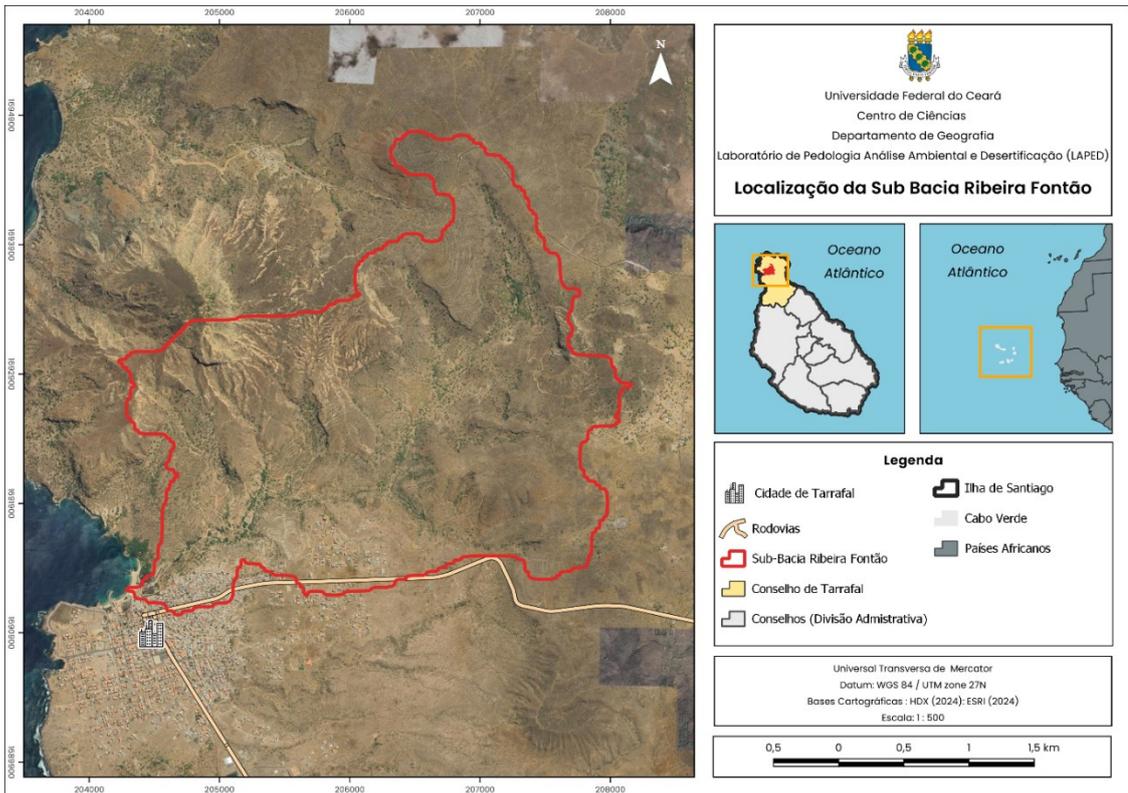
2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Localização e descrição geoambiental da bacia Ribeira Fontão.

A bacia hidrográfica de Ribeira Fontão é uma das sub bacias que compõem o conselho de Tarrafal, localizada na região norte da ilha de Santiago, a maior e mais populosa ilha do arquipélago. O país de Cabo Verde é formado por um total de 10 ilhas, localizadas na parte ocidental da África, a 450 km da costa de Senegal.

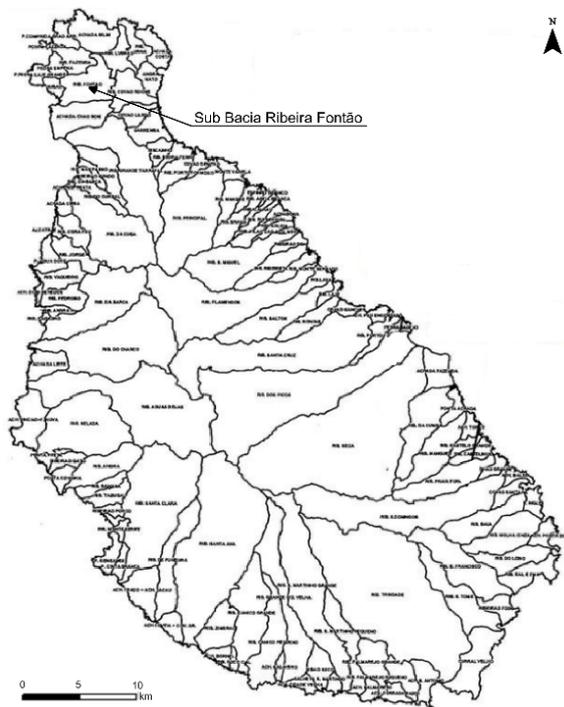
A localização de Ribeira Fontão, na ilha de Santigado, pode ser verificada na figura 1. Na figura 2 as bacias hidrográficas de Santiago.

Figura 1 – Localização de Ribeira Fontão.



Fonte: Autor.

Figura 2 – Bacias hidrográficas da Ilha de Santiago



Fonte: Adaptado de Moreno, 2013.

A respeito da descrição geoambiental, são encontrados cinco sistemas na sub bacia Ribeira Fontão, conforme descrito por Oliveira (2012). Os referidos sistemas são: planície litorânea, planícies fluviais, cones vulcânicos, coroamentos rochosos residuais e as achadas parcialmente dissecadas.

A caracterização dos sistemas ambientais da Ribeira Fontão pode ser vista no Quadro 1.

Quadro 1 - Sistemas ambientais da sub bacia Ribeira Fontão.

Sistemas Ambientais	Caracterização da Natural e Ecodinâmica da Paisagem
Planície Litorânea	Áreas planas ou com declive muito suave para o mar, resultante de acumulação marinha. Normalmente muito estreita e descontínua, cortada por “falésias ou costas alcantiladas” ao redor da ilha. Constituem-se em depósitos sedimentares: recentes do quaternário, das orlas de praias, associadas às desembocaduras fluviais (ribeiras); condições climáticas de zonas áridas litorâneas; desenvolvem Neossolos Regolíticos (Regosols), Neossolos Quartzarênicos (Arenosols); cobertura vegetal de halófitas, concentradas em locais com maior grau de salinidade. Ecodinâmica: Ambiente instável.
Planície fluvial	Planícies e terraços fluviais oriundos de acumulação de sedimentos inconsolidados, constituídos de materiais finos, grosseiras e cascalhentas do Quaternário com inclusões de materiais piroclásticos e hialoclastos; condições de aridez e semiaridez; Neossolos Flúvicos Eutróficos (Fluvisols) com presença de material coluvial; Cambissolos Vérticos, Neossolos Litólicos (Leptsols); cobertura vegetal com extratos arbóreo arbustivos muito esparsos, com tapete de herbáceas intercaladas por afloramentos de rochas. Ecodinâmica: Ambiente de transição tendendo à instabilidade.
Cones Vulcânicos	Cones de piroclastos da Formação Monte das Vacas do Quaternário em montes-colinas disperso por toda a ilha, bastante erodidos e fortemente alterados, cortando as áreas aplainadas e culminando em crateras; material de escórias com pequenos derrames intercalados com rochas do Complexo Montanhoso Pico de Antónia; condições climáticas áridas litorâneas, semiáridas subúmidas e semiáridas interioranas; Neossolos litólicos (Leptsols) e ocorrências de afloramentos rochosos; Neossolos regolíticos (Regosols), material coluvial nas vertentes; cobertura vegetal rarefeita de herbáceas e exemplares arbustivos subarbustivos; há presença de reflorestamento com eucalipto nas áreas montanhosas. Ecodinâmica: ambiente de forte instabilidade.
Coroamentos Rochosos Residuais	Domos e chaminés dispersos em toda ilha – forma de montes com topos arredondados em rochas fonolíticas e basálticas; mantos subaéreos; brechas e piroclastos de rochas fonolíticas do PA Terciária (Plioceno-Mioceno); condições climáticas áridas litorâneas, semiáridas sub litorâneas e sub úmidas interiores; Neossolos Litólicos e afloramentos rochosos de fonólitos; material coluvial de vertentes; Cambissolos; cobertura vegetal

	com espécies arbustivas degradadas. Ecodinâmica: ambiente de baixa instabilidade.
Patamares Parcialmente Dissecados	Superfícies de erosão em planalto de baixa a média altitude, entalhadas por vales que seccionam lombas muito largas com material em mantos subáreas de basaltos, basanitos e basanitóides da Formação Assomada do Terciário; condições climáticas de semiaridez em zona sublitorânea; cobertura vegetal com espécies arbustivosarbóreas; Neossolos Litólicos (Leptsols) Cambissolos vérticos Chernossolos (Phaeozemes lúvicos). Ecodinâmica: ambiente de forte instabilidade

Fonte: Adotado de Oliveira, 2012.

2.2 Morfometria

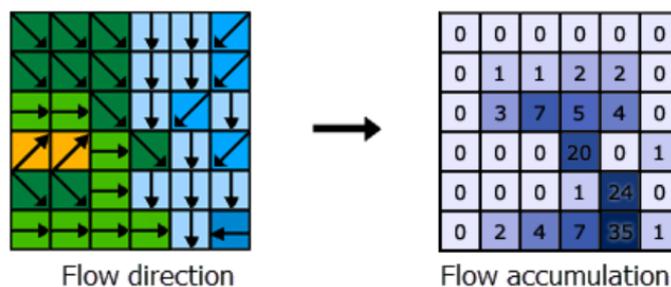
Os métodos utilizados no decorrer deste trabalho foram trabalhados dentro de ambiente SIG, assim como os materiais adquiridos. O software utilizado na obtenção e tratamento dos dados foi o QGIS 3.28, versão mais estável até a data deste projeto, usando-se dos *plugins OpenTopography DEM Downloader*, *WhiteboxTools* e das ferramentas calculadora de campo e estatísticas zonais.

O início dos procedimentos metodológicos se dá com a obtenção, por meio do *plugin OpenTopography DEM Downloader*, do *Copernicus Digital Elevation Model (COP-DEM)*, um Modelo Digital de Elevação (MDE) com resolução espacial de 30 metros.

Em seguida, realiza-se o tratamento da imagem raster, com auxílio do *plugin Whiteboxtools*, esse tratamento tem como primeira finalidade remover pixels sem valores de elevação, que podem interferir com a extração da rede de drenagem, para, enfim, a extração das drenagens, determinar a hierarquia fluvial e demarcação da bacia de drenagem a partir de indicação do ponto exultório.

Um dos dados mais importantes para a caracterização de uma bacia é sua rede fluvial. Em ambiente SIG, um dos métodos mais utilizados para a obtenção de uma rede hidrográfica é o *flowaccumulation*. Este método funciona com base em um MDE, onde o fluxo é calculado a partir do acúmulo das células sobrejacentes levando em consideração a direção que a água segue no relevo. Conforme apresentado na figura 2.

Figura 2 – Esquematisação do *flowaccumulation*.



Fonte: ERSI, 2024.

Como apresentado acima, as células com valores de acumulação de fluxo podem ser utilizadas para a determinação dos canais fluviais. Levando em consideração os valores de acumulação de fluxo, o valor limite de extração de drenagem, com a ferramenta *extract streams* do *Whiteboxtools* foi de no mínimo 100 células sobrejacentes para formação de um canal

fluvial. Desta forma, representando um maior detalhamento do modelo, requisito importante e necessário para um resultado mais consistente.

Após a obtenção dos dados espaciais da drenagem, foi verificada sua consistência a partir de imagens de satélite de alta resolução, utilizando o *Google Earth Pro*. Com a obtenção da rede de drenagem e extensão total da bacia, é possível a obtenção dos primeiros valores relativos aos parâmetros morfométricos básicos e necessários para a obtenção dos demais parâmetros. Esses valores são: área total de drenagem da bacia; perímetro da bacia; cotas altimétricas; comprimento do rio principal; comprimento total de todos os rios; número de canais de drenagem e eixo axial que, pela metodologia adotada neste trabalho, coincide com o valor do canal do rio principal em linha reta.

Todos os valores básicos foram obtidos com auxílio das ferramentas calculadora de campo e estatísticas zonais, nativas do Qgis 3.28. Com a obtenção dos primeiros parâmetros morfométricos é possível dar início ao cálculo dos demais parâmetros: fator de forma, coeficiente de compacidade, índice de circularidade, densidade de drenagem, densidade hidrográfica, índice de sinuosidade. Todos esses descritos a seguir.

2.2.1 Fator de forma

O fator de forma, K_f , de uma bacia hidrográfica representa um importante parâmetro na predição de enchentes em uma bacia hidrográfica. O fator de forma é calculado pela seguinte equação:

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

onde A é área e L o comprimento axial da bacia.

Pereira *et al.* (2019), apresentam a seguinte classificação para o fator de forma:

- Não sujeito a enchentes: < 0,50
- Tendência mediana a enchentes: 0,50 - 0,75
- Sujeita a enchentes: 0,75 - 1,00

2.2.2 Coeficiente de compacidade

O coeficiente de compacidade, ou índice de Gravelius, K_c , é mais um dos parâmetros utilizados nos estudos morfométricos para determinar se uma bacia está sujeita a enchentes. Sua equação é apresentada a seguir:

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

onde P é o perímetro e A a área da bacia.

De acordo com Azambuja e Conceição (2024), o coeficiente de compacidade pode ser:

- Não sujeito a enchentes: > 1,5
- Parcialmente sujeito a enchentes: 1,2 - 1,5
- Totalmente sujeito a enchente: < 1,2

2.2.3 Índice de circularidade

Em consonância aos dois parâmetros anteriores, o índice de circularidade, I_c , é um dos parâmetros morfométricos que prediz a susceptibilidade a enchentes em uma bacia hidrográfica. Sua fórmula pode ser verificada a seguir:

$$Ic = \frac{12,57 * A}{P^2}$$

onde A representa a área da bacia e P seu perímetro.

Como descrito por Muller (1953) e Schum (1953) *apud* Antoneli e Tomaz (2007), bacias que possuem índice de circularidade menor que 0,51 possuem forma alongada e, por isso, são menos sujeitas a enchentes. De maneira oposta, bacias que possuem seu Ic maior que 0,51 são mais propícias a enchentes.

2.2.4 Densidade de drenagem

A densidade de drenagem, Dd, se apresenta como um importante indicativo do grau de desenvolvimento da drenagem de uma determinada bacia. Deve ser calculada levando em consideração todos os rios de uma bacia, sejam perenes, intermitentes ou efêmeros. É calculada a partir da equação:

$$Dd = \frac{Lt}{A}$$

onde Lt é o comprimento total dos rios da bacia e A representa a área da bacia de drenagem.

Conforme Beltrame (1994, *apud* PEREIRA, 2020), pode-se classificar a densidade de drenagem da seguinte forma:

- Baixa: $\leq 0,5 \text{ km.km}^2$
- Média: $0,5 - 2 \text{ km.km}^2$
- Alta: $2,01 - 3,5 \text{ km.km}^2$
- Muito alta: $Dd > 3,5 \text{ km.km}^2$

2.2.5 Densidade hidrográfica

A densidade hidrográfica, Dh, representa a relação entre o número de cursos d'água e a área da bacia. É utilizado na comparação dos números de rios presentes em uma área de tamanho padrão. A densidade hidrográfica pode ser descrita pela seguinte equação:

$$Dh = \frac{N}{A}$$

onde N é o número de drenagens e A a área da bacia hidrográfica.

Lolo (1995), citado por Santos. et. al. (2012), apresenta a seguinte classificação de densidade hidrográfica:

- Baixa: $< 3 \text{ N/km}^2$
- Média: $3 - 7 \text{ N/km}^2$
- Alta: $7 - 15 \text{ N/km}^2$
- Muito Alta: $> 15 \text{ N/km}^2$

2.2.6 Índice de Sinuosidade do Rio Principal

O índice de sinuosidade do rio principal, SIN, é a razão entre o comprimento do rio principal e o comprimento do talvegue em linha reta. É indicador da velocidade de drenagem do canal principal, quanto mais sinuoso for o canal menor a velocidade de escoamento e quanto menor a sinuosidade maior a velocidade de escoamento. O índice de sinuosidade é representado pela seguinte equação:

$$Sin = \frac{L}{Lt}$$

onde L é o comprimento do rio principal com sinuosidade e Lt é o comprimento do talvegue em linha reta.

Alves e Castro (2003), classificam canais retilíneos como aqueles com valores próximos 1 e canais tortuosos aqueles acima de 2. Os valores intermediários evidenciam formas transicionais, regulares e irregulares.

3 RESULTADO E DISCUSSÃO

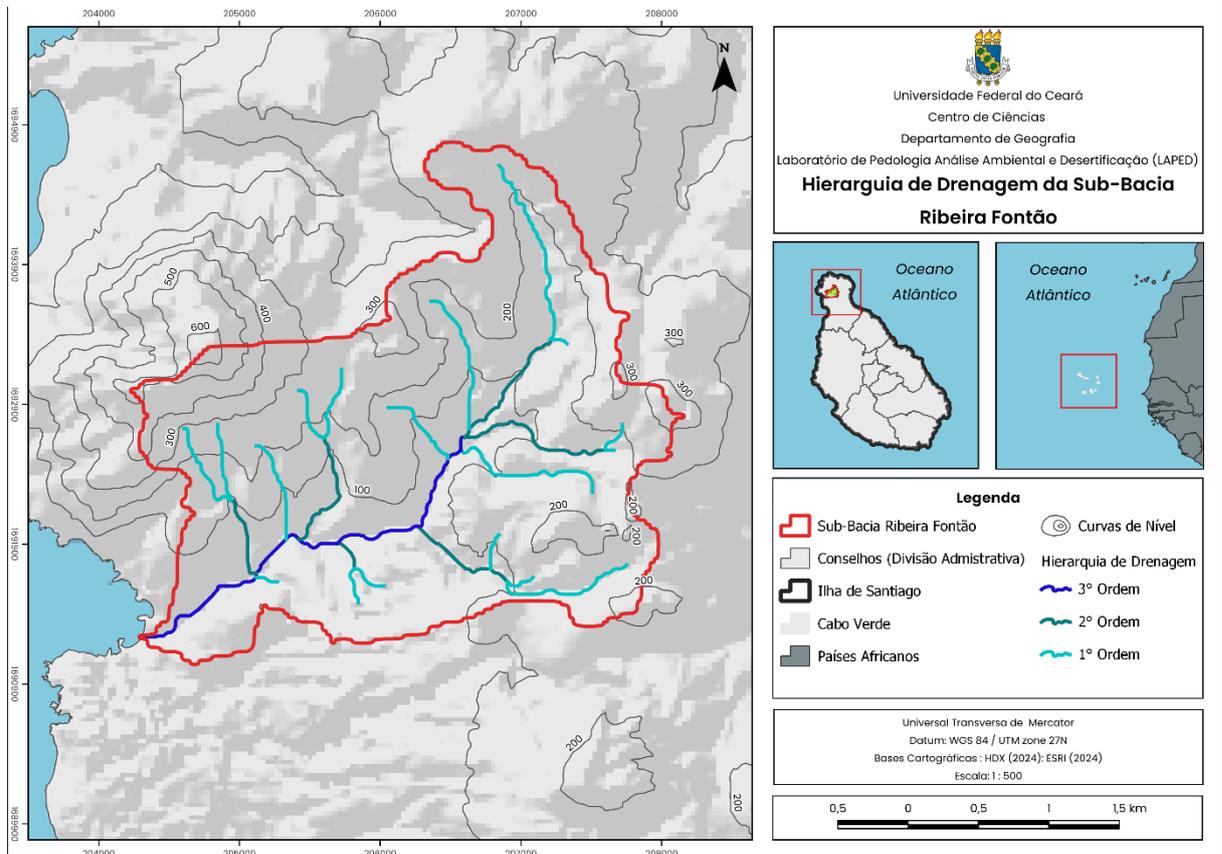
Os resultados encontrados durante a análise morfométrica da bacia do rio Ribeira Fontão estão listados no Tabela 1.

Tabela 1 - Parâmetros Morfométricos da Sub Bacia do Rio Ribeira Fontão.

Parâmetro Morfométrico	Resultados Obtidos
Área (km ²)	8,407
Perímetro (km)	16,624
Extensão do Rio Principal (km)	5,644
Extensão de Todos os Rios (km)	17,972
Eixo Axial (km)	5,202
Extensão Rio Principal Sem Sinuosidade (km)	5,202
Altitude Máxima (m)	640,582
Altitude Mínima (m)	0,000
Amplitude Altimétrica (m)	640,582
Altitude Média (m)	167,000
Declividade Média (%)	29.346
Coefficiente de Compacidade	1,616
Fator de Forma	0,310
Índice de Circularidade	0,382
Densidade de Drenagem (km/km ²)	2,137
Densidade Hidrográfica (canais/km ²)	4,520
Sinuosidade do Rio Principal	1,084

A respeito dos aspectos hidrográficos: apresenta padrão de drenagem dendrítico e, confluyente com sua escala, baixa hierarquia fluvial, de terceira ordem, sem apresentar corpos hídricos representativos e tendo todas as suas drenagens classificadas como intermitentes ou efêmeras, correspondentes ao ambiente climático onde está encaixada. A hierarquia fluvial da sub bacia Ribeira Fontão pode ser vista na figura 2.

Figura 2 - Mapa de Hierarquia de Drenagem da Sub Bacia Ribeira Fontão



Fonte: Autor, 2024

Os primeiros valores obtidos correspondentes a caracterização morfométrica da bacia foram: área de 8,407 km², perímetro de 16,624 km, eixo axial de 5,175 km, comprimento do rio principal de 5,763 km, extensão de todos os rios de 17,683 km, amplitude altimétrica de 640,582 e declividade média de 29.346%. Na metodologia utilizada, o eixo axial e o comprimento do rio principal sem sinuosidade são confluentes, logo, seu valor também é de 5,175.

A partir dos parâmetros dos primeiros resultados, foram calculados os demais valores. Estes são: coeficiente de compacidade de 1,605; fator de forma de 0,314; índice de circularidade 0,382; densidade de drenagem de 2,103; densidade hidrográfica de 2,260; e sinuosidade do rio principal de 1,105. Esses são discutidos a seguir.

Inicialmente, foram analisados os resultados relativos à forma da bacia, os parâmetros relativos a este aspecto são: coeficiente de compacidade, fator de forma e índice de compacidade. Neste estudo, o resultado destas três variáveis indica uma bacia hidrográfica com forma alongada e, conseqüentemente, uma bacia com baixa propensão a enchentes em condições normais de precipitação.

Segundo Villela e Mattos (1975), bacias alongadas estão menos propensas a enchentes, pois é menos provável que ocorram chuvas que abranjam, ao mesmo tempo, toda a dimensão da bacia. Ademais, uma bacia alongada faz com que a contribuição de deflúvio dos tributários atinja o curso d'água principal em vários pontos distintos ao mesmo tempo, ocorrendo uma ampla distribuição hídrica que desfavorece a acumulação de água em só um ponto, desfavorecendo a ocorrência de inundações.

Isto posto, apesar da bacia do rio Ribeira Fontão ser dimensionalmente pequena, podendo se encaixar no conceito de microbacia, conforme apresentado por Da Rocha (2001), o que contribui para a ocorrência de fenômenos de precipitação que cubram toda a sua extensão, em eventos climáticos normais, a bacia tem boa capacidade de escoar o deflúvio prevenindo a ocorrência de cheias.

É importante, contudo, chamar atenção para o fato que ainda que os estudos morfométricos agirem como bom ponto de partida para o estudo de sensibilidade de uma bacia a enchentes, para uma maior compreensão desse fenômeno é preciso levar em consideração diversos outros fatores, como ocupação humana, nível de assoreamento do leito fluvial, impermeabilidade dos solos etc.

Seguindo, tocante aos parâmetros alusivos à rede de drenagem, obteve-se uma densidade hidrográfica de valor considerado médio. Esse valor representa uma moderada capacidade de gerar novos cursos d'água. É importante chamar atenção para o fato que a densidade de drenagem e a densidade hidrográfica representam diferentes aspectos da textura topográfica, logo, é possível encontrar duas bacias com a mesma densidade de drenagem e diferentes densidades hidrográficas (Christofolletti, 1980).

Ainda sobre a rede de drenagem, e comumente expressa como um dos mais importantes parâmetros morfométricos (Christofolletti, 1979), a densidade de drenagem relaciona o comprimento total de canais com a área da bacia. A partir dessa equação é possível mensurar a magnitude da dissecação topográfica em sistemas fluvialmente elaborados (Strahler, 1964 *apud* Christofolletti, 1979).

Dentre os fatores que influenciam a densidade de drenagem podemos citar o substrato, a cobertura vegetal, o relevo e o clima. Desses, o clima é considerado o fator mais importante (CHRISTOFOLETTI, 1979).

Uma alta densidade de drenagem pode indicar uma boa disponibilidade hídrica em superfície, rochas facilmente intemperizáveis e de alta impermeabilidade, solos impermeáveis, uma cobertura vegetal tímida e espaçada ou um relevo montanhoso. (Granell-Perez; Rocha; Kurtz, 2001 *apud* MACHADO, 2012). Essas características podem ou não aparecer simultaneamente, dependendo dos elementos que compõem a paisagem.

Outro fator que influencia a densidade de drenagem é a disponibilidade vegetacional no ambiente e capacidade de armazenamento dos solos. Pois, ao influenciarem no escoamento superficial, influenciam também na textura da drenagem de uma determinada região (Gregory & Gardiner, 1975; Gregory, 1976; Montgomery & Dietrich, 1989; Trucker & Bras, 1998 *apud* KHANDAY; JAVED, 2017).

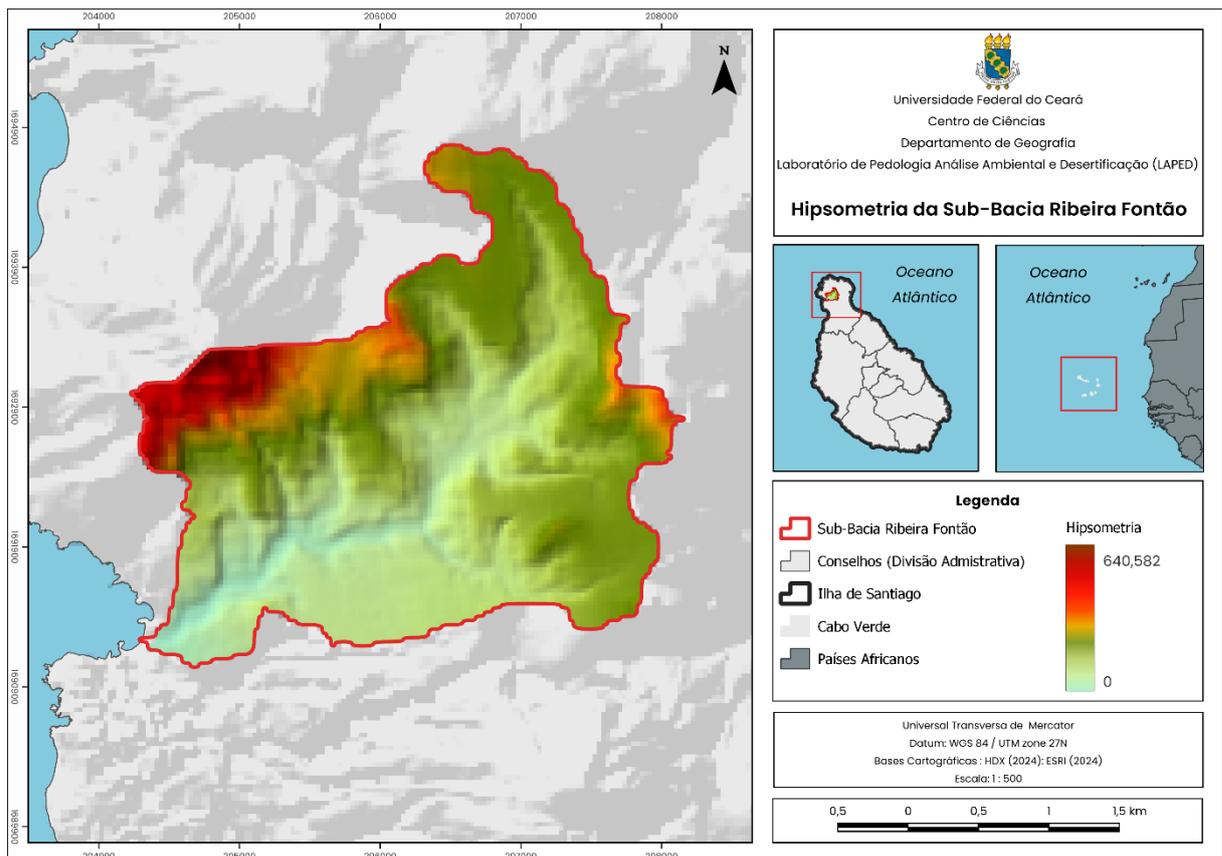
Assim sendo, de acordo com pelos autores acima citados, pode-se concluir que ambientes mais úmidos, com maior desenvolvimento da cobertura vegetal e solos mais profundos, possuem uma menor capacidade de esculpir canais fluviais. Em contrapartida, ambientes mais áridos onde os solos são geralmente mais rasos e a vegetação mais esparsa, são mais facilmente trabalhados pela ação fluvial. Em consequência disso, ambientes com altas taxas de densidade de drenagem, possuem um elevado potencial erosivo.

Na sub bacia Ribeira Fontão, onde a densidade de drenagem foi considerada alta, pode-se verificar que muitos dos fatores listados estão, de alguma maneira, relacionados com o alto desenvolvimento da rede fluvial, sendo os principais: clima, vegetação e relevo.

Os ambientes de clima semiárido, como é o caso de Cabo Verde, por desenvolverem vegetações menos exuberantes e terem chuvas concentradas em um único período do ano, possuem, geralmente, alta susceptibilidade a erosão. Com auxílio da análise morfométrica, este fato pode ser indicado através da alta densidade de drenagem

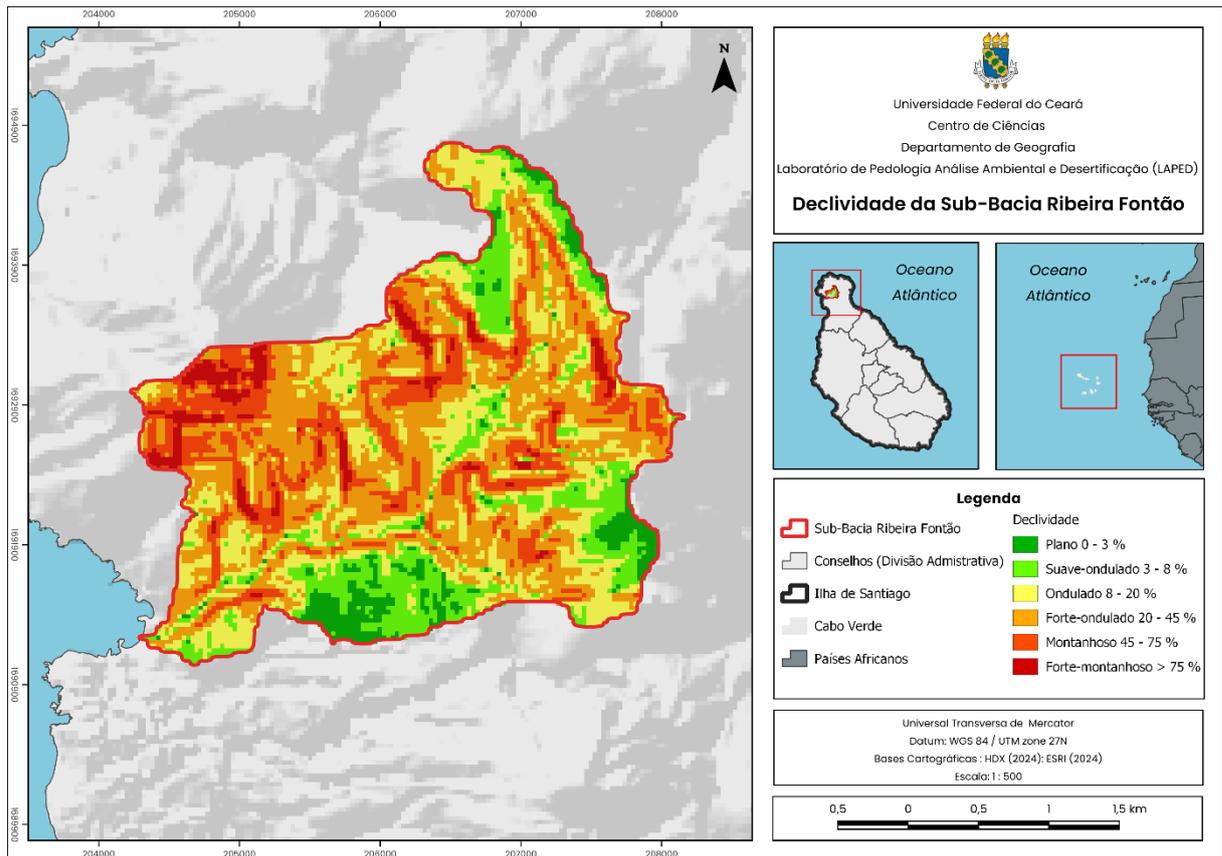
Por fim, sobre a análise do relevo da Ribeira Fontão, foi apurada forte declividade, devido o relevo montanhoso, decorrente das sucessivas erupções vulcânicas que deram origem a ilha. As fortes diferenças altimétricas na pequena área da sub bacia influem em uma forte declividade, gerando um ambiente propício a morfogênese e ao entalhamento dos cursos fluviais. As figuras 3 e 4 mostram a altitude e a declividade da sub bacia Ribeira Fontão.

Figura 3 - Mapa de Hipsométrico da Sub Bacia Ribeira Fontão.



Fonte: Autor, 2024

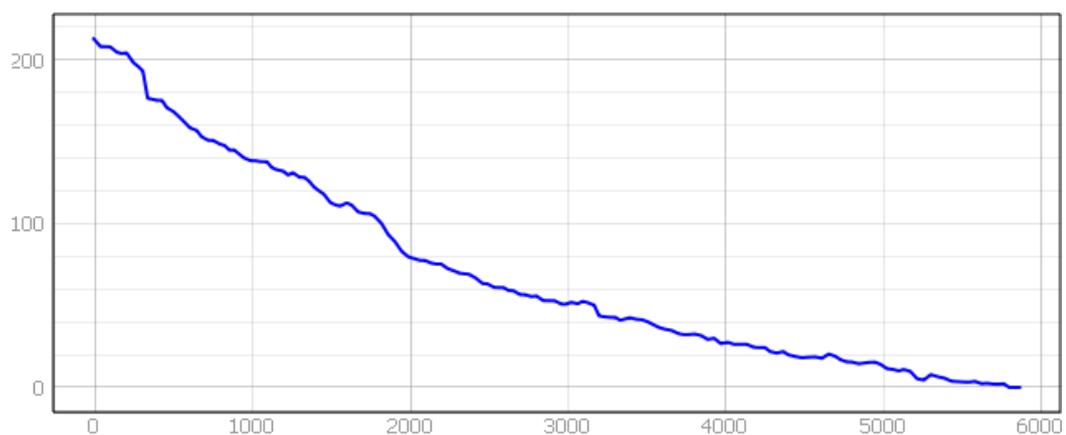
Figura 4 - Mapa de Declividade da Sub Bacia Ribeira Fontão.



Fonte: Autor, 2024.

Em confluência com a alta declividade da bacia, a sinuosidade do rio principal foi considerada baixa, demonstrando um canal mais retilíneo. A sinuosidade de um rio tem relação direta com a velocidade do mesmo, assim como seu potencial erosivo e capacidade de carregar sedimentos, quanto mais retilíneo for canal fluvial, maior será seu potencial erosivo e, quanto mais sinuoso, menor capacidade erosiva. O perfil de elevação do rio principal pode ser visto na figura 5.

Figura 5 – Perfil de Elevação do Rio Ribeira Fontão.



Fonte: Autor.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Finalmente, foi possível consumir que este trabalho consegue atingir de forma satisfatória seu objetivo geral e demonstrar que, para além dos usuais estudos relativos a forma e predição de enchentes, há significativa contribuição da presente metodologia de estudo como fundamento a análise geoambiental.

Outro fator relevante é a grande facilidade na obtenção dos materiais e da reprodução das técnicas necessárias para a aplicação dos métodos de construção do trabalho, podendo ser replicada por qualquer profissional da área ambiental com conhecimento em SIG, sendo possível, inclusive, a realização em programas gratuitos.

Foi apurado que a morfometria pode ser aplicada como passo inicial em diversos estudos do ramo ambiental, por prever, de forma razoável, alguns comportamentos ocorrentes dentro de uma bacia, conforme foi apresentado na sub bacia Ribeira Fontão.

Finalmente e, diante do supramencionado, mensura-se que, mais que uma ferramenta quantitativa nos estudos hidrológicos e da geomorfologia, a morfometria pode ser de grande ajuda nos estudos ambientais e de geografia física, dando um vislumbre de como os componentes da paisagem se inter-relacionam, identificando, desta forma, potenciais e fragilidades.

REFERÊNCIAS

ALVES, J. M. de P.; CASTRO, P. T. A. Influência das feições geológicas na morfologia da bacia do rio do Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análise de padrões de lineamentos. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 33, n.2, p. 117-124, 2003. Disponível em: <<http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/view/9821>>. Acesso em: 07 ago. 2024

ANTONELI, V.; THOMAZ, E. L. CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO DA BACIA DO ARROIO BOA VISTA - GUAMIRANGA-PR. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 8, n. 21, p. 46-58, 2007. DOI: 10.14393/RCG82115570. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/15570>. Acesso em: 03 ago. 2024.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. A análise da densidade de drenagem e suas implicações geomorfológicas. **Geografia**, p. 23-42, 1979.

CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Geomorfologia**. Editora Blucher, 1980.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Modelagem de sistemas ambientais**. Editora Blucher, 1999.

DE AZAMBUJA, A. M. S.; DA CONCEIÇÃO, R. A. C. CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA DA BACIA DO RIO PARAUAPEBAS/PA. **REVISTA FOCO**, [S. l.], v. 17, n. 2, p. e4501, 2024. DOI: 10.54751/revistafoco.v17n2-116. Disponível em: <https://ojs.focopublicacoes.com.br/foco/article/view/4501>. Acesso em: 03 ago. 2024.

ERSI (org.). **Como funciona a Acumulação de Fluxo**. Disponível em: https://doc.arcgis.com/ptbr/arcgis-online/analyze/how-flow-accumulation-works.htm#ESRI_SECTION1_1FB516C5A7DF4AD2BF0E55589149950C. Acesso em: 10 set. 2024.

GUERRA, Antônio Teixeira; GUERRA, Antônio José Teixeira. **Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico**. 6. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008.

GOMES, R. C.; BIANCHI, C.; OLIVEIRA, V. P. V. DE. ANÁLISE DA MULTIDIMENSIONALIDADE DOS CONCEITOS DE BACIA HIDROGRÁFICA. **GEOgraphia**, v. 23, n. 51, 25 ago. 2021.

KHANDAY, Mohd Yousuf; JAVED, Akram. Hydrological investigations in the semi-arid Makhawan watershed, using morphometry. **Applied Water Science**, [S.L.], v. 7, n. 7, p. 3919-3936, 7 mar. 2017. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s13201-017-0545-1>.

MACHADO, Pedro José de Oliveira. **Introdução á HIDROGEOGRAFIA**. São Paulo: Cengage, 2012.

MORENO, Ângela Maria Pereira Barreto da Veiga. **Modelação hidrológica e da rega para condições de escassez visando a gestão da água em Santiago, Cabo Verde**. 2013. 213 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Engenharia dos Biosistemas, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2013.

OLIVEIRA, V. P. V de. Sistemas ambientais de Santiago - Cabo Verde (África): indicadores biofísicos de desertificação. In: OLIVEIRA, V.P.V.; GOMES, I.G.; BAPTISTA, I; RABELO, L.S. (org.). **Cabo Verde: análise socioambiental e perspectivas para o desenvolvimento sustentável em áreas semiáridas**. Fortaleza: Edições UFC, 2012.

PEREIRA, Laiane Cristina Freitas; BRITO, Gustavo Henrique Mendes; VESPUCCI, Igor Leonardo; ROCHA, Ivandro José de Freitas. ANÁLISE MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOS PATOS, GO. **Ipê Agronomic Journal**, [S.L.], v. 3, n. 1, p. 4-13, 3 jun. 2019. Associação Educativa Evangélica. <http://dx.doi.org/10.37951/2595-6906.2019v3i1.4319>.

PIRES, José Salatiel Rodrigues; SANTOS, José Eduardo dos; PRETTE, Marcos Estevan del. A Utilização do Conceito de Bacia Hidrográfica para a Conservação dos Recursos Naturais. In: SCHIAVETTI, Alexandre; CAMARGO, Antonio F. M. (ed.). **Conceitos de Bacias Hidrográficas: teorias e aplicações**. Ilhéus: Editus, 2002. Cap. 1. p. 17-35.

ROCHA, José Sales Mariano da; KURTZ, Silvia Margareti de Juli Moraes. **Manual de Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas**. 4. ed. Santa Maria: Edições Ufsm Ccr/Ufsm, 2001. 302 p.

SANTOS, A. M. DOS . et al.. Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 7, n. 3, p. 195-211, set. 2012.

SOUZA, MJN. Procedimentos interdisciplinares para a análise geoambiental de um território. In: I CONGRESSO NACIONAL DE INTERCIÊNCIA DO MEIO AMBIENTE, 1., 1997, Fortaleza. Anais... Fortaleza, 1997, p. 42-46.

SILVEIRA, André L. L. da. Ciclo Hidrológico e Bacias Hidrográficas. In: TUCCI, Carlos E. M. (org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: Universidade/Ufrgs, 2001. Cap. 2. p. 35-40.

VILLELA, Swami M.; MATTOS, Arthur. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill, 1975. 245 p.