

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE AGRONOMIA BACHARELADO

LUCKIAN ALVES RODRIGUES

**ANÁLISE MORFOMÉTRICA E DISPONIBILIDADE HÍDRICA DA SUB-BACIA  
HIDROGRÁFICA RIO CORDA**

SÃO LUÍS

2020

LUCKIAN ALVES RODRIGUES

**ANÁLISE MORFOMÉTRICA E DISPONIBILIDADE HÍDRICA DA SUB-BACIA  
HIDROGRÁFICA RIO CORDA**

Monografia apresentada ao Curso de Agronomia Bacharelado do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual do Maranhão, como requisito para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador (a): Prof. Dr. Ronaldo Haroldo Nascimento de Menezes

Coorientador (a): Prof.<sup>a</sup> Me. Conceição de Maria Marques de Oliveira.

SÃO LUÍS

2020

Rodrigues, Luckian Alves.

Análise morfométrica e disponibilidade hídrica da sub-bacia hidrográfica Rio Corda / Luckian Alves Rodrigues. – São Luís, 2020.

46.f

Monografia (Graduação) – Curso de Agronomia, Universidade Estadual do Maranhão, 2020.

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Haroldo Nascimento de Menezes.

1.Bacia hidrográfica. 2.Análise morfométrica. 3.Disponibilidade hídrica.  
I.Título

CDU: 556.51(812.1)

LUCKIAN ALVES RODRIGUES

**ANÁLISE MORFOMÉTRICA E DISPONIBILIDADE HÍDRICA DA SUB-BACIA  
HIDROGRÁFICA RIO CORDA**

Monografia apresentada junto ao curso de  
Agronomia da Universidade Estadual do  
Maranhão - UEMA, para a obtenção do grau de  
Bacharel em Agronomia

Aprovada em: 09 / 12 / 2020

BANCA EXAMINADORA



---

Prof Dr. Ronaldo Haroldo Nascimento de Menezes – **Orientador**  
Departamento CCA/UEMA



---

Prof. Dr. Clebson Santos Cândido  
Departamento CCA/UEMA



---

Me. Jucivan Ribeiro Lopes  
Departamento CCA/UEMA

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por ser meu refúgio e fortaleza nos tempos de angústia, pela sabedoria, saúde e força para enfrentar todas as dificuldades, pois Ele está a minha frente guiando os meus passos.

Aos meus familiares, em especial minha mãe Jackeline Almeida Alves e minha avó Evanilda Almeida Alves, que sempre me incentivaram e lutaram para proporcionar o melhor.

Ao meu pai Francisco Antônio dos Santos Rodrigues por apoiar, acreditar e orientar esta grande conquista desde o início.

Minha esposa Rayane Amorim de Menezes Rodrigues, por me ajudar na construção deste trabalho e pelas orações e palavras de incentivo que me deram forças para continuar.

A Universidade Estadual do Maranhão pelas oportunidades que me foram concedidas e a todos os professores que partilharam comigo seus conhecimentos, ensinamentos e vivências diárias.

Ao meu orientador Ronaldo Haroldo Nascimento de Menezes e coorientadora Conceição de Maria Marques de Oliveira por ajudarem a tornar este trabalho uma realidade.

A todos o meu muito obrigado!

*Consagre ao Senhor tudo o que você faz,  
e os seus planos serão bem-sucedidos.*

(Provérbios 16:3)

## RESUMO

A análise morfométrica de uma bacia hidrográfica é um procedimento executado nas análises hidrológicas e/ou ambientais, tendo como finalidade esclarecer questões sobre o entendimento das dinâmicas, locais e regionais, da infiltração, quantidade de deflúvio, evapotranspiração, e do escoamento superficial e sub superficial associando a elementos físicos e bióticos de uma bacia hidrográfica. Nesse sentido, este estudo teve como objetivo avaliar as características morfométricas e determinar a disponibilidade hídrica existente na sub-bacia do Rio Corda para melhor planejamento dos seus recursos hídricos. A análise morfométrica forneceu parâmetros geométricos, de relevo e da rede de drenagem utilizando os Sistemas de Informações Geográficas – SIG. Para determinação da disponibilidade hídrica, foi realizado o levantamento de informações das cinco estações fluviométricas, através do Hidroweb (sistema de dados oficiais da ANA), existentes na região da bacia hidrográfica Rio Corda. Como resultado obtido verificou-se uma área total de 4.678,13 km<sup>2</sup>, perímetro de 478,93 km, comprimento de seu canal principal 156,42 km, sendo que o comprimento da bacia medido em linha reta ao longo do canal principal é de 115,96 km, desnível altimétrico da bacia 459 m e o comprimento total de seus canais de drenagem representa 1.063,8 km, identificada com formato alongado, sendo classificada de 5ª ordem, atestando ser uma bacia favorável à disponibilidade hídrica, boa rede de drenagem e com baixa suscetibilidade a enchentes em condições normais de precipitação. Em relação a disponibilidade hídrica, a estação com vazões de maiores proporções é a 33220000 com máxima de 24,9 m<sup>3</sup>/s e mínima de 16,5 m<sup>3</sup>/s em que a mesma recebe toda a drenagem da bacia. Foi possível concluir que a sub-bacia do Rio Corda se apresenta favorável à disponibilidade hídrica, em função da capacidade de infiltração de água, inclusive a bacia é classificada como de baixa capacidade de drenagem, no qual está amplamente interligada na forma como a bacia é gerida, o que vem aumentando as preocupações quanto à garantia de suprimento de água e motivando a busca por políticas de planejamento e gestão a fim de minimizar os conflitos a médio e longo prazo. Para melhorar a gestão dos recursos hídricos, os dados analisados subsidiam as tomadas de decisão quanto aos processos de outorga do uso de água em sistemas de produção, seja vegetal ou animal e até mesmo no que se refere ao abastecimento urbano e turismo na bacia hidrográfica.

**Palavras-chave:** Bacia hidrográfica. Análise morfométrica. Disponibilidade hídrica.

## ABSTRACT

The morphometric analysis of a hydrographic basin is a procedure performed in the hydrological and/or environmental analyzes, with the purpose of clarifying questions about the understanding of the dynamics, local and regional, of the infiltration, amount of defluvium, evapotranspiration, and of the superficial and sub superficial outflow associated with physical and biotic elements of a watershed. In this sense, this study aimed to evaluate the morphometric characteristics and to determine the existing water availability in the Rio Corda sub-basin for better planning of its water resources. The morphometric analysis provided geometric, relief and drainage parameters using the Geographic Information Systems – GIS. To determine water availability, information was collected from the five fluviometric stations, through Hidroweb (ANA official data system), existing in the region of the Rio Corda watershed. As a result, there was a total area of 4,678.13 km<sup>2</sup>, perimeter of 478.93 km, length of its main channel 156.42 km, with the length of the basin measured in a straight line along the main channel is 115.96 km, elevation difference in basin 459 m and the total length of its drainage channels represents 1,063.8 km, identified with an elongated shape, being classified as 5th order, attesting to be a basin favorable to water availability, good drainage network and with low susceptibility to flooding under normal rainfall conditions. Regarding water availability, the station with the highest flow rates is 33220000 with a maximum of 24.9 m<sup>3</sup>/s and a minimum of 16.5 m<sup>3</sup>/s in which it receives all the drainage from the basin. It was possible to conclude that the Rio Corda sub-basin is favorable to water availability, due to the water infiltration capacity, including the basin is classified as having low drainage capacity it is widely interconnected in the way that the basin is managed, which has been raising concerns about guaranteeing water supply and motivating the search for planning and management policies in order to minimize conflicts in the medium and long term. To improve the management of water resources, the data analyzed subsidize decision making regarding the processes for granting water use in production systems, whether vegetable or animal and even with regard to urban supply and tourism in the hydrographic basin.

**Keywords:** Hydrographic basin. Morphometric analysis. Water availability.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Mapa de Localização sub-bacia Rio Corda.....	21
Figura 2	Mapa de Declividade da sub-bacia Rio Corda.....	29
Figura 3	Mapa de Hipsometria da sub-bacia Rio Corda.....	30
Figura 4	Mapa de Hierarquia Fluvial da sub-bacia Rio Corda.....	31
Figura 5	Estações fluviométricas plotadas na sub-bacia Rio Corda.....	36

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Produção Agrícola – Lavouras temporárias e permanentes.....	20
Tabela 2	Censo Agropecuário (período de referência entre 01/10/2016 a 30/09/2017).....	20
Tabela 3	Classificação da Declividade e seus respectivos intervalos.....	22
Tabela 4	Classes de declividade da sub-bacia Rio Corda.....	28
Tabela 5	Classes Hipsométricas da sub-bacia Rio Corda.....	29
Tabela 6	Hierarquia fluvial e ordem de drenagem.....	31
Tabela 7	Dados básicos para caracterização morfométrica.....	32
Tabela 8	Valores de referência para classificação de parâmetros morfométricos da sub-bacia Rio Corda.....	32
Tabela 9	Dados das estações fluviométricas da sub-bacia Rio Corda.....	35
Tabela 10	Vazões de referência Q90 mensais das estações fluviométricas.....	37

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>13</b>
2.1	Objetivo Geral.....	13
2.2	Objetivos Específicos.....	13
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>14</b>
3.1	Bacia Hidrográfica.....	14
3.2	Gestão dos Recursos hídricos.....	14
3.3	Outorga do uso de água.....	15
3.4	Vazões de Referência e curva de permanência.....	16
3.5	Geoprocessamento aplicado a estudos ambientais.....	18
3.6	Morfometria.....	18
3.7	Caracterização da Área de Estudo.....	19
3.7.1	Descrição do local de estudo.....	19
3.7.2	Características econômicas da região.....	20
3.7.3	Delimitação da sub-bacia Rio Corda.....	21
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>22</b>
4.1	Utilização de geoprocessamento para caracterização da sub-bacia Rio Corda.....	22
4.2	Classificação da Declividade.....	22
4.3	Análise da Hierarquia fluvial.....	22
4.4	Análise dos parâmetros físicos da bacia.....	23
4.4.1	Coeficiente de manutenção.....	23
4.4.2	Caracterização da rede de drenagem.....	24
4.4.2.1	Densidade de drenagem.....	24
4.4.2.2	Densidade hidrográfica.....	24
4.4.3	Caracterização de relevo da sub-bacia .....	24
4.4.3.1	Amplitude altimétrica.....	24
4.4.3.2	Índice de sinuosidade.....	25
4.4.4	Coeficiente de compacidade (KC).....	25
4.4.5	Fator de Forma (F).....	26
4.4.6	Índice de circularidade (IC).....	26
4.5	Identificação e plotagem das estações fluviométricas.....	27
4.6	Determinação da disponibilidade hídrica.....	27
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>28</b>
5.1	Declividade.....	28
5.2	Hipsometria.....	29
5.3	Ordem dos cursos d'água.....	30
5.4	Dados morfométricos da bacia.....	31
5.5	Análise morfométrica.....	32
5.6	Estações fluviométricas.....	35

<b>5.7 Disponibilidade hídrica .....</b>	<b>36</b>
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>39</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>40</b>
<b>APÊNDICE A - CURVAS DE PERMANÊNCIA DAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS.....</b>	<b>44</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural de extrema importância para a manutenção da vida no planeta, sendo sua utilização indispensável para diversas atividades humanas. Entretanto nos últimos anos os quadros de escassez, tem-se tornado cada vez mais comuns, tendo em vista os fatores relacionados ao intenso crescimento populacional e ao desenvolvimento das atividades econômicas, influenciando diretamente na disponibilidade hídrica tornando-a insuficiente para atender todas as demandas (LEMOS e MAGALHÃES, 2015).

Para Elesbson (2012), esses fatores somados às projeções de aumento da população mundial em cerca 30% e da demanda hídrica em aproximadamente 55% até 2050, têm aumentado as preocupações e incertezas quanto à garantia de suprimento de água e motivado a busca por políticas de planejamento e gestão a fim de atenuar os conflitos já existentes e futuros.

A identificação das características morfométricas das bacias hidrográficas é uma etapa importante em análises hidrológicas ou ambientais e pretende buscar o entendimento da dinâmica ambiental local e regional (MORELI; PEREIRA e SILVA., 2014)

Os estudos morfológicos de uma bacia hidrográfica possuem relação com os padrões de paisagem da sua área de influência (HORTON, 1945; STRAHLER, 1957; SCHUMM, 1956). As metodologias para geração de informações criadas por esses autores são fundamentais para os processos de tomada de decisão e implementação de ações de gerenciamento ambiental. As avaliações quantitativas dos padrões de relevo, forma e drenagem de tais unidades territoriais são a base da análise morfométrica.

As aplicações em gerenciamento de bacias hidrografias como a previsão do comportamento hidrológico, identificação de alterações ambientais, auxílio no zoneamento territorial, geração de bases para manejo integrado e priorização de áreas para intervenção são subsidiadas pelas técnicas de avaliações morfométricas (SANTOS, 2012).

De acordo com Fraga (2014), para o planejamento adequado dos recursos hídricos, visando fundamentalmente propiciar a utilização racional das águas disponíveis, reduzir os conflitos advindos do seu uso múltiplo e subsidiar o planejamento de políticas públicas, é fundamental conhecer as disponibilidades hídricas das bacias e sub-bacias hidrográficas.

Segundo a Lei Federal 9.433 de 1997, no Brasil o controle entre demandas e oferta hídrica é regulado pela outorga do direito de uso da água, que consiste em um dos instrumentos de gestão instituídos (BRASIL, 1997).

No estado do Maranhão é incumbência da SEMA (Secretaria de Meio Ambiente) outorgar o direito de uso dos recursos hídricos, onde na ausência do Plano Estadual e do Plano

de Bacia cabe ao órgão definir os critérios e condições de disponibilidade por bacia hidrográfica, podendo para tanto solicitar a manifestação do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CONERH, 2019).

Como forma de minimizar os problemas oriundos dos usos desordenados dos recursos hídricos, os quais podem comprometer a vazão natural do rio, o Estado do Maranhão estabeleceu como vazão de referência a Q90 (vazão com permanência de 90%). Ao ser instituída uma vazão outorgável tendo por base uma vazão de referência, como um percentual, o órgão estabelece um limite para a apropriação da água. A vazão de referência está susceptível a variações de acordo com as características da bacia, respeitando as particularidades de cada local. (SILVA et al., 2006).

Nesse contexto conforme a Resolução CONERH Nº 057/2019 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos, a análise da disponibilidade hídrica natural dos corpos hídricos superficiais de domínio do Estado será realizada com base na vazão Q90 e que a vazão máxima outorgável para usos consultivos será de 80% da vazão de referência (Q90), determinando para cada usuário 25% da vazão outorgável (CONERH, 2019).

Para Lima, Bitencourt e Souza (2020), a concessão de outorgas é imprescindível para o conhecimento da disponibilidade hídrica ao longo da hidrografia e para o entendimento de sua distribuição espacial e temporal nos cursos d'água, no qual essa disponibilidade é representada pelas vazões mínimas de referência Q90.

Desta forma, há necessidade de determinar a disponibilidade hídrica da sub-bacia Rio Corda, visto que há diversos tipos de atividades existentes na bacia, como: agricultura, pecuária, mineração e outros, o que tem retirado quantidade de água para seu atendimento, portanto, há necessidade de conhecer a disponibilidade existente para melhor planejar os seus recursos hídricos superficiais.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Avaliar as características morfométricas e determinar a disponibilidade hídrica existente na sub-bacia Rio Corda para melhor planejamento dos seus recursos hídricos.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Calcular os parâmetros físicos da sub-bacia Rio Corda;
- Identificar as estações fluviométricas existentes na sub-bacia Rio Corda;
- Determinar as curvas de permanência das estações fluviométricas;
- Estimar as vazões de referência Q90 das estações fluviométricas.

### **3 REFERENCIAL TEÓRICO**

#### **3.1 Bacia Hidrográfica**

Para Vestena et al. (2012) a bacia hidrográfica é uma área de captação natural da água em que as águas das chuvas, das montanhas, subterrâneas ou de outros rios escoam em direção a um determinado curso d'água.

Segundo Pacheco (2020), são formadas nas regiões mais altas do relevo como divisores de água, onde as águas das chuvas, ou escoam superficialmente formando os riachos e rios, ou infiltram no solo para formação de nascentes e do lençol freático.

Cada bacia hidrográfica comunica-se com outra de ordem hierárquica superior, constituindo, em relação à última, uma sub-bacia (SANTANA, SILVA e SANTOS, 2011)

Para Batista et al. (2017), é na bacia hidrográfica onde se realizam os balanços de entrada proveniente da chuva e saída de água através do exutório, permitindo que sejam classificadas como bacias e sub-bacias.

As sub-bacias são áreas de drenagem bem definidas, mas em escala menor quando comparada com a bacia hidrográfica, os valores que delimitam o tamanho das sub-bacias podem variar de acordo com os autores, onde Molina et al. (2014), afirma que as sub-bacias possuem áreas maiores que 100 km<sup>2</sup> e menores que 700 km<sup>2</sup>, já Junior e Landim (2014) asseguram que esses valores variam entre 200 km<sup>2</sup> a 300 km<sup>2</sup>.

Os recursos hídricos oriundos das bacias e sub-bacias hidrográficas, são utilizados para diversos fins, como para o uso agrícola, para o abastecimento da população, para o lazer, para o turismo e diversas outras formas de uso deste recurso (COSTA e FERNANDES, 2015).

De acordo com Elesbon (2012), as preocupações quanto à garantia de suprimento de água, vem aumentando e motivando a busca por políticas de planejamento e gestão a fim de minimizar os conflitos a médio e longo prazo.

#### **3.2 Gestão dos Recursos Hídricos**

Para Queiroz e Oliveira (2013), o grande aumento de demanda causado pelo crescimento populacional acelerado das últimas décadas, ocasionado pelo aumento na expectativa de vida e grande desenvolvimento tecnológico dos séculos XX e XXI, é um agravante que deve ser levado em consideração na gestão dos recursos hídricos.

Visto que o atendimento à demanda de abastecimento humano é prioritário dentre ou diversos usos e, cada vez mais, existem regiões populosas com escassez hídrica (MATOS et al., 2017)



De acordo com Maranhão (2007), as altas demandas consultivas para produção de alimentos (animais, vegetais e cereais) para atender a grande densidade demográfica das grandes cidades e países desenvolvidos, são predominantes em todas as regiões com predisposição de área e clima para tais atividades.

Os recursos hídricos entram neste contexto exigindo o planejamento e gestão integrada dos diversos setores em vista da utilização sustentável e contínua da água (CAMPOS, 2011).

Segundo Lemos et al. (2013), sobre os recursos hídricos fica evidente o caráter indispensável, pois a escassez ou deterioração é igualmente prejudicial a todos os interessados, o que denota a grande relevância da consideração o uso múltiplo da água para todo e qualquer corpo hídrico.

Os Planos Estratégicos e Planos de Bacia, previstos pela Política Nacional de Recursos Hídricos, elaborados por Agências e passíveis de aprovação dos Comitês, apresentam o estudo para o desenvolvimento das bacias hidrográficas prevendo a gestão integrada dos usos múltiplos e atendimento aos mais diversos interesses (ASSIS, LACERDA e SOBRAL, 2012).

De acordo com Costa e Fernandes (2015), o desenvolvimento desses planos, é necessário proceder à investigação e planificação de um conjunto de informações sobre o ambiente, diagnosticando a situação da bacia em todos os aspectos relativos ao meio ambiente e desenvolvimento sustentável, identificando demandas, características naturais, uso do solo, hidrologia local entre outros.

Logo, é necessário dispor de informações seguras nos campos de interesse, assim como considerar que essas informações poderão ser modificadas (PORTZ et al., 2014).

O uso da água influencia diretamente a qualidade de vida da população, o que permite inferir que diferentes demandas e usos necessitam de um padrão de qualidade diferente. Os usos que são de consumo direto humano (abastecimento) e aqueles destinados a áreas de proteção integral apresentam níveis altos de exigência qualitativa, enquanto outros, como a diluição de efluentes (saneamento), são pouco exigentes (SANTANA, SILVA e SANTOS, 2011).

### **3.3 Outorga do uso de água**

A outorga compõe um dos instrumentos de gerenciamento de recursos hídricos que faz a articulação com a gestão ambiental. Apresenta como objetivos o controle qualitativo e quantitativo dos usos da água, atuando como de maneira a controlar os direitos de acesso à água (MENDES, 2007).

O poder público (União, estado ou Distrito federal) faculta ao outorgado (requerente) o direito de uso de recursos hídricos, considerando determinado prazo e condições expressas no respectivo ato administrativo (ANA, 2011).

A outorga de uso é o principal instrumento para administração da oferta de água. Caracterizada pela tarifação do uso da água, constitui um instrumento de gestão por incentivar a adoção de medidas que compõem ao decréscimo do consumo (SILVA et al., 2006).

A disponibilidade hídrica deve ser entendida como a quantidade de água que serve de referência para contabilização do balanço entre oferta e demanda por água, servindo como base de estudo para gestão, regulação e planejamento de recursos hídricos (LEMOS e MAGALHÃES, 2015).

Essa disponibilidade representa uma condição de oferta bruta de água (isenta de captações) sobre a qual atuará a solicitação de vazão pelos diversos usos na bacia (outorgas emitidas ou demandas calculadas), definindo a porcentagem de água ainda disponível para diferentes retiradas, bem como conflitos de disponibilidade e, ainda rios estressados hidricamente (ANA, 2016).

### **3.4 Vazões de Referência e curva de permanência**

A Lei nº 9.433 institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e define diversos aspectos do gerenciamento de recursos hídricos, utilizando a definição de bacia hidrográfica como unidade de gestão e estudo (BRASIL, 1997).

Fiscalizar os usos de recursos hídricos nos corpos de água de domínio da União é uma das atribuições institucionais na Agência Nacional de Águas – ANA (ANA, 2013).

A vazão de referência estabelece um valor de vazão limite de captação da água de mananciais. É com base neste valor que são implementados os sistemas de outorga (SOUSA et al., 2015).

Considerando uma bacia hidrográfica e sua vazão resultantes da precipitação e das suas características hidrogeomorfológicas, pode-se conceituar disponibilidade de recursos hídricos como sendo a parte dessa vazão que fica à disposição da população para o aproveitamento em diferentes usos, sem prejuízo dos sistemas aquáticos (CRUZ; TUCCI, 2008).

Cruz e Silveira (2007), afirmam que os valores de referência mais utilizados para a indicação da disponibilidade de água são a  $Q^{7,10}$ , a  $Q_{90}$  e a  $Q_{95}$ . A vazão de referência  $Q^{7,10}$  representa a vazão média mínima com duração de sete dias e período de retorno de 10 anos.

A adoção de uma vazão mínima com duração de sete dias está relacionada ao fato de que a ocorrência de baixas vazões com vários dias de duração é mais importante economicamente e ambientalmente do que as vazões mínimas com um dia de duração (MENDES, 2007).

Os valores Q90 e Q95 representam a vazão mínima que um curso d'água mantém por 90% ou 95% do tempo, respectivamente. Chamadas de vazão de referência, esses indicadores estão associados ao tempo em que uma determinada vazão permanece igualada ou excedida em um período predefinido. Por exemplo, a Q95 aponta que em 95% do tempo existe um valor de vazão igual ou maior em uma seção fluvial, ou seja, apenas em 5% do tempo há a possibilidade de ocorrência de vazões menores (MOLINA et al., 2014)

Essas vazões de referência são adotadas como critérios de outorga de uso dos recursos hídricos e possibilitarão estabelecer os valores das vazões máximas que poderão ser utilizadas em um curso de água (JUNIOR e LANDIM, 2014).

Essas informações de vazão são importantes não só para o processo de outorga, como também para o enquadramento dos corpos de água e para a cobrança do uso de recursos hídricos (WOLF, DUARTE e MINGOTI, 2014).

Usualmente, a Agência Nacional de Águas utiliza como vazão de referência a Q95, por considerar essa uma vazão mínima tolerável para o atendimento dos diversos usuários (ANA, 2013).

A aplicação do critério de vazão de referência, segundo Uilana (2016), é um procedimento adequado para a proteção dos rios, pois as alocações são feitas, geralmente, a partir de uma vazão de base de alta permanência.

A curva de permanência representa a relação entre vazão e frequência diária, semanal, mensal, ou de algum intervalo de tempo para uma determinada bacia hidrográfica. A curva fornece uma estimativa do percentual de tempo em que uma determinada vazão foi igualada ou ultrapassada ao longo de um período histórico. Tem-se assim uma visão simples, porém abrangente, da variabilidade histórica associada à vazão em uma bacia (SILVA et al., 2006).

Segundo ANA (2007), devido aos baixos índices de precipitação e a irregularidade do regime hídrico na Região Nordeste do Brasil, aliados a situação hidrogeológica, especialmente no Semiárido brasileiro, ocorrem reduzidos valores de disponibilidade hídrica na região. Nesse contexto, os Estados da Região Nordeste utilizam as vazões com 95% e 90% de permanência como sendo referência aos critérios de outorga.

Os Estados que utilizam a Q90 como referência para os critérios de outorga são: Maranhão, Tocantins, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Sergipe e Bahia; o único que usa

a Q95 na Região Nordeste como referência é o Piauí, sendo permitido o uso de até 80% da Q95. É importante frisar que, para os cursos hídricos federais, a ANA impõe um limite de 70% da Q95 (WOLF, DUARTE e MINGOTI, 2014).

### **3.5 Geoprocessamento aplicado a estudos ambientais**

Segundo Portz et al. (2014), no contexto de gerenciamento de informações, o desenvolvimento dos Sistemas de informação Georreferenciada (SIGs), e das geotecnologias associadas, revolucionou a área de análise espacial, sendo aplicados em diversas áreas do conhecimento, dentre elas o gerenciamento de recursos hídricos.

Análises baseadas no uso de sistemas de informações geográficas, sensoriamento remoto e geoprocessamento, possuem uma vasta gama de aplicações, gerando subsídios para ações de gestão e planejamento ambiental e para diagnosticar alterações na paisagem e conflitos diversos (FARINA, 2006).

Na gestão ambiental, os SIGs apresentam, pelo menos, três requisitos essenciais: a eficiência (pela facilidade de acesso e manipulação de grande volume de dados), a integridade (pelo controle de acessos por múltiplos usuários) e a persistência (pela manutenção de dados por longo tempo, independentemente dos aplicativos que acessam os dados e sua possível revisão) (BACANI e LUCHIARI, 2014).

### **3.6 Morfometria**

A análise morfométrica de uma bacia hidrográfica é um procedimento executado nas análises hidrológicas e/ou ambientais, tendo como objetivo esclarecer questões sobre o entendimento das dinâmicas, locais e regionais, da infiltração, quantidade de deflúvio, evapotranspiração, e do escoamento superficial e sub superficial associando a elementos físicos e bióticos de uma bacia hidrográfica (MALIK, 2014).

Lima et al. (2012), afirmam que as características morfométricas das bacias podem incluir informações quanto à sua formação e desenvolvimento, tais análises fornecem uma descrição quantitativa do sistema de drenagem, sendo um aspecto importante para a caracterização das bacias hidrográficas.

Para Campos et al. (2015), a determinação de vários parâmetros de uma bacia fornece informações que são úteis na tomada de decisão de como manejar essa bacia, além de simplesmente descrevê-la. Visto que, as variáveis morfométricas podem ser úteis em projetos ou planejamentos ambientais a serem realizados nas bacias hidrográficas.

No entanto, para que esses instrumentos sejam replicados em escala local, torna-se necessário compreender a dinâmica fluvial e as características das demandas dos usuários de água da região (LEMOS et al. 2013).

Evidenciando assim, a necessidade quanto à geração de dados, a elaboração de estudos e diagnósticos que possam subsidiar planos de ação para contornar ou prevenir potenciais conflitos (QUEIROZ e OLIVEIRA, 2013).

### 3.7 Caracterização da Área de Estudo

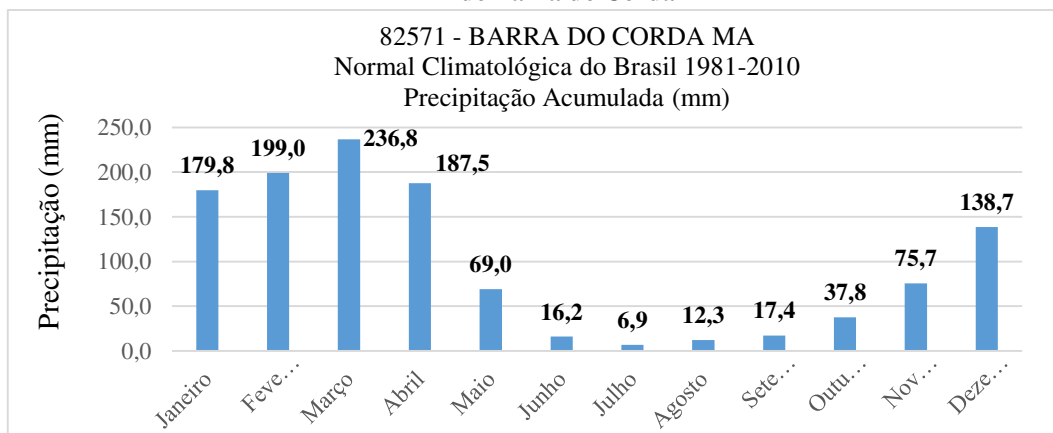
#### 3.7.1 Descrição do local de estudo

O município de Barra do Corda fica a 425 km da capital São Luís e tem sua população estimada em 86.151 habitantes, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), localizada na Mesorregião Centro Maranhense, Microrregião do Alto Mearim e Grajaú, pertencente ao Estado do Maranhão e encontra-se sob as coordenadas latitude 5°30'20"S, longitude 45°14'35"W, com uma área de 7916 km<sup>2</sup> e altitude média de 84 m, com temperaturas que oscilam entre 21°C e 31,7°C (IBGE, 2020).

O clima da região é classificado como tropical, subúmido e seco com dois períodos bem definidos: um chuvoso, que vai de novembro a abril, com médias mensais superiores a 173 mm e outro seco, correspondente aos meses de maio a outubro (LINHARES e RODRIGUES, 2005).

Dentro do período de estiagem, a precipitação pluviométrica varia de 6,9 a 69,0 mm e no período chuvoso, de 75,7 a 236,8 mm, com média anual em torno de 1.177,1 mm. Os dados representados pelo gráfico abaixo são referentes ao período de 1981 a 2010 (INMET, 2020).

**Gráfico 1 - Precipitação pluviométrica acumulada em milímetros no período de 1981-2010 na cidade de Barra do Corda**



Fonte: Inmet (2020)

### 3.7.2 Características econômicas da região

Os rios Corda e Mearim exercem bastante influência na economia e cultura da região, sendo importantes fontes de renda por conta do fornecimento de água e favorecimento da pesca, do turismo e demais atividades secundárias.

De acordo com os dados do IBGE (2017), as principais atividades econômicas referentes a agricultura correspondem as culturas de arroz, feijão, milho, banana, castanha de caju, cana-de-açúcar, mandioca, melancia e soja têm bastante expressividade na região que circunda a sub-bacia, conforme demonstrado na Tabela 1.

**Tabela 1 - Produção Agrícola – Lavouras temporárias e permanentes**

<b>Cultura</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Produção (t)</b>
Arroz	1.000	1.700
Feijão	600	260
Milho	2.000	4.000
Banana	95	1.088
Castanha de caju	82	37
Cana-de-açúcar	28	1.301
Mandioca	150	1.313
Melancia	17	179
Soja	250	750

Fonte: IBGE (2017)

A pecuária, a extração vegetal, a lavoura permanente e a lavoura temporária, as transferências governamentais, o setor empresarial com 922 unidades atuantes e o trabalho informal são as principais fontes de recursos para o município (FILHO et al., 2011).

Segundo o IBGE as áreas plantadas de lavouras permanentes e temporárias correspondem respectivamente em 1.259 e 4.944 hectares (ha); áreas de pastagens naturais 13.584 ha, pastagens plantadas 82.522 ha e com relação a aplicação de irrigação a área corresponde a 691 hectares (Tabela 2).

**Tabela 2 - Censo Agropecuário (Período de referência entre 01/10/2016 a 30/09/2017)**

<b>LAVOURAS</b>	
<b>Permanentes</b>	1.259 ha
<b>Temporárias</b>	4.944 ha
<b>PASTAGENS</b>	
<b>Naturais</b>	13.584 ha
<b>Plantadas em boas condições</b>	70.190 ha
<b>Plantadas em más condições</b>	11.938 ha
<b>ÁREA IRRIGADA</b>	
<b>691 ha</b>	

Fonte: IBGE (2017).

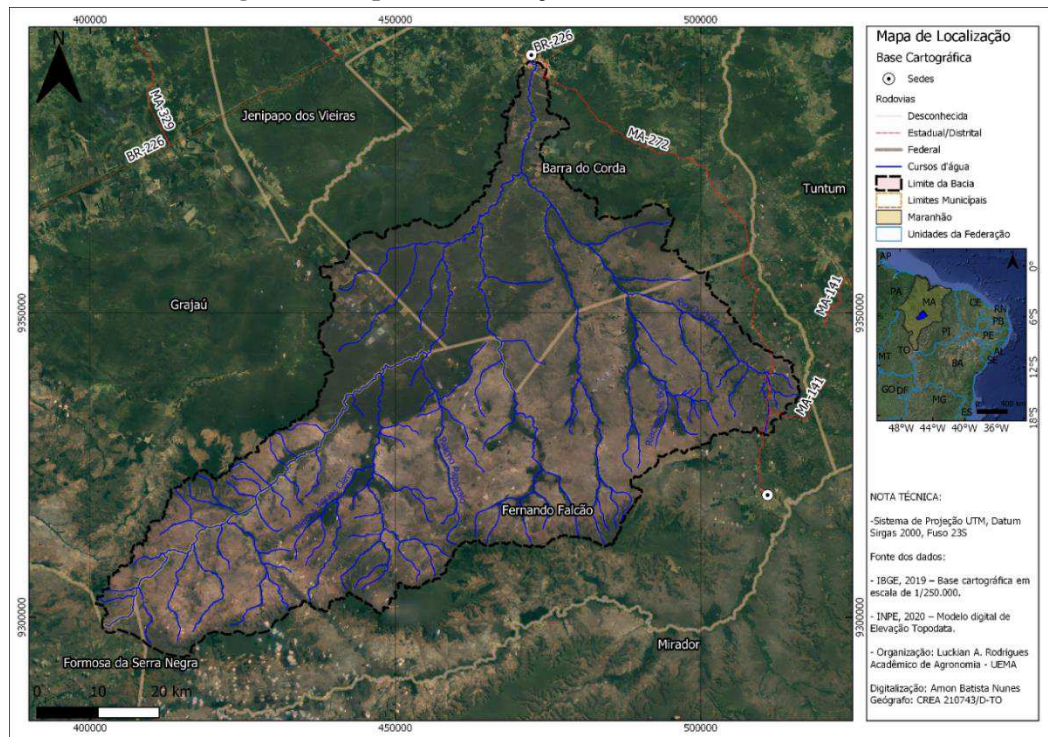
### 3.7.3 Delimitação da Sub-bacia Rio Corda

O município faz parte da região fisiográfica da Pré-Amazônia, tendo o território cortado pelos rios Mearim e Corda, rios genuinamente maranhenses, que se juntam dentro dos limites da sede do município formando um único curso d'água (LINHARES e RODRIGUES, 2005).

O rio Corda é um dos principais afluentes do rio Mearim, denominado de rio de águas claras por não apresentar partículas de sedimentos disponíveis em suas águas, encontra-se a margem direita do Mearim, nasce nas vertentes da serra Branca, a cerca de 450 m de altitude e, com suas águas límpidas, percorre aproximados 160 km até confluir com o rio Mearim (FILHO et al. 2011)

Em Barra do Corda e Fernando Falcão, possui uma área de drenagem em torno de 4.700 Km<sup>2</sup>. Seus principais afluentes são o rio Pau Grosso, e o rio Ourives, como pode ser verificado na (Figura 1).

**Figura 1 - Mapa de Localização da sub-bacia Rio Corda**



Fonte: INPE (2020)

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Utilização de geoprocessamento para caracterização da sub-bacia Rio Corda

Os mapeamentos foram realizados com auxílio do *software* QGIS 2.8, que foi integrado com o GRASS GIS 7.2.0, através de complementos, possibilitando organizar, processar, analisar, mapear e interpretar os dados geográficos pertinentes à bacia hidrográfica rio Corda.

Os limites da bacia hidrográfica, bem como a rede de drenagem foram obtidos por meio da ferramenta *r.watershed* do GRASS GIS, tendo por entrada o Modelo Digital de Elevação (MDE) com resolução espacial de 30 metros obtido através do TOPODATA. Por meio da ferramenta *r.to.vect* procedeu-se a conversão dos dados para o formato vetorial, que, por sua vez, permitiu o levantamento das características geométricas da bacia hidrográfica.

### 4.2 Classificação da Declividade

O mapa foi gerado em porcentagem, estabelecendo quatro classes, estas variando de plano a montanhoso seguindo a classificação da EMBRAPA (2013) e recebendo adaptações de acordo com os declives apresentadas na área de estudo, onde as classes foram delineadas da seguinte forma: de 0 – 8%; de 8 – 20%; de 20 – 45%; de 45 – 75%, sendo estas denominadas de Plano, Suave Ondulado, Ondulado, Forte Ondulado e Montanhoso, respectivamente (Tabela 3).

**Tabela 3 – Classificação da Declividade e seus respectivos intervalos**

Intervalo de declividade	Classe atribuída
0 – 8	Plano/Suave Ondulado
8 – 20	Ondulado
20 – 45	Forte Ondulado
45 – 75	Montanhoso

Fonte: EMBRAPA (2013)

### 4.3 Análise da Hierarquia fluvial

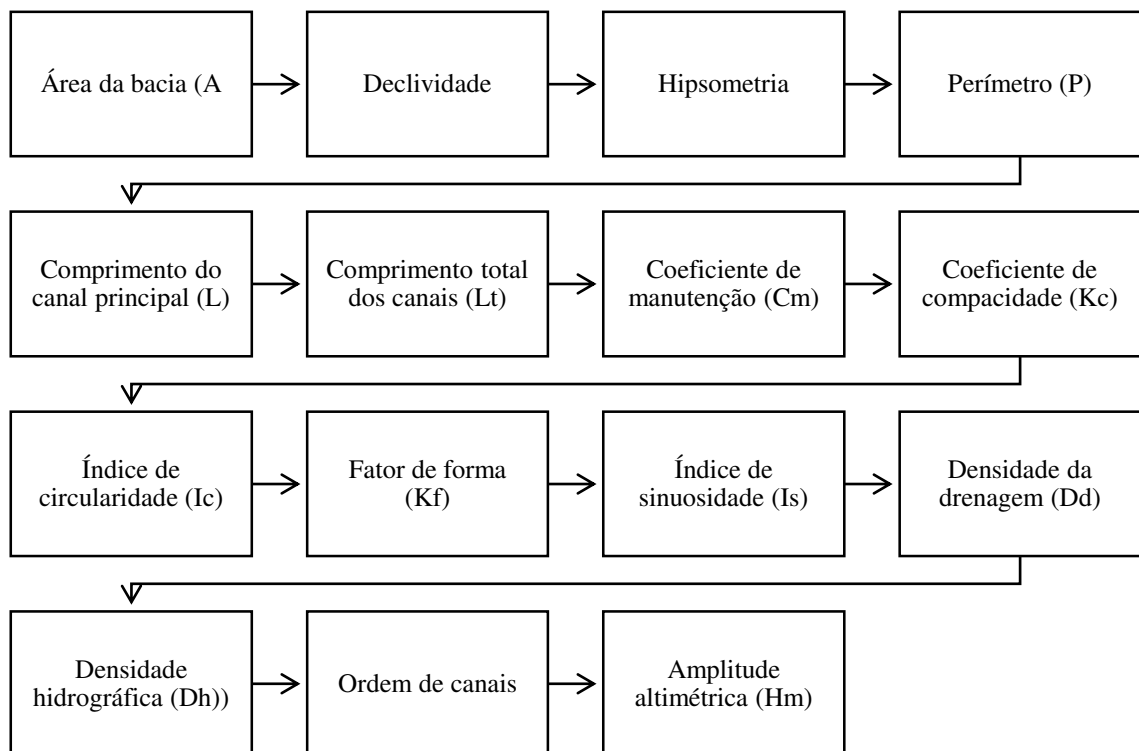
A hierarquia fluvial foi realizada a partir de análise obtidas a partir das cartas de drenagem em base planialtimétrica e de vetorização a partir de imagens Landsat fazendo a devida hierarquização da bacia em estudo, atribuindo a sua devida ordem, sendo utilizada a classificação de Strahler (1957), ou seja, classificação dos elementos de um sistema fluvial (strahler) em que os canais de primeira ordem são ligados diretamente às nascentes e não



possuem tributários já os canais de segunda ordem têm confluência de dois canais de primeira ordem e só recebem afluentes de primeira ordem, os canais de terceira ordem surgem da confluência de dois canais de segunda ordem, podendo receber afluentes de ordenação inferior, e assim por diante, nesse contexto a determinação da ordem principal da bacia é a classificação em que o exutório se encontra.

#### 4.4 Análise dos parâmetros físicos da bacia

Para realização da análise foram utilizadas as seguintes características morfométricas:



##### 4.4.1 Coeficiente de manutenção

O Coeficiente de manutenção, foi calculado pela relação inversa da densidade de drenagem e que fornece a área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento, conforme proposto por Schumm (1956), o qual encontra-se definido pela equação 1:

Equação 1

Onde:  
 $C_m$  = coeficiente de manutenção ( $m^2.m^{-1}$ );  
 $D_d$  = densidade de drenagem ( $km.km^{-2}$ ).

$$C_m = \frac{1}{D_d} \times 1000$$

#### 4.4.2 Caracterização da rede de drenagem

Para caracterização da rede de drenagem, foram determinados: o comprimento do canal principal, o comprimento total dos canais, o comprimento vetorial do canal principal, a densidade de drenagem e a ordem da bacia.

##### 4.4.2.1 Densidade de drenagem

A Densidade da drenagem (Dd) é a relação entre o comprimento total de canais e a área da bacia e para seu cálculo, devem-se considerar todos os rios tanto os perenes como os temporários.

Os resultados de Densidade de drenagem foram obtidos por meio da equação 3:

Equação 3

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

Onde:

$Dd$  = Densidade de drenagem (km/km<sup>2</sup>);

$L_t$  = comprimento total dos canais (km);

$A$  = área da bacia (km<sup>2</sup>).

##### 4.4.2.2 Densidade hidrográfica

A Densidade hidrográfica (Dh) compara a frequência de cursos de água e estima a capacidade de gerar novos cursos de água. Esses dados foram calculados pela equação 4:

Equação 4

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

Onde:

$Dh$  = densidade hidrográfica;

$N$  = número de rios ou canais;

$A$  = área da bacia (km<sup>2</sup>).

Christofolletti (1969) sugere a utilização de  $N$  como o número de canais de primeira ordem, conforme classificação de Strahler (1957), com o argumento de que isso conduz a resultados mais realistas sobre o comportamento hidrológico da bacia.

#### 4.4.3 Caracterização de relevo da sub-bacia

Para caracterização de relevo das sub-bacias foram determinados as *altitudes máxima, mínima e média, a amplitude altimétrica, o índice de sinuosidade, o gradiente de canais e a relação de relevo.*

##### 4.4.3.1 Amplitude altimétrica

Os resultados referentes a Amplitude altimétrica ( $H_m$ ) foram calculados a partir da diferença altimétrica em metros, entre a altitude da foz (elevação mínima) e a altitude do ponto mais alto no divisor topográfico (elevação máxima) próximo ao eixo. Conforme a equação 5.

Equação 5

$$H_m = e_{m\acute{a}x} - e_{m\acute{i}n}$$

Onde:

$H_m$  = amplitude altimétrica da bacia (m);

$e_{m\acute{a}x}$  = elevação máxima;

$e_{m\acute{i}n}$  = elevação mínima.

Para avaliação da altitude média foi realizado o cálculo das subáreas existentes entre os pares de curvas de nível, depois avaliou-se as porcentagens destas subáreas em relação a área total da bacia. Por fim, calculou-se a porcentagem da área total que fica abaixo ou acima de determinada altitude. Com os dados de variação de altitude pode-se determinar a curva hipsométrica da bacia, que é a representação gráfica da variação de altitude em relação à área da bacia.

#### 4.4.3.2 Índice de sinuosidade

Índice de sinuosidade ( $I_s$ ) é a relação entre o comprimento do canal principal e a distância vetorial do canal principal. Este índice expressa a velocidade de escoamento do canal principal. Quanto maior a sinuosidade, maior será a dificuldade de se atingir o exutório do canal, portanto, a velocidade de escoamento será menor.

Equação 6:

Equação 6

$$I_s = \frac{L_c}{L_v}$$

Onde:

$I_s$  = Índice de sinuosidade, adimensional;

$L_c$  = comprimento do canal principal em km;

$L_v$  = comprimento vetorial do canal principal em km.

#### 4.4.4 Coeficiente de compacidade (KC)

Esse coeficiente é expresso através da relação entre o perímetro da bacia e a circunferência do círculo, visto que essa área é igual à da área de drenagem da sub-bacia. Este índice, portanto, compara a bacia a um círculo.

O coeficiente de compacidade é um número adimensional que varia com a forma da bacia, independente de seu tamanho. De modo que quanto maior a irregularidade da bacia maior será o coeficiente. A determinação do  $K_c$  pode ser feita por meio da equação 7.

Como o coeficiente de compacidade igual à unidade corresponde a uma bacia circular, ele possibilita a indicação de maior ou menor ocorrência de cheias à medida que se aproxima ou afasta da unidade.

Equação 7

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

Onde:

$K_c$  = Coeficiente de compacidade;

$P$  = Perímetro da bacia em km;

$A$  = Área da bacia em km<sup>2</sup>.

#### 4.4.5 Fator de Forma (F)

O Fator de Forma (F) relaciona a forma da bacia com um retângulo, correlacionando a razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia da foz até o ponto mais distante do espigão.

Para determinar o fator de forma utilizou-se a equação 8.

Equação 8

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

Onde:

$F$  = Fator de forma, adimensional;

$A$  = Área da bacia em km<sup>2</sup>;

$L$  = comprimento axial da bacia em km.

#### 4.4.6 Índice de circularidade (IC)

O Índice de circularidade (IC) relaciona a área da bacia com a área de um círculo de perímetro igual ao da área da bacia. Este valor tende para unidade à medida que a bacia se aproxima da forma circular e diminui conforme a mesma se torna mais alongada.

Para se determinar o índice de circularidade utilizou-se a equação 9.

Equação 9

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

Onde:

$IC$  = Índice de Circularidade, adimensional;

$A$  = Área da bacia em km<sup>2</sup>;

$P$  = Perímetro da bacia em km.

#### **4.5 Identificação e plotagem das estações fluviométricas**

A identificação das estações foi realizada através de estudo minucioso sobre quais unidades de monitoramento são atuantes e seus determinados códigos. Nesse contexto, utilizou-se o programa Hidroweb e inseriu-se a codificação, obtendo-se todas as informações fundamentais das estações.

A realização das plotagens das estações fluviométricas, em mapa georreferenciado da cidade de Barra do Corda e sua divisão hidrográfica, foi realizado com o auxílio do software Google Earth Pro a partir dos dados de longitude (x) e latitude (y).

#### **4.6 Determinação da disponibilidade hídrica**

Nesse procedimento, foi realizado o levantamento através do Hidroweb (sistema de dados oficiais da ANA), das estações fluviométricas existentes na região da bacia hidrográfica Rio Corda, mais especificamente localizado no Alto Mearim.

Para determinação da vazão disponível utilizou-se as curvas de permanência, essas representam graficamente a porcentagem de tempo em que determinadas vazões são igualadas ou superadas em um período. As curvas de permanência foram elaboradas a partir de séries históricas de registros fluviométricos analisando uma série temporal média de 10 anos, em que cada estação tem sua época de análise particular, baseadas nas vazões diárias, mensais ou anuais, arranjadas em ordem decrescente e definida a sua frequência de ocorrência dentro da série histórica.

Os dados diários de vazão foram agrupados de acordo com os meses correspondentes de todos os anos da série histórica de cada estação, resultando em 12 meses para cada estação fluviométrica. Para cada mês, foi calculada a frequência em que o valor de vazão é excedido ou igualado e construída a sua respectiva curva de permanência utilizando o programa Hidroweb. Foram extraídos os valores das vazões de permanência Q90 para todos os meses de cada estação, a fim de observar a variação da disponibilidade de água em cada mês.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Declividade

Pacheco et al. (2020), afirmaram que a declividade e a cobertura vegetal tornam-se fatores importantes na tomada de decisão de um manejo adequado da bacia hidrográfica, visto que influenciam a precipitação efetiva, escoamento superficial e fluxo de água no solo, dentre outros aspectos.

A classificação realizada no quesito de declividade determinou 4 classes conforme exposto na Tabela 4 e ilustrado pela Figura 2. Esses limites enquadram as áreas e porcentagens, nesse contexto a declividade de 0 – 8 % corresponderam a 3.983,3 km<sup>2</sup> em 85,15% da área, a extensão que obteve maior parte do total sendo áreas propícias para pastagens e agricultura; no limite de 8 – 20% obteve-se 563,4 km<sup>2</sup> em 12,04% da área, classificado como relevo ondulado; na classe Forte ondulado no limite de 20 – 45% de declividade constatou-se 117,7 km<sup>2</sup>, ou seja, 2,52% da área e 0,29% da bacia classificou-se em montanhoso numa área de 13,6 km<sup>2</sup>.

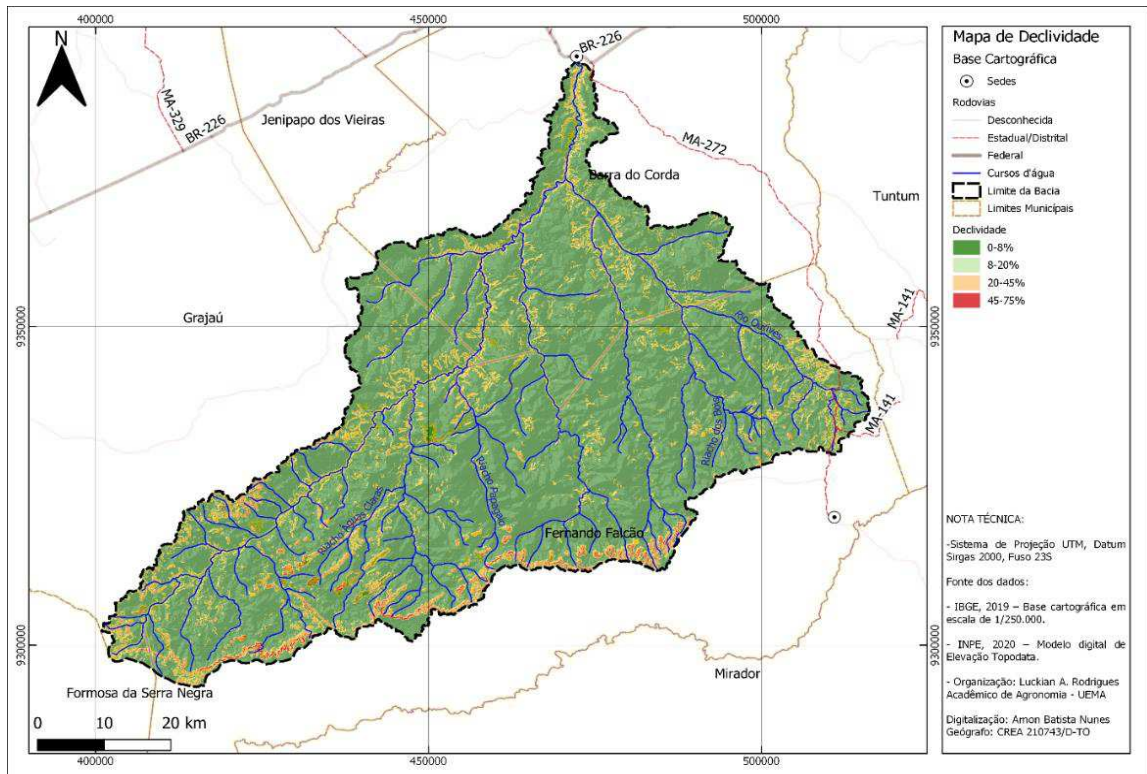
**Tabela 4 – Classes de declividade da sub-bacia Rio Corda**

	<b>Limite (%)</b>	<b>Classe</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Percentual (%)</b>
<b>Relevo</b>	0 a 8	Plano / suave ondulado	3.983,3	85,15
	8 a 20	Ondulado	563,4	12,04
	20 a 45	Forte ondulado	117,7	2,52
	45 a 75	Montanhoso	13,6	0,29
		<b>Área total das classes</b>	4.678,1	<b>100,00</b>

Fonte: Autoria própria

De acordo com Romero, Formiga e Marcuzzo (2017), nas áreas que apresentam declividade baixa e muito baixa podem ser desenvolvidas atividades como a agricultura e a pecuária utilizando-se práticas simples de manejo do solo sendo esta, menos propensa a erosão e aumentando a possibilidade de infiltração no solo (Figura 2).

**Figura 2 – Mapa de Declividade da Sub-bacia Rio Corda**



Fonte: Autoria própria

## 5.2 Hipsometria

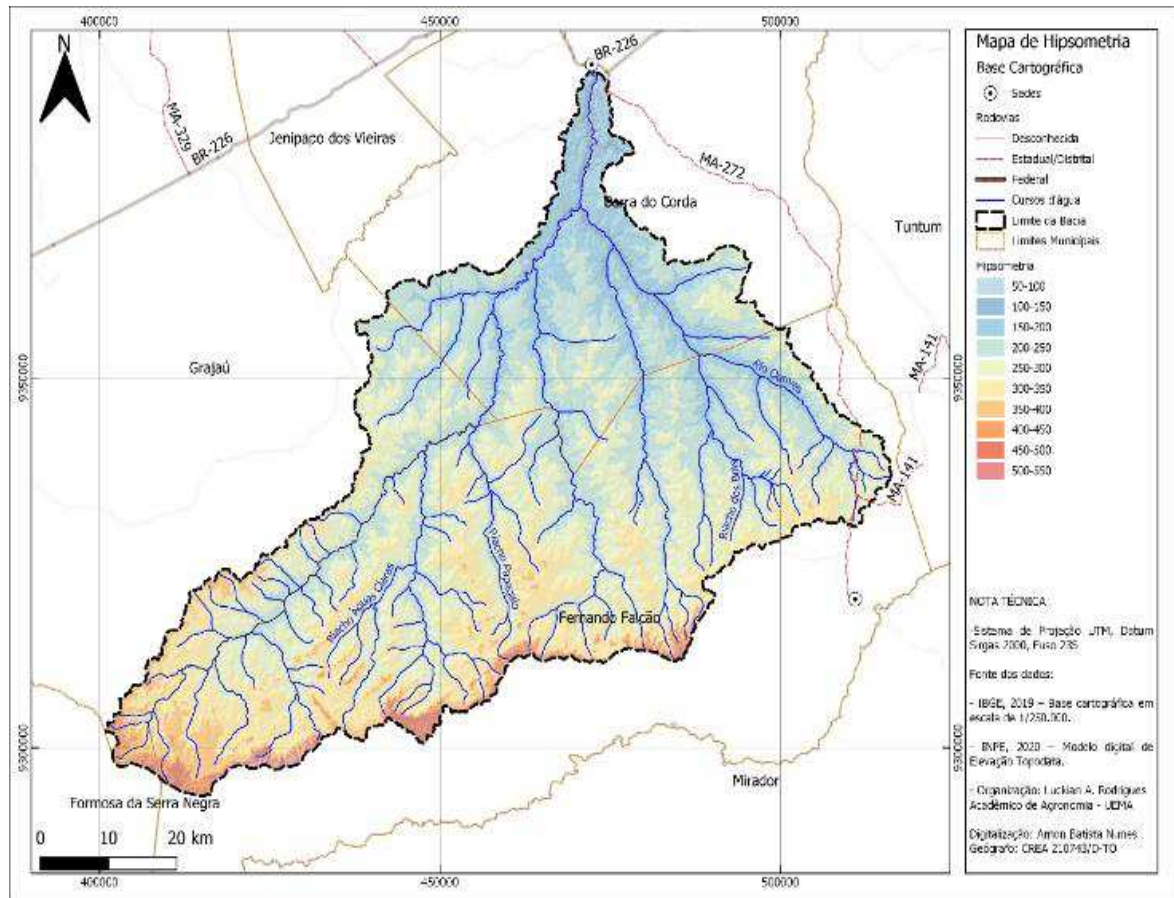
Na hipsometria da sub-bacia Rio Corda verificou-se que a altitude máxima da bacia é de 550 m, a altitude mínima de 50 m, altitude média da bacia de 250 m e amplitude altimétrica de 459 m (Figura 3). A maior área da bacia corresponde a 33,56%, encontrada na faixa de altitude de 250 a 300 metros, conforme a Tabela 5.

**Tabela 5 – Classes Hipsométricas da Sub-bacia Rio Corda**

Classes Hipsometria em (m)	Área (km <sup>2</sup> )	Percentual (%)
50 a 100	8,94	0,19
100 a 150	91,8	1,96
150 a 200	545,9	11,67
200 a 250	1.299,9	27,79
250 a 300	1.569,8	33,56
300 a 350	831,8	17,78
350 a 400	183,3	3,92
400 a 450	64,1	1,37
450 a 500	64,8	1,39
500 a 550	17,1	0,37
<b>Área total das classes</b>	<b>4.678,1</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Autoria própria

**Figura 3 – Mapa de Hipsometria da Sub-bacia Rio Corda**



Fonte: Autoria própria

Para Gerber et al. (2018), a variação da elevação e a elevação média de uma bacia hidrográfica têm grande correlação com a temperatura e a precipitação. Tais diferenças altimétricas em uma bacia podem ocasionar diferenças relevantes na temperatura média. Isso provoca variações na evapotranspiração e precipitação anual.

### 5.3 Ordem dos cursos d'água

Em conformidade com a análise realizada, a drenagem da sub-bacia foi classificada como sendo de 5ª ordem, indicando que o sistema de drenagem é bastante ramificado, contendo 89 drenagens de 1ª ordem totalizando 577,17 km de extensão, 51 caracterizadas de 2ª ordem com 239,52 km, 29 redes de 3ª ordem contendo 158 km, 6 redes de drenagem de 4ª ordem calculado 66,2 km e 23 km representando os rios de drenagem de 5ª ordem, que segundo Silva et al., (2006), quanto mais ramificada a rede, mais eficiente será o sistema de drenagem (Tabela 6 e Figura 4).

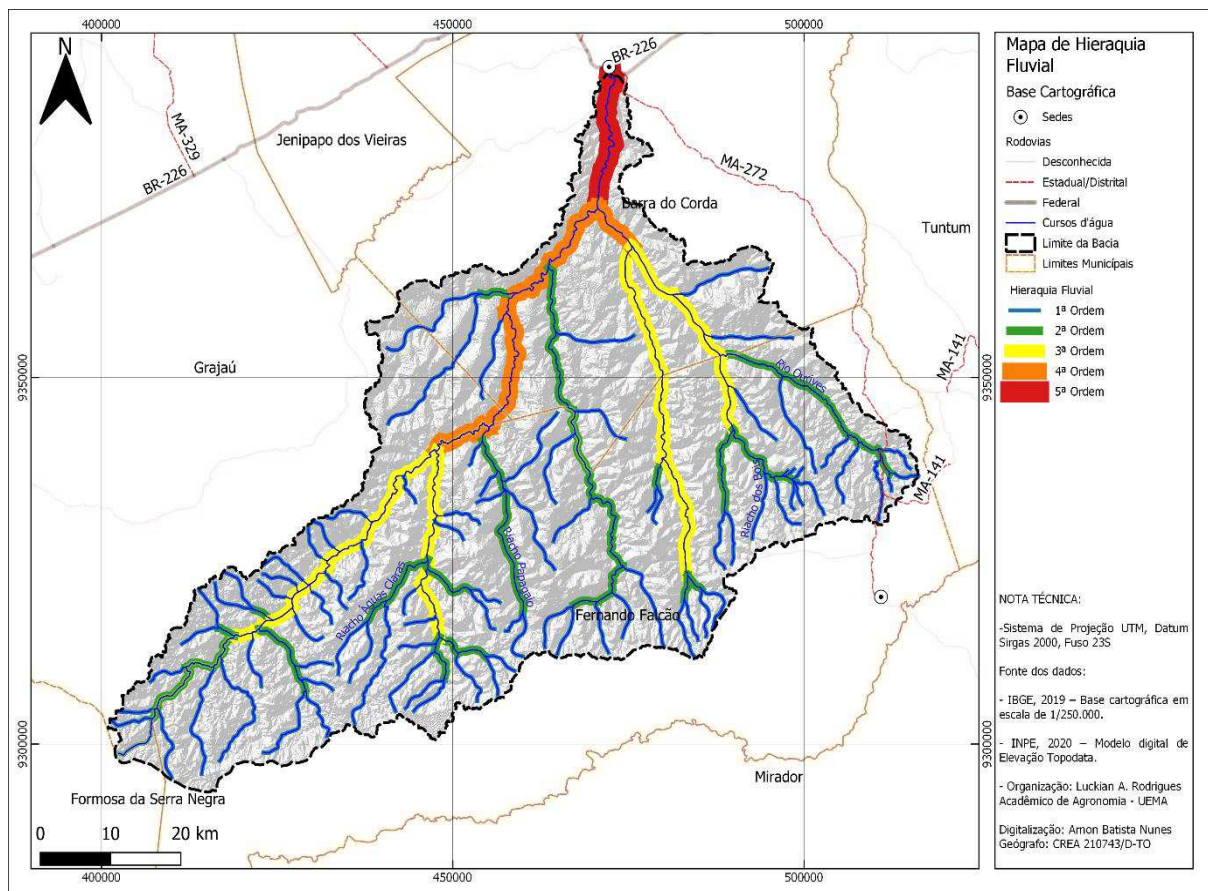


Tabela 6 – Hierarquia fluvial e ordem de drenagem

Tipo de Canais	Nº de canais	Total (km)
1ª ordem	89	577,17
2ª ordem	51	239,52
3ª ordem	29	158
4ª ordem	6	66,2
5ª ordem	1	23
C: Comprimento total dos canais	176	1.063,8

Fonte: Autoria própria

Figura 4 – Mapa de Hierarquia Fluvial da Sub-bacia Rio Corda



Fonte: Autoria própria

#### 5.4 Dados morfométricos da bacia

Por meio dos dados de declividade, hipsometria e localização informados anteriormente, foi possível calcular a base fundamental para realização da análise morfométrica, que constatou uma área total de 4.678,13 km<sup>2</sup>, perímetro de 478,93 km, comprimento de seu canal principal 156,42 km, sendo que o comprimento da bacia medido em

linha reta ao longo do canal principal é de 115,96 km, desnível altimétrico da bacia 459 m e o comprimento total de seus canais de drenagem representa 1.063,8 km (Tabela 7).

**Tabela 7 – Dados básicos para caracterização morfométrica**

Dados da bacia	Total
A: Área total da Bacia (km <sup>2</sup> )	4.678,13 km <sup>2</sup>
C: Comprimento total dos canais (km)	1.063,8 Km
Número de canais	176
L: Comprimento do canal principal (m)	156.419,46 m
La: Comprimento do canal principal (km)	156,42 km
a max: altitude máxima (m)	537,00 m
a min: altitude mínima (m)	78,00 m
P: Perímetro	478,93 km
Pc: Circunferência (ou perímetro) do círculo de mesma área que a da bacia	0,24 km
dv: Distância vetorial entre pontos extremos do canal principal	115,96 km

Fonte: Autoria própria

## 5.5 Análise morfométrica

A Tabela 8 representada logo abaixo, dispõe os valores encontrados na análise morfométrica da sub-bacia Rio Corda, levando em consideração os parâmetros de Dd, Dh, Ic, Is, Kc, Kf, Cm, Rr, Gc e amplitude altimétrica, bem como seus limites de referência, suas classes e os valores encontrados no estudo.

**Tabela 8 – Valores de referência para classificação de parâmetros morfométricos da sub-bacia Rio Corda**

Parâmetro	Limites	Classes	Total
<b>Densidade de drenagem (Dd)</b>	< 0,50 0,50 – 2,00 2,01 – 3,50 > 3,50	Baixa Média Alta Muito alta	0,22 Km/km <sup>2</sup>
<b>Densidade hidrográfica (Dh)</b>	< 3 3 – 7 7 – 15 > 15	Baixa Média Alta Muito alta	0,04 Canais/km <sup>2</sup>
<b>Índice de circularidade (Ic)</b>	> 0,55 0,45 – 0,55 < 0,45	Alta Moderada Baixa	0,25
<b>Índice de sinuosidade (Is)</b>	< 1,40 1,40 – 1,75 > 1,75	Baixo Moderado Alto	1,35
<b>Coefficiente de compacidade (Kc)</b>	1,00 – 1,25 1,26 – 1,50 > 1,50	Alta propensão a enchentes Tendência média a enchentes Não sujeito a enchentes	1,96
<b>Fator de forma (Kf)</b>	< 0,50 0,50 – 0,75 0,76 – 1,00	Não sujeito a enchentes Tendência média a enchentes Sujeito a enchentes	0,35
<b>Coefficiente de manutenção (Cm)</b>	-	-	4,54 m <sup>2</sup> /m

Continua...

Conclusão.

Parâmetro	Limites	Classes	Total
Relação de relevo (Rr)	-	-	2,93 m/km
Gradiente de canais (Gc)	-	-	3,43 %
Amplitude altimétrica	-	-	459 m

Fonte: Adaptado de Pacheco et. al. (2020)

De acordo com a análise dos índices morfométricos demonstrados (Tabela 8), a *densidade de drenagem (Dd)* apresentou um valor de 0,22 km/km<sup>2</sup> sendo considerada baixa, o que segundo Batista et al. (2017), o sistema de drenagem é pouco desenvolvido, indicando que a água escoar de forma lenta e caracteriza-se com baixa capacidade de drenagem, que se dá pela divisão do comprimento total dos cursos d'água pela área da bacia.

Valores baixos de densidade de drenagem podem estar associados a regiões de rochas permeáveis e regime pluviométrico caracterizado por chuvas de baixa intensidade ou pouca concentração da precipitação (LEMOS et al., 2013).

Enquanto os valores elevados de Dd indicam áreas com pouca infiltração e melhor estruturação dos canais (LIRA et al., 2020).

Vilella & Mattos (1975), informaram em sua classificação que o índice da densidade de drenagem (Dd) pode variar menos que 0,5 km/km<sup>2</sup> em bacias com drenagem baixa a 3,5 km/km<sup>2</sup> ou mais nas bacias bem drenadas.

Podendo ser facilmente alterado, bastando uma pequena mudança de gradiente de descarga do rio motivada por fenômenos naturais (GERBER et al. 2018).

A *densidade de hidrográfica (Dh)* representou 0,04 canais/km<sup>2</sup>, ou seja, é uma classificação baixa em que permite caracterizar o número de canais pela área da bacia. A bacia possui índice de circularidade de 0,25, sendo caracterizado como de forma alongada.

Nesse contexto relacionado ao coeficiente de compacidade, o índice de circularidade tende para a unidade 1 à medida que a bacia se aproxima da forma circular e diminui à medida que a toma a forma alongada (UILANA, 2016).

A bacia apresentou *índice de sinuosidade (Is)* de 1,35 km.km<sup>-1</sup>, sendo classificada como de cursos hídricos retilíneos o que é favorável a conservação e preservação da bacia.

Sousa et al. (2015), afirmou que essa variável descreve a velocidade de escoamento do curso hídrico, em que quanto menor a sinuosidade, menor será a dificuldade que o curso hídrico encontrará para chegar até o exultório, já quando a bacia possuir sinuosidade elevada, maior será a dificuldade.

Tendo em vista que pode variar de 1 a 2, indicando que valores próximos ou inferiores a 1 os cursos hídricos são classificados como canais retilíneos, ao passo que valores superiores a 2,0, constitui cursos de água sinuosos. Valores medianos sugerem formas transacionais, regulares e irregulares.

Pode-se observar que a bacia hidrográfica do rio Corda apresentou pouca suscetibilidade a ocorrência de enchentes em condições normais de precipitação, ou seja, excluindo-se eventos de intensidade anormais, pelo fato de apresentar valor de *coeficiente de compactidade* ( $K_c$ ) (1,96) acima da unidade, isto é, quanto mais próximo de 1 maior é a circularidade e mais propícia é a ocorrência de inundação.

Mostra-se ainda em condições normais de precipitação com baixo risco de ocorrer grandes enchentes, pelo resultado do *Fator Forma* ( $K_f$ ) apresentar 0,35. Há uma indicação de que a sub-bacia não possui forma circular.

Tal fato pode ainda ser comprovado pelo *índice de circularidade* ( $I_c$ ), possuindo um valor de 0,25. Em microbacias com forma circular, há maiores possibilidades de chuvas intensas ocorrerem simultaneamente em toda a sua extensão, concentrando grande volume de água no tributário principal (LIMA; BITENCOURT e SOUZA, 2020).

Corroborando com o trabalho realizado por Souza et. al (2015) no Rio das Fêmeas, Oeste da Bahia, em que obteve o mesmo valor do Fator de forma ( $K_f$ ) 0,25, o que condiz com sua forma alongada.

Assim, segundo Campos et al. (2015), essa sub-bacia é menos sujeita a enchentes que outra sub-bacia, de igual tamanho, porém com fator de forma maior. Isso se dá pelo fato da bacia ser estreita e longa.

Desse modo, escoamento direto de uma precipitação ocorrida na sua área não se concentra rapidamente, além do mais, as bacias com essas características tem menor possibilidade de ocorrência de chuvas intensas cobrindo simultaneamente toda sua extensão.

Segundo Santos (2012), o *Coefficiente de manutenção* ( $C_m$ ) representa um índice que visa calcular a área mínima que a bacia precisa dispor para a manutenção de um metro de canal fluvial, sendo o resultado indicado em  $m^2/m$ . Na análise realizada o resultado foi de 4,54  $m^2/m$ , ou seja, há necessidade de uma área de drenagem de, no mínimo, 4,54  $m^2$  para a manutenção de um metro de canal de escoamento.

A *relação de relevo* ( $R_r$ ) em que é a relação entre a amplitude altimétrica da bacia e o comprimento do canal principal apresentou 2,93 m/km. Segundo Schumm (1956), quanto maior o valor de ( $R_r$ ), maior será o desnível entre a cabeceira e o exutório, conseqüentemente maior será a declividade média da bacia.

O *Gradiente de canais (Gc)* em que representa relação entre a diferença de cotas da nascente até a foz e comprimento do rio principal, indicando a declividade do canal, correspondendo em 3,43% de acordo com essa perspectiva afirma-se que o relevo de forma geral é suavemente ondulado.

Em complementação as análises físicas, foi determinado a *Amplitude Altimétrica* com 459 m, que para Christofolletti (1969), corresponde à diferença altimétrica entre o ponto mais alto da bacia, situado no divisor topográfico, e a altitude da foz. Segundo Vestena et al. (2012), em altitudes elevadas a temperatura é baixa e apenas uma pequena quantidade de energia é utilizada para evaporar água; ao passo que, em altitudes baixas, quase toda a energia absorvida é usada na evaporação da água, e isso faz com que haja maior evaporação.

### 5.6 Estações fluviométricas

As estações fluviométricas foram identificadas a partir de seus códigos em que o programa Hidroweb fornece todos os dados relacionados as mesmas, possibilitando utilizar as coordenadas geográficas para aplicação em plotagem nas imagens do Google Earth e realizar marcação. Nesse contexto os períodos de intervalo e séries completas foram de acordo com as operações automáticas do sistema Hidroweb, que calculou as séries históricas correlacionando as informações obtidas pelas estações, corrigindo e gerando os relatórios de vazões de referência.

A Tabela 9 exhibe os dados de acordo com o *código*, a *estação*, a *área de drenagem (km<sup>2</sup>)*, o *Rio*, as *coordenadas geográficas* e o *período analisado*. Na estação 33212000 observa-se vazões menores que todas as outras, em decorrência da menor área de drenagem com apenas 93,4 km<sup>2</sup>; a estação 33214000 tem vazões mais consideráveis com área de drenagem de 523 km<sup>2</sup>; 876 km<sup>2</sup> refere-se a área de drenagem da estação mediana com código 33222000; a estação 33215000 detém área de 3.000 km<sup>2</sup>, já a 33220000 recebe todo escoamento da bacia por isso tem elevadas vazões e grande área de drenagem chegando a 4.560 km<sup>2</sup>. Esses dados também podem ser observados na Figura 5.

**Tabela 9 – Dados das estações fluviométricas da sub-bacia Rio Corda**

<b>Código</b>	<b>Estação</b>	<b>Área de Drenagem (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Rio</b>	<b>Coord. Geográficas</b>	<b>Período</b>
<b>33220000</b>	Rio Corda	4.560	Rio Corda	05°39'00,00"S 45°16'00,00"W	1972 a 1979
<b>33215000</b>	Rio Corda II	3.000	Rio Corda	05°44'09,96"S 45°19'24,96"W	2009 a 2019

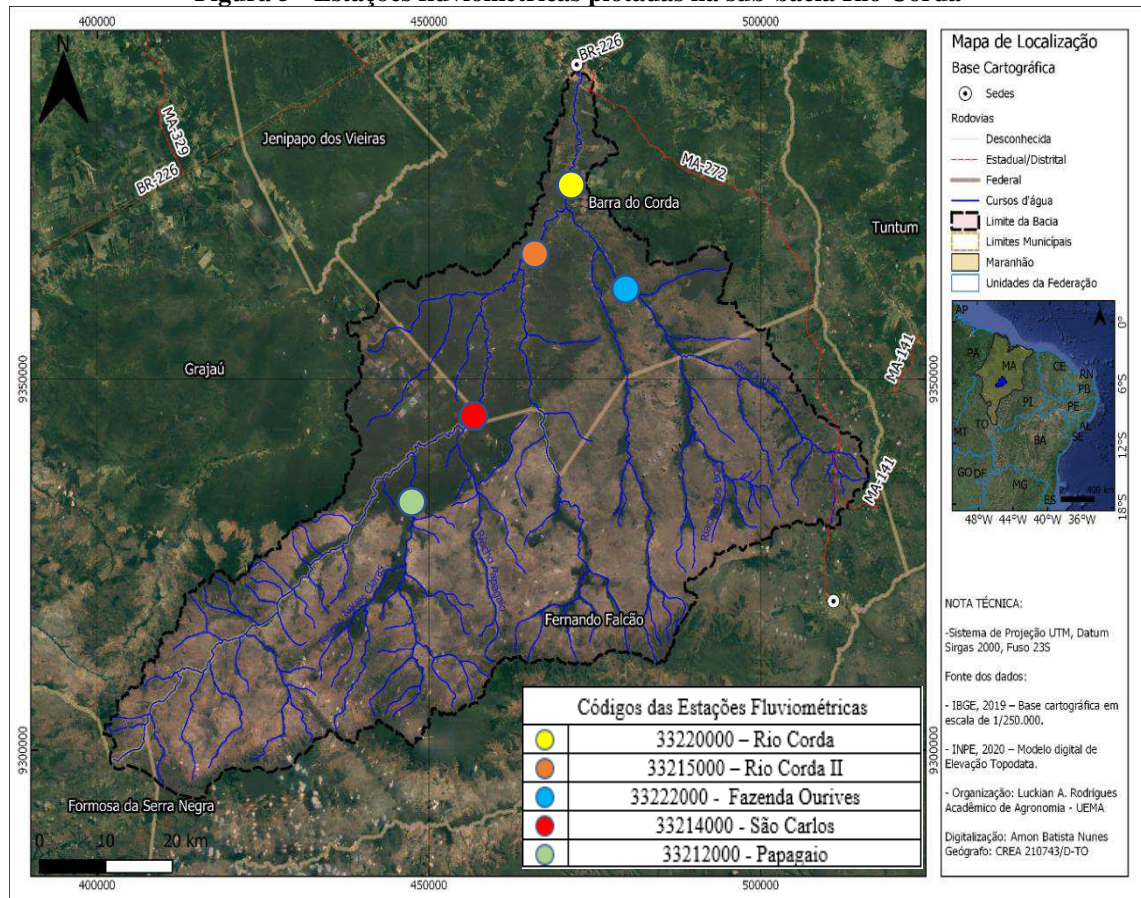
Continua...

Conclusão.

Código	Estação	Área de Drenagem (km <sup>2</sup> )	Rio	Coord. Geográficas	Período
3322000	Fazenda Ourives	876	Rio Ourives	05°46'46,00"S 45°10'25,00"W	2004 a 2014
33214000	São Carlos	523	Ribeirão Pau Grosso	05°53'18,96"S 45°18'46,08"W	2003 a 2014
33212000	Papagaio	93,4	Ribeirão Papagaio	05°59'00,00"S 45°24'01,00"W	2004 a 2014

Fonte: Autoria própria

Figura 5 - Estações fluviométricas plotadas na sub-bacia Rio Corda



Fonte: Autoria própria

## 5.7 Disponibilidade hídrica

As vazões de referência Q90 (Tabela 10 e Gráfico 2) geradas através das curvas de permanência (APÊNDICE A - CURVAS DE PERMANÊNCIA DAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS) demonstraram grande diferença entre as estações distribuídas na bacia de aproximadamente 4.700 km<sup>2</sup>, em que as vazões com maiores proporções de vazões são as estações 33220000 com máxima de 24,9 m<sup>3</sup>/s e mínima de 16,5 m<sup>3</sup>/s e 33215000 com máximas de 20,8 m<sup>3</sup>/s e mínimas de 14,8 m<sup>3</sup>/s; valores intermediários e bem próximos foram as estações 33222000 com máximas de 5,88 m<sup>3</sup>/s mínimas de 3,52 m<sup>3</sup>/s e 33214000 com máximas de 4,81

m<sup>3</sup>/s e mínimas de 3,33 m<sup>3</sup>/s; já a 33212000 obteve menores frequências em máximas de 1,74 m<sup>3</sup>/s e 1,26 m<sup>3</sup>/s mínima.

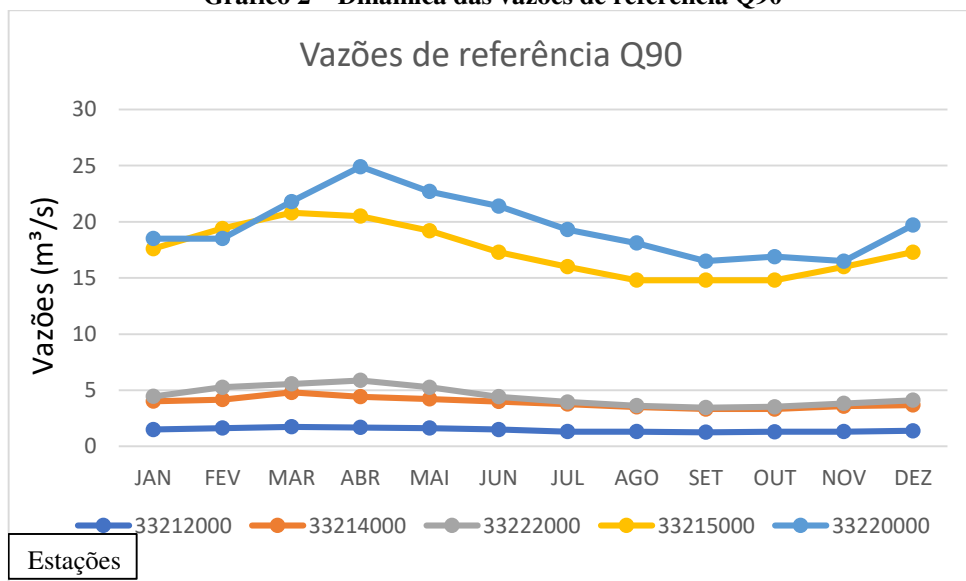
**Tabela 10 – Vazões de referência Q90 mensais das estações fluviométricas**

Estações					
Meses	33212000	33214000	33222000	33215000	33220000
	Vazão (m <sup>3</sup> /s)				
<b>Jan</b>	1,5	4,03	4,45	17,6	18,5
<b>Fev</b>	1,63	4,17	5,26	19,4	18,5
<b>Mar</b>	1,74	4,81	5,57	20,8	21,8
<b>Abr</b>	1,69	4,42	5,88	20,5	24,9
<b>Mai</b>	1,63	4,23	5,27	19,2	22,7
<b>Jun</b>	1,5	4	4,42	17,3	21,4
<b>Jul</b>	1,32	3,77	3,95	16	19,3
<b>Ago</b>	1,32	3,51	3,62	14,8	18,1
<b>Set</b>	1,26	3,33	3,46	14,8	16,5
<b>Out</b>	1,31	3,33	3,52	14,8	16,9
<b>Nov</b>	1,32	3,59	3,83	16	16,5
<b>Dez</b>	1,39	3,68	4,11	17,3	19,7

Fonte: Autoria própria

Esses dados da Tabela 10 foram plotados em um gráfico (Gráfico 2) onde o eixo da abscissa representa os meses e o da ordenada as vazões Q90 (m<sup>3</sup>/s), sendo que os valores apresentados nos meses de dezembro a maio obtiveram maiores vazões em decorrência do período chuvoso e o intervalo entre junho a novembro os menores pelo fato da estiagem.

**Gráfico 2 – Dinâmica das vazões de referência Q90**



Fonte: Autoria própria

Observa-se que conforme a área de drenagem aumenta, as vazões mínimas também se elevam, podendo dizer que quanto maior é a área de captação de uma bacia, maior também será a disponibilidade hídrica nos cursos de água da bacia (MATOS et al., 2017).

Essas determinações de vazões são fundamentais para a observação no comportamento dos corpos d'água e como essas variações influenciam para utilização dos recursos hídricos, em que cada estado aplica sua legislação para outorga do uso de água (ANA, 2011).

Nesse contexto, as vazões específicas Q90 de cada mês referentes às estações, torna possível o cumprimento de uma etapa elementar no procedimento de utilização das águas, sejam eles para agricultura, pecuária, abastecimento urbano, turismo, manutenção da bacia e diversas utilidades.



## 6 CONCLUSÃO

Com base na análise morfométrica pôde-se concluir que, a sub-bacia Rio Corda é caracterizada como sendo de 5ª ordem, com formato alongado, atestando ser uma bacia favorável à disponibilidade hídrica, em função da capacidade de infiltração de água, inclusive a mesma é classificada como de baixa capacidade de drenagem e baixa suscetibilidade a enchentes em condições normais de precipitação.

O relevo tem características mais expressivas entre plano e suave ondulado, associado à baixa densidade hidrográfica e densidade de drenagem, que indicam tendência a uma resposta hidrológica lenta. Além disso, o estudo hidrológico demonstrou que à medida que a área de drenagem aumenta, os valores de disponibilidade hídrica natural representada pelas vazões mínimas de referência (Q90) também aumentam. Todavia, a utilização e uso da terra de forma desordenada, crescimento urbano e impermeabilizações das áreas, podem influenciar nas respostas da bacia.

Ressalta-se a importância da manutenção das estações de monitoramento, pois estas são ferramentas fundamentais para o diagnóstico hidrológico em determinado curso d'água.

Nesse contexto para melhor gerenciar a bacia hidrográfica em termos de conservação e manutenção dos aspectos ambientais, é fundamental realizar programas de capacitação e orientação aos produtores rurais em relação a práticas conservacionista em manejo de solos, a manutenção de estradas e preservação de matas ciliares que têm importante impacto na redução da erosão e produção de sedimentos no ecossistema fluvial.

A disponibilidade hídrica é amplamente interligada na forma como a bacia é gerida, o que vem aumentando as preocupações quanto à garantia de suprimento de água e motivando a busca por políticas de planejamento e gestão a fim de minimizar os conflitos a médio e longo prazo.

Para melhorar a gestão dos recursos hídricos, os dados analisados subsidiam as tomadas de decisão quanto aos usos consultivos referentes a utilização das águas para os processos de produção, seja vegetal ou animal e até mesmo no que se refere ao abastecimento urbano e turismo na bacia hidrográfica. São informações que tornam consistentes os processos de outorgas do uso de água, sendo ferramenta fundamental na observação da capacidade do curso d'água em abastecer determinada atividade sem que o mesmo seja afetado negativamente.

## REFERÊNCIAS

ANA – Agência Nacional de Águas. **Caderno de capacitação em recursos hídricos: Outorga de direito de uso de recursos hídricos**, vol. 6, p. 1-50, Brasília: ANA, 2011.

ANA – Agência Nacional de Águas. **Nota Técnica no 16/2016/SPR**; Documento nº:00000.023323/2016-47. 2016.

ANA – Agência Nacional de Águas. **Manual de procedimentos técnicos e administrativos de outorga de direito de uso de recursos hídricos**. Brasília: ANA, 2013.

ANA – Agência Nacional de Águas. **GEO Brasil recursos hídricos: componente da série de relatórios sobre o estado e perspectiva do meio ambiente no Brasil**. Brasília, p. 264, 2007.

ASSIS, J. M. O.; LACERDA, F. F.; SOBRAL, M. C. M. Análise de detecção de tendências no padrão pluviométrico na bacia hidrográfica do Rio Capibaribe. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.2, p.320-331, 2012.

BATISTA, D. F. et al. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Ribeirão Santo Antônio – GO. **Revista Geoambiente**, n. 29, p. 15-35, 2017.

BACANI, M. V.; LUCHIARI, A. Geoprocessamento aplicado ao zoneamento ambiental da bacia do alto rio coxim-ms. **GEOUSP (Online)**, São Paulo, v. 18, n. 1, p. 184 – 197, jan/abr 2014.

BRASIL. **Lei nº 9433. 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Brasília, 1997. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 25 set. 2019.

CAMPOS, S. et al. Geoprocessamento aplicado na caracterização morfométrica da microbacia do ribeirão descaldado–Botucatu, SP. **Irriga**, v. 1, n. 1, p. 52, 2015.

CAMPOS, J. D. **Cobrança pelo Uso da Água nas Transposições da Bacia do Rio Paraíba do Sul Envolvendo o Setor Elétrico**. Dissertação, Instituto de Pós-graduação e Pesquisa em Engenharia da COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 2011.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1969.

CONERH – Conselho Estadual de Recurso Hídricos. **Resolução nº 057/2019 de 21 de maio de 2019**. Estabelece os critérios gerais para a Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos e dá outras providências. Disponível em <<https://www.sema.ma.gov.br/legislacao/?tp=3&pagina=3>>. Acesso em: 04 jun. 2020.

COSTA, K. T.; FERNANDES, W. S. Avaliação do tipo de distribuição de probabilidade das vazões máximas diárias anuais do Brasil. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 20, n. 02, p. 442-451, 2015.

CRUZ, J. C.; TUCCI, C. E. M. Estimativa da disponibilidade hídrica através da curva de permanência. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 13, n. 1, p. 111-124, 2008.

ELESBON, A. A. A. **Gestão de recursos hídricos: análises estatísticas multivariadas em suporte à regionalização de vazões e proposta metodológica para avaliação, rearranjo e otimização de redes de monitoramento hidrométrico**. 1978. 148 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2012.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3 ed. Brasília, Embrapa solos, p. 353, 2013.

FARINA, F. C. Abordagem sobre as técnicas de geoprocessamento aplicadas ao planejamento e gestão urbana. **Cad. EBAPE.BR**, vol. 4, n. 4. Rio de Janeiro, 2006.

FILHO, L. C. et al. **Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea, estado do Maranhão: relatório diagnóstico do município de Barra do Corda** - Teresina: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2011.

FRAGA, M. S. et al. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Catolé Grande, Bahia, Brasil. **Nativa**, v. 2, n. 4, p. 214-218, 2014.

GERBER, D. et al. Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí – Santa Catarina. **Acta Biológica Catarinense**, v. 5, n. 1, p. 72-83, 2018.

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

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Bases cartográficas (Escala: 1:250.000)**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 20 jul.2020.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística Censo Agropecuário 2017 Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/barra-do-corda/pesquisa/24/76693>>. Acesso em: 03 dez. 2020.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas (1981/2010)**. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 06 set. 2020.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **TOPODATA: Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil**, 2020. Disponível em: <[www.dsr.inpe.br/topodata](http://www.dsr.inpe.br/topodata)>. Acesso em: 10 ago. 2020.

JUNIOR, N. C.; LANDIM, P. M. B.. Análise da chuva e vazão na Bacia hidrográfica do Rio Pardo. **Revista de Geociências**, v.33, n.2, p. 244-260, 2014.

LEMOS, G. M. et al. Análise da consistência de dados fluviométricos de estações localizadas na sub-bacia 12 (rios Solimões, Juruá e Japurá). In: XIX Simpósio brasileiro de recursos hídricos, 2013, Bento Gonçalves – RS. **Anais...** Bento Gonçalves: ABRH, 2013.

LEMOS, R. S.; MAGALHÃES, A. P. J.. Reflexões sobre os critérios de cálculo de vazões outorgáveis em áreas de conflito do estado de Minas Gerais: o caso da Bacia do Ribeirão Ribeiro Bonito. **Revista Espinhaço**, v. 4, p. 4-12, 2015.

LINHARES, J. F. P.; RODRIGUES, M. I. A. **Levantamento Etnobiológico De Um Trecho Do Rio Mearim E Mata Ciliar Correspondente - Barra Do Corda-Ma, Brasil**, 2005.

Disponível em:

<<http://www.etnobotanica.uevora.pt/2005%20Linhares%20e%20Rodrigues%20Artigo%20Barra%20do%20CORDA.pdf>>. Acesso em: 05 jan. 2020.

LIMA, J. C. et al. Determinação das características morfométricas da sub-bacia do Riacho Madeira Cortada, Quixelô, CE. In: VII CONNEPI, 2012, Palmas. **Anais...** Palmas, 2012.

LIMA, R. M.; BITENCOURT, W. C.; SOUZA, T. C. Análise Morfométrica da Bacia Hidrográfica da Barragem do Rio Coco (TO). **Revista Eletrônica do Curso de Geografia**. n. 37, mai./ago. 2020.

LIRA, B. R. P. et al. Análise morfométrica, hidrológica e pluviométrica da bacia do rio Piriá-PA. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing**, v.10, n.1, p. 45-54, 2020.

MALIK, M. I.; BHAT, M. S. Integrated Approach for Prioritizing Watersheds for Management: A Study of Lidder Catchment of Kashmir Himalayas. **Environmental Management**, v. 54, p. 1267–1287, 2014.

MARANHÃO, N. **Sistema de indicadores para planejamento e gestão dos recursos hídricos de bacias hidrográficas**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2007.

MATOS, T. S. et al. Disponibilidade Hídrica Natural e Curvas de Permanência do Médio e Alto Rio Juruena, MT. In: V JORNADA ACADÊMICA DA ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL. Mato Grosso. **Anais...** UFMT: Campus Universitário de Sinop, 2017.

MENDES, L. A. **Análise dos critérios de outorga de direito de usos consuntivos dos recursos hídricos baseados em vazões mínimas e em vazões de permanência**. 187 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. São Paulo, 2007.

MOLINA, S. K. M. et al. Caracterização de disponibilidade hídrica e comparação de metodologias de regionalização de vazões. **Geociências**, São Paulo - SP, UNESP, v. 33, n. 3, p.506-515, 2014.

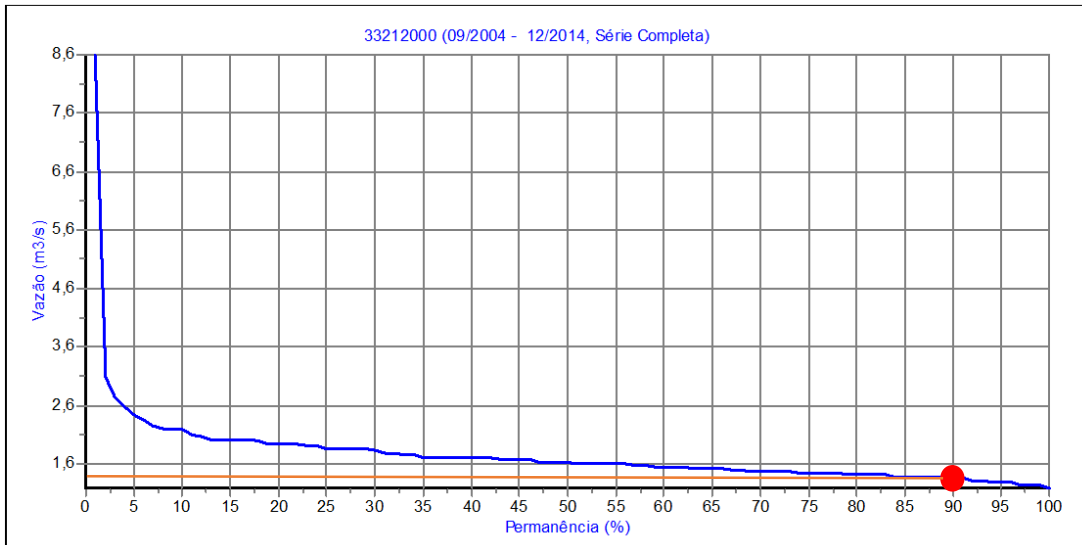
MORELI, A. P.; PEREIRA, D. P.; SILVA, S. F. Caracterização morfométrica da sub-bacia hidrográfica do Córrego Cancã em Venda Nova do Imigrante - ES - BRASIL. **Nucleus**, v.11, n. 2, p. 385-396, 2014.

PACHECO F. M. P. et al. Caracterização hidrogeomorfológica da microbacia do Rio São Jorge, Rondônia, Brasil. **Braz. J. of Develop.**, v. 6, n. 1, p.4219 - 4236, jan 2020.

- PORTZ, L. et al. Gestão de dunas costeiras: o uso de sistema de informações geográficas (SIG) na implantação de planos de gestão no litoral do Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, p. 517-534, 2014.
- QUEIROZ, A. T.; OLIVEIRA, L. A. A. Relação entre produção e demanda hídrica na bacia do rio Uberabinha, estado de Minas Gerais, Brasil. **Revista Sociedade & Natureza**, v. 25, p. 191-206, 2013
- ROMERO, V.; FORMIGA, K. T. M.; MARCUZZO, F. F. N. Estudo hidromorfológico de bacia hidrográfica urbana em Goiânia/GO. **Ciência e Natura**, v. 39, n. 2, p. 320-340. 2017.
- SANTANA, T. B.; SILVA, B. C.; SANTOS, A. H. M. Análise de tendências de longo prazo em séries de vazões: estudo de caso na Bacia do Alto Rio Grande (MG). In XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2011, Maceió. **Anais...** Maceió: ABRH, 2011.
- SANTOS, A. M. 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, 2012.
- SCHUMM S. A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands of Perth Amboy. **Geological Society of America Bulletin**, v. 67, p. 597-646, 1956.
- SILVA, A. M. et al. Vazões mínimas e de referência para outorga na região do Alto Rio Grande, Minas Gerais. **Revista Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.10, n.2, p.374–380, 2006.
- SOUSA, K. S. et al. Levantamento da disponibilidade de dados hidrométricos na Paraíba - Brasil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 2, p.139-144, 10 ago. 2015.
- SOUZA, N. S. et al. Análise das características morfométricas e de susceptibilidade a enchentes da sub-bacia do Rio das Fêmeas, Oeste da Bahia com uso de Geotecnologias. In: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, 2015, João Pessoa-PB. **Anais...** João Pessoa: INPE, 2015.
- STRAHLER, A. N., 1957. Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. **Geological Society of America Bulletin** 63, 1117-1142.
- ULIANA, E. M. Regionalização de vazões para o médio e alto Rio Teles Pires – MT. **Revista Ciências Agrárias**, v. 59, n. 4, p. 333-338, 2016.
- VESTENA, L. R. et al. Vazão ecológica e disponibilidade hídrica na bacia das Pedras, Guarapuava-PR. **Revista Ambiente e Água**, v. 7, n. 3, 2012.
- VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill, 1975. 245 p.
- WOLFF, W.; DUARTE, S. N.; MINGITI, R. Nova metodologia de regionalização de vazões, estudo de caso para o Estado de São Paulo. **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v. 19, n.4, p. 21-33, Out/Dez – 2014.

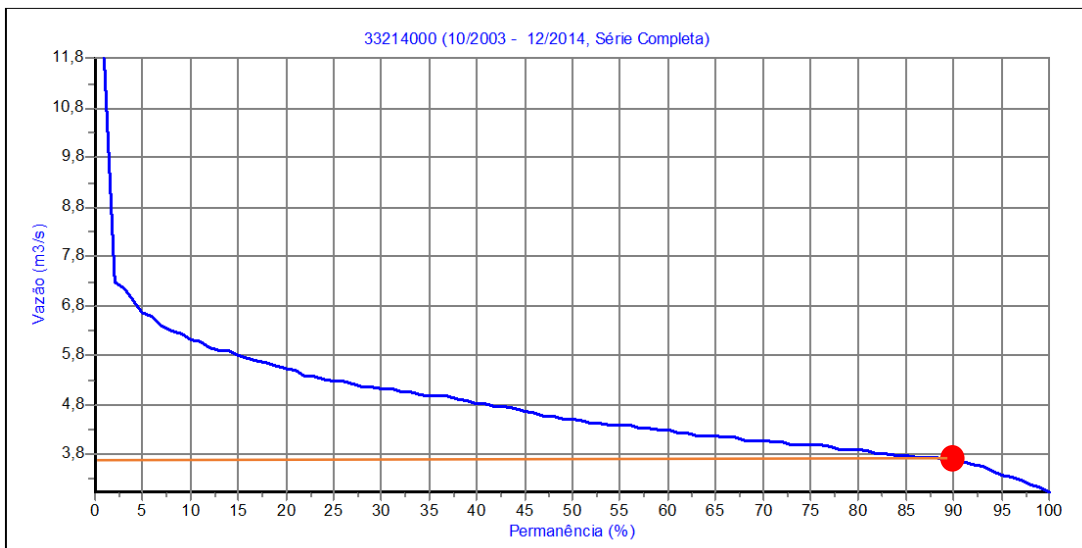
## APÊNDICE A – CURVAS DE PERMANÊNCIA DAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS

Estação - 33212000



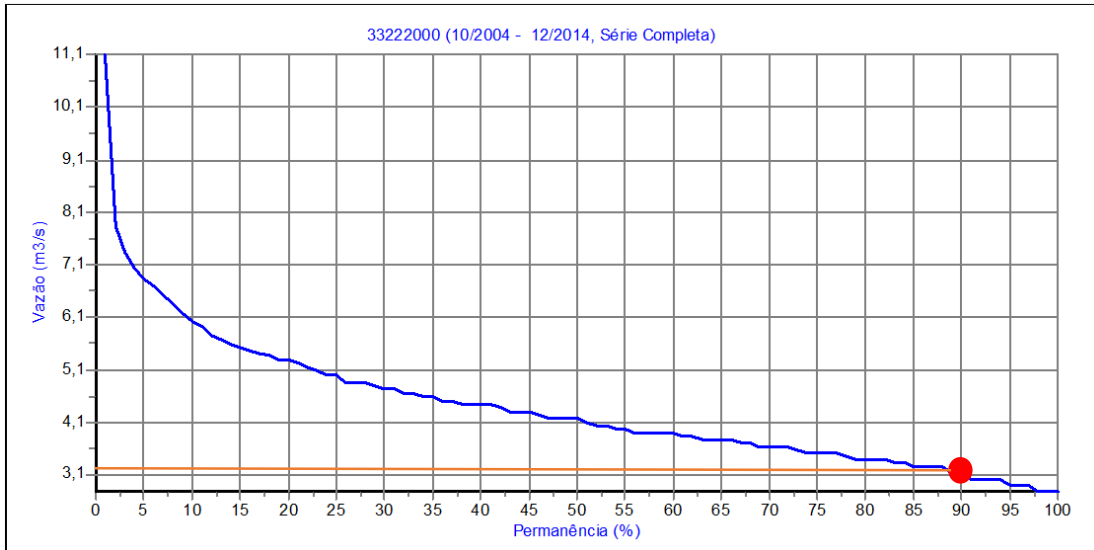
Fonte: Autoria própria (Hidroweb)

Estação - 33214000



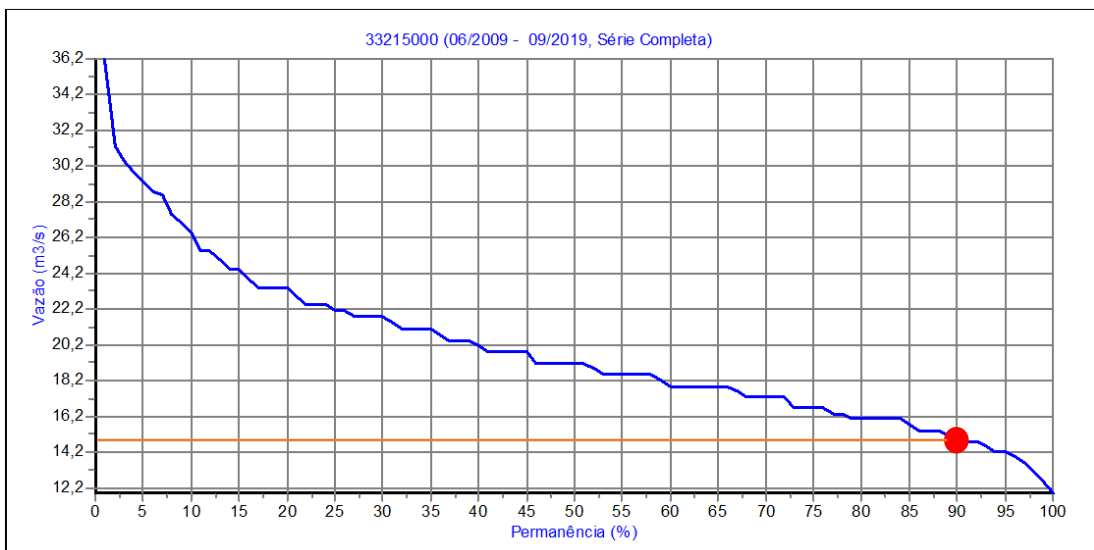
Fonte: Autoria própria (Hidroweb)

## Estação - 33222000



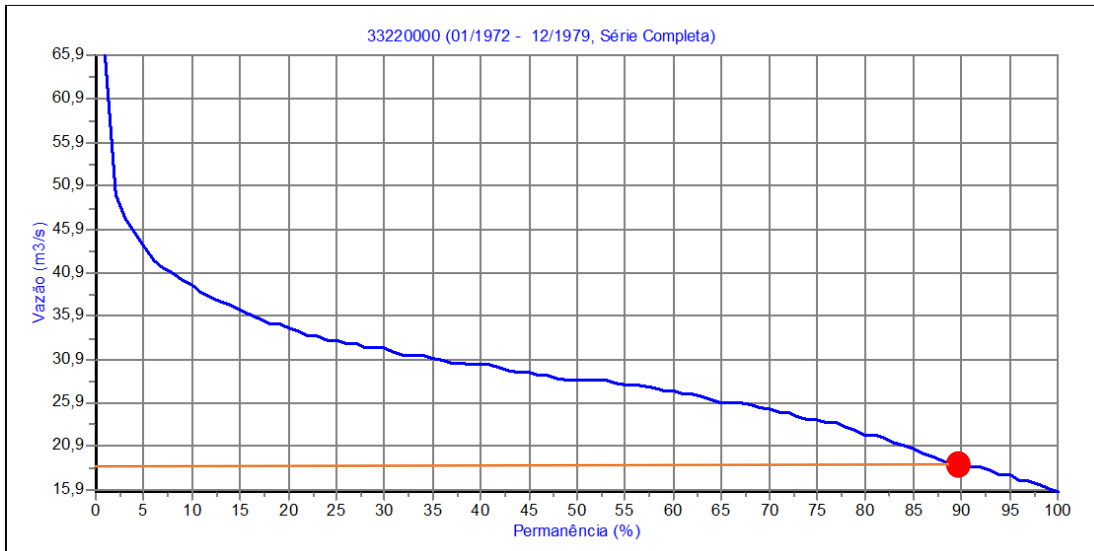
Fonte: Autoria própria (Hidroweb)

## Estação - 33215000



Fonte: Autoria própria (Hidroweb)

## Estação 33220000



Fonte: Autoria própria (Hidroweb)