



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO SUL E SUDESTE DO PARÁ  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS – ICH  
FACULDADE DE GEOGRAFIA – FGEO**

**JOSÉ DO CARMO DIAS NETO**

**A CARACTERIZAÇÃO DOS PADRÕES DE DRENAGEM NA BACIA  
HIDROGRÁFICA DA GROTA CRIMINOSA, MARABÁ/PA**

Marabá - PA  
2019

JOSÉ DO CARMO DIAS NETO

**A CARACTERIZAÇÃO DOS PADRÕES DE DRENAGEM NA BACIA  
HIDROGRÁFICA DA GROTA CRIMINOSA, MARABÁ/PA**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à banca examinadora da  
Faculdade de Geografia da  
Universidade Federal do Sul e Sudeste  
do Pará, como parte das exigências  
para a obtenção do título de Bacharel  
em Geografia.

Marabá, 08 de Julho de 2019.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Me. Gustavo da Silva (Orientador)  
(FGEO - Unifesspa)

---

Prof. Dr. Cleiton Lopes Cabral (Avaliador)  
(FGEO - Unifesspa)

---

Prof. Me. Thulla Cristina Esteves (Avaliadora)  
(FAEC - Unifesspa)

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**  
**Biblioteca Setorial Josineide da Silva Tavares**

---

Dias Neto, José do Carmo

A caracterização dos padrões de drenagem na bacia hidrográfica da grota criminosa, Marabá/PA / José do Carmo Dias Neto; orientador, Gustavo da Silva. — Marabá : [s. n.], 2019.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Campus Universitário de Marabá, Instituto de Ciências Humanas, Faculdade de Geografia, Curso de Bacharelado em Geografia, Marabá, 2019.

1. Bacias hidrográficas urbanas - Marabá (PA). 2 Drenagem. 3. Bacias hidrográficas – Aspectos ambientais. I. Silva, Gustavo da, orient. II. Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará. III. Título.

CDD: 22. ed.: 333.91098115

## RESUMO

A carência de conhecimento técnico na caracterização dos padrões de drenagens na microbacia hidrográfica da grotinha criminosa, permite a deficiência do planejamento e gestão hídrica, comprometendo todo o ambiente adjacente das drenagens. Desta forma, possuindo a problemática da microbacia em mente, tem-se como meta realizar a hierarquização das drenagens. Desta maneira, seguindo as metodologias apresentadas por Christofolletti (1980), utiliza-se as classificações dos autores Arthur N. Strahler (1952) e Robert E. Horton (1945), classificando cada drenagem em uma ordem inferior, semelhante ou superior, iniciando-se na 1ª ordem e, seguindo até todas as drenagens serem classificadas. As informações no trabalho foram separadas entre alto, médio e baixo curso, com cada ordem sendo caracterizada por meio de uma cor específica e, posteriormente, espacializada para comparação entre metodologias. A caracterização dos padrões de drenagens possibilita ao pesquisador melhor entendimento da ramificação fluvial, permitindo a análise da distribuição espacial de áreas drenadas por ordens maiores. Com isso, teve-se com este trabalho a comparação entre ambas metodologias, para apresentar duas formas distintas de classificar a mesma microbacia, possibilitando a melhor explicação na prática da classificação de cada autor e representando numericamente a diferenciação.

Palavras Chaves: Drenagem, Hierarquização, Microbacia e Ramificação.

## **ABSTRACT**

The lack of technical knowledge in the characterization of drainage patterns in the hydrographic microbasin of the "Grotta Criminosa", allows the deficiency of water management and planning, compromising the entire adjacent environment of the drainage. In this way, having the problem of the microbasin in mind, one has as goal to perform the hierarchization of the drainage. Thus, following the methodologies presented by Christofolletti (1980), the author's classifications Arthur N. Strahler (1952) and Robert E. Horton (1945) are used, classifying each drainage in a lower order, similar or superior, starting in the 1st order and following until all the drainages are classified. The information in the work was separated between high, medium and low course, with each order being characterized by means of a specific color and later, spatialized for comparison between methodologies. The characterization of the drainage patterns, allows the researcher a better understanding of the fluvial ramification, allowing the analysis of the spatial distribution of areas drained by larger orders. Thus, with this work we compared both methodologies to present two different ways of classifying the same microbasin, allowing a better explanation in the classification practice of each author and numerically representing the differentiation.

**Keywords:** Drainage, Hierarchization, Microbasin and Ramification

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Carta de Localização da Bacia Hidrográfica da Grota Criminosa, Marabá/PA .....	14
<b>Figura 2</b> - Carta Hidrográfica com Divisão de Cursos da Micro Bacia Hidrográfica da Grota Criminosa, Marabá/PA .....	33
<b>Figura 3</b> - Carta de Hierarquização Fluvial através do método de Arthur N. Strahler (1952) .....	35
<b>Figura 4</b> - Carta de Hierarquização Fluvial através do método de Robert E. Horton (1945), de acordo com Christofolleti (1980) .....	41
<b>Figura 5</b> - Drenagem do Alto Curso da Microbacia .....	51
<b>Figura 6</b> - Drenagem do Médio Curso da Microbacia .....	51
<b>Figura 7</b> - Drenagem do Baixo Curso da Microbacia .....	52

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAD	<i>Computer Aided Desing</i>
CBH	Comitê de Bacias Hidrográficas
CIM	Carta Internacional do Mundo ao Milionésimo
DxF.	<i>Drawing Exchange Format</i>
GPS	Sistema de Posicionamento Global
QGIS	Quantum Gis
.SHP	Shapefile
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
SPVEA	Plano de Valorização Econômica da Amazônia
SUDAM	Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia
SIG	Sistema de Informação Geográfica
UNIFESSPA	Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b> – Somatório de drenagens de Arthur N. Strahler (1952) .....	36
<b>Gráfico 2</b> – Comprimento de Drenagens em Metros de Arthur N. Strahler (1952) ...	38
<b>Gráfico 3</b> – Comparação da extensão de drenagens no alto, médio e baixo Curso ...	38
<b>Gráfico 4</b> – Somatório de drenagens de Robert E. Horton (1945) .....	43
<b>Gráfico 5</b> – Comprimento de Drenagens em Metros de Robert E. Horton (1945) ....	44
<b>Gráfico 6</b> – Comparação da extensão de drenagens no Alto, Médio e Baixo Curso .	45
<b>Gráfico 7</b> – Extensão de Drenagens de Arthur N. Strahler (1952) .....	47
<b>Gráfico 8</b> – Extensão de Drenagens de Robert E. Horton (1945) .....	47
<b>Gráfico 9</b> – Extensão de Drenagens de Arthur N. Strahler (1952) .....	49
<b>Gráfico 10</b> – Extensão de Drenagens de Robert E. Horton (1945) .....	49
<b>Gráfico 11</b> – Comparação entre drenagens de Metodologias .....	52

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> - Somatório de Drenagens de Arthur N. Strahler (1952) .....	36
<b>Quadro 2</b> - Extensão em Quilômetros (km) das Drenagens de Arthur N. Strahler (1952) .....	37
<b>Quadro 3</b> - Média do Comprimento de Drenagens de Arthur N. Strahler (1952) .....	39
<b>Quadro 4</b> - Somatório de Drenagens de Robert E. Horton (1945) .....	42
<b>Quadro 5</b> - Extensão em Quilômetros (km) das Drenagens de Robert E. Horton (1945) .....	43
<b>Quadro 6</b> - Média do Comprimento de Drenagens de Robert E. Horton (1945) .....	45

## SUMÁRIO

1. <b>INTRODUÇÃO</b> .....	10
2. <b>OBJETIVOS</b> .....	13
2.1. Objetivos Gerais .....	13
2.2. Objetivos Específicos .....	13
3. <b>LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</b> .....	13
4. <b>REFERÊNCIAL TEÓRICO</b> .....	14
4.1. Bacia hidrográfica urbana como unidade de estudo .....	14
4.2. A importância dos padrões de drenagem nos estudos ambientais .....	19
4.3. Tipos de Padrões de Drenagem .....	21
4.4. As características das planícies de inundação .....	22
4.5. O uso do sistema de informação geográfica na análise geoespacial nos padrões de drenagens .....	25
5. <b>PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b> .....	27
6. <b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	31
6.1. Resultado Metodologia de Arthur N. Strahler .....	32
6.2. Resultado da Metodologia de Robert E. Horton .....	40
6.3. Resultado da Comparação entre Metodologias .....	46
7. <b>CONCLUSÃO</b> .....	52
8. <b>REFERÊNCIAL BIBLIOGRÁFICO</b> .....	53

## 1 – INTRODUÇÃO

O crescente desenvolvimento urbano decorre de igual com o descaso do meio natural e da preservação da natureza. Os estudos voltados para a conservação, planejamento, gestão e diversas outras ações que possuem como meta tratar as áreas de bacias hidrográficas, tendo-se como objetivo principal o desenvolvimento sustentável do ser humano e da cidade. Abrangendo cada vez mais seu lugar nas pesquisas atuais, tornou-se indispensável desenvolver uma cidade sem pensar nos limites hídricos localizados em sua área de domínio. Desta maneira, ao trabalhar com bacias hidrográficas, é crucial sua hierarquização hídrica, permitindo uma noção dos maiores e menores cursos dispostos ao longo do caminho, assim como os mais poluídos ou alterados.

Á água é essencial para a vida e o entendimento da espacialização de uma bacia hidrográfica é primordial para que se tenha uma compreensão de sua influência. Na concepção do autor Criciani (1996) uma bacia hidrográfica é definida como sendo a área de formação natural que é drenada por um curso d'água e seus afluentes, montante de uma seção transversal considerada, para onde converge toda a água da área. O arranjo natural das bacias hidrográficas, mapeadas e estudadas, possibilita o desenvolvimento de um plano de ação ou outro tipo de planejamento, quando necessário. A noção da distribuição espacial das drenagens proporciona a caracterização dos padrões de escoamento que se encontram distribuídos no decorrer da bacia.

A microbacia hidrográfica da Grotta Criminosa, localizada na cidade de Marabá/PA, tem sua espacialização de drenagens em inúmeras folhas (bairros) localizadas nos núcleos Nova Marabá e Marabá Pioneira. As drenagens percorrem a área urbana, ocasionando enchentes e inundações em boa parte das extensões que estão próximas de córregos. Durante o período de maior precipitação, há um grande número de habitantes, estabelecidos em áreas de risco, sofrendo com inundações e alagamentos nos locais onde residem, realçando a falta de planejamento, fiscalização da construção civil e proteção ambiental pelos órgãos competentes.

O processo de urbanização da área em torno da bacia, iniciado através do Plano de Desenvolvimento Urbano de Marabá (PDUM), vem causando, ao longo dos anos, uma intensa modificação e uma intensificação no desmatamento e apropriação indevida de áreas impróprias para habitação.

A carência de informações técnicas na caracterização dos padrões de drenagens na microbacia hidrográfica da grotta criminosa, auxilia no baixo índice de planejamento e gestão da bacia hidrográfica, permitindo assim um indicativo de poluição mais elevado e demasiado grau de descaso público, comprometendo todo o ambiente em volta das drenagens, principalmente para os moradores.

Segundo o autor Tucci (1997), os principais impactos provocados pela urbanização nas redes de drenagem são o aumento do escoamento superficial, redução da evapotranspiração, diminuição do escoamento subterrâneo, aumento da produção de material sólido proveniente da limpeza das vias e do descarte inadequado do lixo pela população, resultando na deterioração da qualidade das águas superficiais e subterrâneas.

Quando a formação do meio ambiente se dá com interferência humana, tem-se em mente que ambos tornam-se interligados, parecidos com um ser vivo e dinâmico, gerando um conjunto de efeitos que, sem controle, pode levar a cidade ao caos. Logo, o planejamento e gestão do uso do solo, a infraestrutura viária, de água, energia, comunicação e transporte, juntamente com uma boa gestão socioambiental, são os principais componentes da estrutura de administração de uma cidade (TUCCI, 2008).

Desta maneira, possuindo em mente toda a apresentação da problemática envolvida na microbacia, tem-se como objetivo realizar a caracterização dos padrões de drenagem, seguindo as metodologias apresentadas por Christofolletti (1980), que ordena cada curso de água do maior para o menor, por meio da hierarquização de drenagem. Desta forma, é necessário realizar a divisão entre alto, médio e baixo curso após a hierarquização, para que tenha-se a possibilidade de medição, gerando a média de comprimento dividida e três cursos.

Através da hierarquização das drenagens apresentadas, permitiu-se a espacialização do ordenamento, sendo distinguidos por cores para que tenha-se melhor entendimento da variação das ordens, facilitando a análise e a relação entre as drenagens e as áreas em que ocorrem um certo índice de inundação, devido a um intenso fluxo de dejetos no córrego somados a água presente no canal.

Houveram inúmeros trabalhos de campo para constatação da direção do córrego principal e suas drenagens, bem como a situação na qual se encontrava o curso hídrico. Após o campo, teve-se a aplicação das metodologias, citadas anteriormente,

no programa AutoCADMap 2015, continuamente, passou-se as informações obtidas para o programa QGIS 2.18.19 Las Palmas. Utilizando informações desenvolvidas em laboratório, houve a criação das cartas de classificação de drenagens, produto gerado pelas informações.

Na presente pesquisa, teve-se a utilização da metodologia de classificação dos autores Arthur N. Strahler (1952) e Robert E. Horton (1945) citadas pelo autor Christofolletti (1980), que classifica cada drenagem com uma ordem diferente, iniciando-se na 1ª Ordem e seguindo até todas as drenagens serem classificadas, cada autor variando através da confluência das drenagens.

Portanto, a aplicação da metodologia permite analisar o comprimento dos canais classificados, sua média e, a distinção de cada ordem, possibilitando entender a dimensão das drenagens, auxiliando a gestão municipal em um melhor planejamento.

Por fim, o trabalho estrutura-se em 8 capítulos, sendo o primeiro apresentando a introdução. O segundo apresenta o objetivo geral e os objetivos específicos. O terceiro apresenta a localização da área para melhor auxiliar a noção de espacialização do trabalho. O quarto apresenta o referencial teórico, no qual trata de inúmeros autores que possibilitam uma base teórica sobre bacias hidrográficas urbanas, padrões de drenagem, os tipos de padrões de drenagem, a caracterização de uma planície de inundação e a utilização do SIG na análise geoespacial dos padrões de drenagem.

O quinto capítulo apresenta o referencial metodológico, trata-se de uma melhor explicação do desenvolvimento do trabalho. Sexto capítulo apresenta as informações geradas através do desenvolvimento do trabalho, os resultados, tem-se nesse capítulo três tópicos, sendo eles, o primeiro que discute a primeira carta gerada, o segundo que apresenta e discute a segunda carta gerada, sendo a mesma através da primeira metodologia e, o terceiro que apresenta e discute a terceira carta gerada, sendo ela pela metodologia do segundo autor. O capítulo sete, trata das conclusões do trabalho, no qual a importância do mesmo é ressaltado e sua função na sociedade civil e científica. Por último, capítulo oito, teve-se a criação do referencial bibliográfico, este capítulo trata das referências bibliográficas de todas as obras utilizadas na monografia, sendo estruturado em ordem alfabética, apresentando os autores e suas obras que contribuíram para o desenvolvimento do referencial teórico do trabalho e auxiliaram o entendimento de determinados termos.

## **2 – OBJETIVOS**

### **2.1 – Objetivo Geral**

Realizar a caracterização dos padrões de drenagem da microbacia hidrográfica da grota criminosa, localizada no núcleo Nova Marabá, cidade de Marabá/PA.

### **2.2 – Objetivos específicos**

- Hierarquizar os padrões de drenagem, de acordo com o autor Arthur N. Strahler (1952) e Robert E. Horton (1945), dividindo entre alto, médio e, baixo curso.
- Medir o comprimento de cada drenagem classificada e constatar a média, variando por ordem nos três cursos.

## **3 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

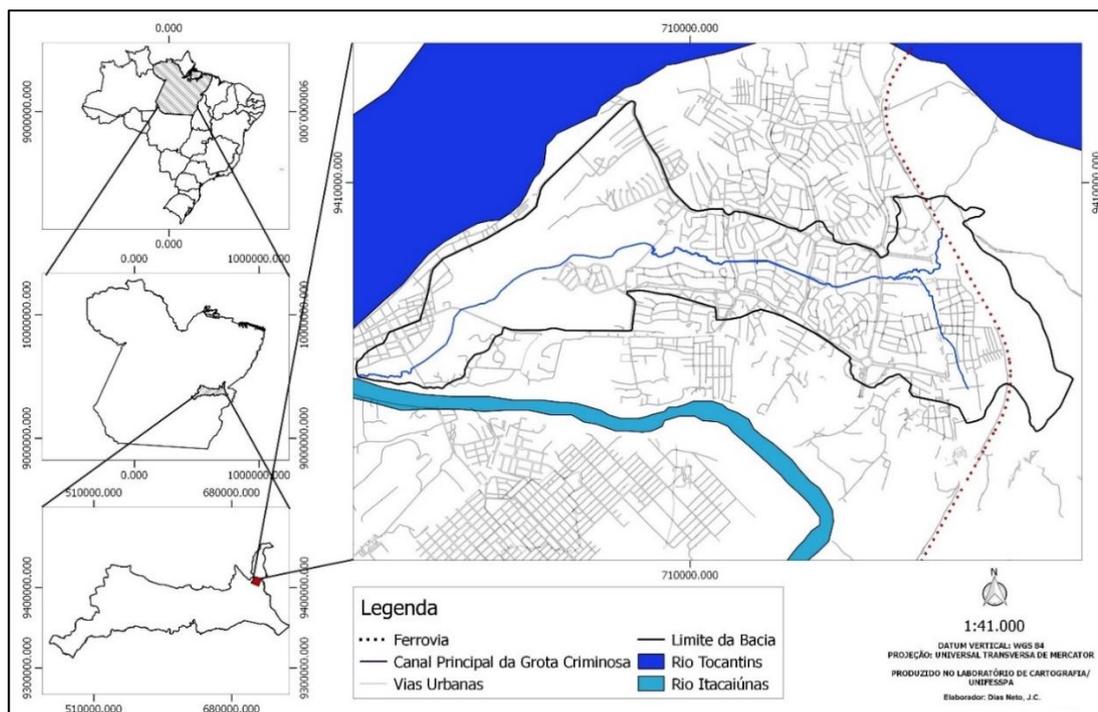
O Núcleo Nova Marabá, localizada no município de Marabá, onde situa-se grande parte da área de estudo, foi criada na década de 1970, pelo Governo Federal, por intermédio da Sudam (Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia), em substituição a Superintendência do Plano de Valorização Econômica da Amazônia – SPVEA vinculada à Secretaria Especial de Políticas Regionais do Ministério do Planejamento e Orçamento.

A área de estudo possui uma extensão territorial de aproximadamente 1.093 hectares, tendo seu canal principal cerca de 14.681 metros da nascente até foz, inserida, em sua maior parte, Núcleo Nova Marabá, destaca-se que, seu exutório, localizado na bacia do Rio Itacaiúnas, é o local onde o escoamento superficial das águas converge.

A bacia da grota criminosa possui uma grande interferência humana no seu desenvolvimento, ocasionando uma quantidade de detritos e esgoto advindos de poluição das residências no decorrer de sua drenagem.

Desta forma, para melhor entendimento da área de estudo, teve-se a criação do mapa de localização (Figura 1), que retrata os limites da bacia hidrográfica e seu córrego principal.

Figura 1 – Mapa de Localização da Bacia Hidrográfica da Grota Criminosa, Marabá/PA



Elaborador: Dias Neto, J.C. (2019)

## 4 - REFERENCIAL TEÓRICO

### 4.1 – BACIA HIDROGRÁFICA URBANA COMO UNIDADE DE ESTUDO

A análise de bacias hidrográficas é de suma importância para a compreensão de diversos fatores físicos e sociais, que englobam o planejamento urbano e os impactos ocorridos no decorrer da vivência de cada habitante estabelecido dentro da bacia. De acordo com Silveira e Lorencini (2011), o impacto ambiental, visto como qualquer modificação no meio ambiente, derivado direto ou indiretamente de atividades antrópicas, tem sido determinado pela aglomeração de população em diferentes ambientes.

Segundo os autores Pires e Santos (1995), a escolha de uma bacia hidrográfica como unidade de estudo, planejamento e gerenciamento da paisagem é pertinente, pois seus limites são precisos e, também representam com detalhes o comportamento do subsistema geomorfológico e suas interações com o ecossistema que o compõe.

A água é vista como um elemento essencial para a atividade biológica e para o desenvolvimento das atividades econômicas, atribuindo-lhe valor econômico, social e natural. A ausência de recursos hídricos traz grande responsabilidade à preservação e conservação deste bem. No caso do Brasil, chegou-se à conclusão de que a água é um recurso único, no qual possui a necessidade de um mecanismo que a proteja.

A Lei Federal Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, conhecida como “Lei das Águas”, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, é o principal mecanismo de proteção dos cursos hídricos que permite a preservação e gestão dos mesmos em território nacional. Na legislação referida tem-se: “[...] Art. 3º Constituem diretrizes gerais de ação para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos: [...] III - a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental” (BRASIL, 2010).

No que se refere ao conceito de bacias hidrográficas, o autor Fernandes (1999) afirma que o termo trata-se de uma compartimentação geográfica natural, delimitada por divisores de água, este compartimento é drenado superficialmente por um curso d’água principal e seus afluentes.

O crescimento exacerbado das populações urbanas nas décadas atuais tem deteriorado os recursos hídricos e o meio ambiente nas cidades, tanto em metrópoles quanto em cidades de menor porte.

Segundo Leff (2007):

A urbanização é sustentada através da grande exploração dos recursos primários, além disso, o acúmulo de resíduos ocasionado por esse processo cria vários problemas para os lençóis freáticos, os recursos hídricos, e o ar. (LEFF, 2007, p.55)

Mendonça (2004) destaca uma integração da cidade, considerando-a:

Não é somente uma construção humana; ela é uma construção somada a todo um suporte que a precedeu – Natureza – mais as atividades humanas. Da interação entre estas dimensões da realidade produzem-se ambientes aprazíveis e com ótimas condições para o desenvolvimento da vida do homem, porém, em grande parte, ambientes desagradáveis, degradados e altamente problemáticos são também produzidos. —Uma quantidade de seres humanos vive nestes últimos e é preciso buscar formas de melhorá-los. (p. 186).

Christofolletti (1990) ressalta sobre o agrupamento humano e sua interação com o meio:

As potencialidades do grupamento humano ou da sociedade controlam o usufruto da superfície terrestre para satisfazer suas necessidades e interferem sobre os processos e dinâmica reinantes nos elementos dos geossistemas e, também, modificam as características morfológicas. (p. 26)

Os rios urbanos sofrem inúmeros impactos oriundos das atividades antrópicas, produzindo um ambiente degradado e inadequado para uma boa condição de vida. Casseti (1994), quando se refere a esse problema, afirma que mesmo a ação indireta do homem, ao extinguir a interface simulada pela cobertura vegetal decompõe de forma substancial as afinidades entre as forças de ação e de reação da constituição superficial ou mesmo do substrato, resultando em desequilíbrios morfológicos e inúmeras vezes, tendo implicações geoambientais que chegam a ser catastróficas.

Gerenciar bacias hidrográficas urbanas exige um entendimento vasto dos efeitos da dinâmica da transformação urbana (BARROS, 2004). Desde 1988, os Comitês de Bacia Hidrográfica (CBH) atuam no Brasil para arbitrar conflitos pelo uso da água, estabelecer mecanismos, aprovar o Plano de Recursos Hídricos da Bacia, sugerir valores de cobrança pelo uso da água, entre outros atributos. Os CBHs são formados por membros colegiados e fazem parte do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (CBH, 2011).

O avanço da urbanização altera o meio ambiente natural e, um dos processos que mais o influencia é a impermeabilização do solo, afetando principalmente de modo quantitativo e qualitativo, os recursos hídricos (BOLLMANN et al, 2005). A excessiva impermeabilização do solo, com reflexos diretos no aumento da temperatura das áreas urbanas e no aumento dos índices de enchentes, são duas das principais consequências que atingem as cidades brasileiras. Outros impactos manifestos relacionados a urbanização são as diversas contaminações de mananciais urbanos, aumento das inundações, ocupação das áreas de risco de inundação e redução da disponibilidade hídrica, que acarreta graves consequências para a população.

Segundo o autor Monte-Mór (1994), o principal problema dos núcleos urbanos metropolitanos em países em desenvolvimento se refere aos aspectos de saneamento, cujo caráter incompleto cria sérios problemas ambientais e de saúde.

Desta forma, a carência de alternativas de moradia popular e de lotes urbanos a preços acessíveis, particularmente em grandes centros urbanos, forçou a população mais pobre a ocupar ilegalmente espaços impróprios, ao lado da ausência de infraestrutura, contribui de maneira significativa para o agravamento das condições ambientais da cidade e da qualidade de vida da população urbana metropolitana. Segundo Silva e Travassos (2008), a ausência de abastecimento de água e a falta de tratamento de esgotos é uma das principais responsáveis pela proliferação de doenças

graves, seja através do consumo de água não tratada ou pelo contato físico com águas poluídas.

As características da urbanização brasileira fazem com que esse processo seja, não só, um fator gerador de problemas ambientais, mas, um problema ambiental em si. A urbanização modifica todos os elementos da paisagem: o solo, a geomorfologia, a vegetação, a fauna, a hidrografia, o ar e, até mesmo, o clima. (BRAGA, 2003, p. 114).

As bacias hidrográficas são sistemas abertos, que recebem energia através de agentes climáticos e perdem energia através do deflúvio, podendo ser descritas em termos de variáveis interdependentes, que oscilam em torno de um padrão e, desta forma, mesmo quando perturbadas por ações antrópicas, encontram-se em equilíbrio dinâmico. (LIMA E ZAKIA, 2000, p.36).

Desta forma, toda a ação humana em uma bacia hidrográfica possui uma ação e uma reação, segundo Zuccari (2005), as bacias hidrográficas são unidades naturais de paisagem e seu equilíbrio dinâmico pode se desfazer com mudanças no uso da terra, pela falta de manejo ou planejamento.

Os rios, apesar de serem um dos principais atrativos das sociedades humanas historicamente, se encontram como uma das localidades mais degradadas em países em desenvolvimento. Segundo Almeida (2010), os ambientes fluviais se configuram entre os espaços mais degradados, desvalorizados ou até mesmo negados pela sociedade. Sendo importante ressaltar que as margens dos rios urbanos se tornaram um acesso à terra e a possibilidade de posse, apesar de todo aparato que protege os recursos hídricos.

Essa relação entre rios urbanos, esquecidos e negados, ocupação clandestina e improvisada, pobreza e segregação socioespacial, cria um contexto de fortes desigualdades socioespaciais, ao mesmo tempo em que institui territórios de risco, onde ocorre a sobreposição de perigos diversos (naturais, sociais, etc.), e onde prepondera a vulnerabilidade social atrelada à exposição diferenciada a fenômenos naturais potencialmente perigosos. (ALMEIDA, 2010, p. 22)

A preservação dos recursos naturais através da gestão ambiental adequada constitui, na atualidade, grande desafio enfrentado pela humanidade, sendo que as formas do relevo e os processos geomorfológicos atuantes tem grande importância, pois modelam o substrato físico sobre o qual se desenvolvem as atividades humanas e que, muitas vezes, responde de forma agressiva às alterações provocadas por tais atividades, ocasionando grandes impactos ambientais. Para Cunha e Guerra (2005), os

impactos ambientais decorrente da ocupação das áreas urbanas estão relacionadas ao pouco conhecimento do ambiente, das dimensões físicas, político-sociais, socioculturais e espaciais.

Segundo Moretti e Fernandes (2000), a expansão da área urbana das cidades sobre o território implica algum tipo de impacto sobre o meio ambiente, no momento em que ocorre de forma precária e incompleta desenrola-se maior prejuízo.

A ampliação das áreas urbanizadas, devido à construção de áreas impermeabilizadas, repercute na capacidade de infiltração das águas no solo, favorecendo o escoamento superficial, a concentração das enxurradas e a ocorrência de ondas de cheia. (CHRISTOFOLETTI, 2008, p. 424)

A modificação de encostas, leito dos cursos de água e a construção dentro da área de várzea dos rios, uma tendência encontrada tanto na área urbana quanto na rural, que tende a necessidade de ocupação dos espaços, na atualidade se revela preocupante, pois a retirada da cobertura vegetal, em virtude das necessidades humanas, tem acelerado o processo de assoreamento, erosão, contaminação e aumento de sólidos em suspensão nas águas. A vegetação, responsável por inibir a ação de degradações, assim que retirada, potencializa os efeitos negativos sobre a qualidade da água.

As funções primárias de um curso d'água e de sua várzea são a coleta, armazenamento e veiculação das vazões de cheias. As áreas de várzeas, embora estejam com menor frequência sob as águas, fazem parte dos cursos naturais dos rios, tanto quanto a sua calha principal (PETCON, 2000).

Os solos de várzea, formados pelos sedimentos aluviâres, resultam em grande heterogeneidade quanto à sua composição e apresentam grande variação de características de um local para outro, as quais refletem-se em diferentes aptidões e diversas limitações de uso.

A importância de utilizar a bacia hidrográfica como unidade de estudo para trabalhos, vem da deterioração dos recursos naturais e da necessidade de um planejamento ambiental, da sociedade e da cidade entorno das bacias hidrográficas. A água é finita e não se pode ignorar que a cada minuto uma bacia hidrográfica sem estudos prévios, sem planejamento e sem os devidos cuidados necessários, desperdiça, polui e afeta diretamente famílias, casas, construções e saúde pública. Desta forma, é segundo Frasson (1993), é necessário procurar reverter o atual quadro de deterioração dos recursos naturais, utilizando um modelo de desenvolvimento sustentado.

## 4.2 – A IMPORTÂNCIA DOS PADRÕES DE DRENAGEM NOS ESTUDOS AMBIENTAIS

A drenagem sempre exerceu papel importante para a construção da humanidade, desde os seus primórdios até os dias atuais, servindo para locomoção, transporte, comunicação, alimentação, bem como para fornecer o recurso vital para os seres vivos, a água. Seguindo a história, as cidades se convergiam para as áreas ciliares pelo simples fator de que os rios facilitavam o abastecimento, possibilitavam o lançamento de efluentes, sendo que seus vales apresentavam também terrenos mais férteis para produção, já que estes recebiam sedimentos dos pontos mais altos e nutrientes das variações de vazão, aumentando sua taxa de fertilidade (MARTINS, 2007).

Para além da importância social, econômica e política, a drenagem e seus padrões permitem o levantamento de informações consideráveis em relação ao meio físico, em particular o geológico e o geomorfológico, além da sua relação com o clima, ambientes fitofisionômicos e a pedogênese.

Estes conhecimentos são de relevância em inúmeras áreas científicas, de construção civil ou militar, no desenvolvimento de obras de engenharia. É possível, através destes estudos e resultados, apresentar implicações no planejamento de inúmeras situações, como agrícola, urbana ou zoneamentos.

O levantamento das características de uma rede hidrográfica é um dos métodos iniciais a serem realizados em análises hidrológicas, possuindo como finalidade exemplificar as inúmeras indagações relacionadas com a compreensão da dinâmica ambiental de uma determinada bacia hidrográfica. A ordem da rede de drenagem permite uma noção do grau de ramificação da drenagem e os padrões permite uma análise mais completa do componente geológico-estrutural.

A drenagem nunca ocorre isoladamente, une-se a outras para compor ordens mais elevadas, formando desenhos de drenagens inter-relacionadas, que são referidas como padrões de drenagem, “As variáveis dos sistema fluvial operam por meio de uma relação hierarquizada de dominância, dependência e independência definidas dentro das escalas temporais e espaciais [...]” (Stevaux e Latrubesse, 2017, p.17)

Segundo os autores Cunha e Guerra (2001), a disposição espacial dos rios é controlada em grande parte pela estrutura geológica, definida como padrão de

drenagem. Segundo Stevaux e Latrubesse (2017), a resistência diferente de cada rocha à erosão, influencia diretamente o arranjo da rede de drenagem.

Os padrões de drenagem são resultados das estruturas geológicas e litológicas presentes em uma determinada área, composta por um conjunto de canais de escoamento interligados que são influenciados por atividades morfogênicas, de acordo com a disposição das camadas rochosas, pela resistência litológica variável e também pelo estágio evolutivo do relevo.

Segundo os autores Suguio e Bigarella (1990), consideram a drenagem como um fluxo canalizado, incluindo os canais sem água de regiões secas, enquanto que, geologicamente, como o tronco principal de um sistema de drenagem. A extensão drenada por esse complexo fluvial é definida como bacia de drenagem, desta forma, depende não só do total, mas também do processo das precipitações, bem como a eliminação por evapotranspiração e infiltração. Tem papel importante no escoamento canalizado a topografia, a cobertura vegetal, o tipo de solo, a litologia e a estrutura das rochas da bacia hidrográfica.

A noção sobre a declividade é de extrema importância em uma bacia hidrográfica, sendo considerada como um agente de grande preponderância sobre a velocidade do escoamento superficial, mostrando, portanto, o tempo que a água da chuva leva para concentrar-se nos leitos fluviais e constituir uma rede de drenagem.

O desenvolvimento e organização espacial dos rios é constituída e controlada pelas características morfológicas e estruturas geológicas da bacia hidrográfica, consolidando o tipo de padrão de drenagem e sua densidade na região de estudo. Uma bacia hidrográfica pode englobar diferentes padrões geométricos para seus rios e uma gama de subtipos definidos em diversos trabalhos.

[...] a Geomorfologia Urbana procura compreender a relação existente entre a combinação dos fatores do meio físico (chuvas, solos, encostas, redes de drenagem, cobertura vegetal etc.) e os impactos provocados pela ocupação humana, que induzem e/ou causam a detonação e aceleração dos processos geomorfológicos, muitas vezes assumindo um caráter catastrófico. (GUERRA E MARÇAL, 2006, p. 30)

Assim como o padrão geométrico das drenagens é influenciado através do ambiente geológico e climático, é possível, através do estudo destes padrões de drenagens, interpretar a natureza e seus terrenos, a disposição das camadas alinhadas e das linhas de falhamento, os processos fluviais e climáticos predominantes, (CUNHA,

2001 in CUNHA & GUERRA, 2001, p. 225). Um fator muito importante a se destacar em estudos de geomorfologia é a influência das estruturas geológicas e litológicas de uma determinada área, ou no caso, de uma bacia hidrográfica.

O conhecimento dos fatores endógenos de uma determinada área é de grande valia para o entendimento das formas e padrões encontrados na superfície terrestre, assim, a caracterização geológica, mostra a alternância litológica existente dentro da área de estudo, e a ação climática a relação entre a erosão da litologia local e com o tempo, criação de novas drenagens.

É necessário analisar o sistema completo, utilizando as unidades geoambientais (relevo, solo, clima) para o entendimento da formação e distribuição das drenagens, com a elaboração de modelos prévios sobre a realidade local até a formação uma complexa rede hidrográfica, possibilitando o entendimento da formação hidrológica, permitindo descrever os aspectos bióticos e abióticos relacionados aos recursos hídricos e seu desenvolvimento.

#### **4.3 – TIPOS DE PADRÃO DE DRENAGEM**

As bacias hidrográficas apresentam variações nas suas formações de rede de drenagem, de maneira geral, ocorre um predomínio da forma dendrítica. Porém, é possível encontrar outras formações. O discernimento entre as unidades de classificação podem variar de cada autor, desta forma, ocorrerá a utilização dos tipos básicos de padrões de drenagem, sendo eles, dendrítico, drenagem em treliça, drenagem retangular, drenagem paralela, drenagem radial, drenagem anelar e drenagem irregular, seguindo o autor Christofletti (1980).

As formações variam de acordo com a região estudada, elas são resultadas de processos endógenos e exógenos no relevo terrestre. Os processos endógenos podem ser classificados em três tipos: processo magmático, processo orogênico e processo epirogênico. Os processos exógenos são desenvolvidos por agentes externos, o principal é denominado de intemperismo e denudação, porém os agentes biológicos também estão classificados nesse processo.

Processo magmático: ocasionado pela atividade extrusiva ou intrusiva do magma [...]. Processo orogênico: compreende a formação de cordilheiras ou cadeia de montanhas, geralmente com geração de estruturas como dobras e falhas. Processo epirogênico: consiste e no levantamento gradual de áreas da crosta por fenômeno isostático, ou seja, pela flutuação da crosta sobre o

manto. As grandes chapadas do interior brasileiro são um exemplo desse processo”. (STEVAUX & LATRUBESSE, 2017, p. 18)

O padrão dendrítico pode ser referenciado como arborescente, pois a sua configuração é semelhante a uma árvore, “a corrente principal corresponde ao tronco da árvore, os tributários aos seus ramos e as correntes de menor categoria aos raminhos e folhas” (Christofolletti, 1980, p. 103). Seguindo o raciocínio de uma árvore, os ramos formados através das correntes tributárias se dirigem a todas as direções e se unem em um ângulo agudo. Segundo Christofolletti (1980), o padrão dendrítico é formado sobre rochas de resistência uniforme ou em estruturas sedimentares. O padrão dendrítico ainda pode ser denominado como subsidiário, sendo descrito como pinado, subparalelo e anastomosado.

O padrão pinado apresenta-se com tributários paralelos e unindo-se ao rio principal em ângulos agudos. No tipo dendrítico subparalelo, os ângulos formados nas confluências dos rios subsidiários e principal são tão pequenos, fazendo ambas as categorias como simples paralelas. O padrão dendrítico anastomosado é característico das planícies de inundação, consistindo de canais que se bifurcam e se confluem de maneira aleatória. (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 103 – 105)

O padrão de drenagem em treliça, segundo Christofolletti (1980), é definido por rios que são influenciados diretamente pela declividade, formações consequentes, que correm paralelamente, recebendo afluentes cuja a direção é controlada pela estrutura rochosa, formação subsequente, acompanhando sempre uma zona de fraqueza.

O controle da estrutura desse padrão de drenagem é acentuado devido a desigual resistência encontrada na superfície inclinada formadora da drenagem. O padrão de drenagem em treliça, segundo Christofolletti (1980), é encontrado em estruturas sedimentares, em estruturas falhadas e nas cristas anticlinais. De forma geral, em toda variação do lineamento dos cursos de água, predomina a direção reta, sendo que as alterações dos cursos se fazem em ângulo reto.

O padrão de drenagem retangular é uma alteração do padrão anterior, “é uma modificação da drenagem em treliça, caracterizado pelo aspecto ortogonal devida às bruscas alterações retangulares no curso das correntes fluviais, tanto nas principais como nas tributárias” (Christofolletti, 1980, p. 105). Essa configuração é resultado de falhas ou sistema de juntas, em todas as variações do lineamento do canal,

possibilitando assim a direção reta e as alterações de curso se fazem através de ângulos retos.

O padrão de drenagem paralela é configurado quando inúmeros exemplos ou quando cursos de água, em um área considerável, escoam, quase paralelamente, uns nos outros (Christofolletti, 1980). Segundo o autor, a drenagem característica desse padrão é localizada em áreas onde ocorrem vertentes com declives acentuados ou quando existem estruturas regulares que justificam o espaçamento regular, quase paralelo, das correntes fluviais. Segundo Christofolletti (1980), pode ser discernido dois tipos de drenagem paralela: subparalelo e colinear.

a) Subparalelo, quando os cursos de água assemelham-se à disposição geral mas sem a regularidade da configuração paralela, e b) colinear, quando formada por cursos paralelos e alternativamente superficiais e subterrâneos, encontrado em áreas de rios intermitentes fluindo sobre materiais porosos e de lineamento aproximadamente retilíneo (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 105).

O padrão de drenagem radial possui suas correntes fluviais direcionadas para um ponto central, “[...] dispostas como os raios de um roda [...]” (Christofolletti, 1980, p. 105), podendo ser desenvolvida em inúmeras estruturas geomorfológicas. De acordo com Christofolletti (1980), a drenagem radial é dividida em duas configurações, centrífuga, na qual pode ser desenvolvida em áreas dômicas, morros isolados ou em estruturas isoladas; e centrípeta, que pode ser desenvolvida em bacias sedimentares, crateras vulcânicas e depressões. A configuração centrípeta pode ser aplicada a um grande número de drenagens que convergem a um único ponto em comum.

Centrífuga, quando as correntes são do tipo conseqüente e divergem a partir de um ponto ou área que se encontra em posição elevada, como as desenvolvidas em domos, cones vulcânicos, morros isolados e em outros tipos de estruturas isoladas de forma dômica”. (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 105)

Centrípeta, quando os rios convergem para um ponto ou área central, localizada em posição mais baixa, como as desenvolvidas em bacias sedimentares periclinais, crateras vulcânicas e depressões topográficas.” (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 105)

O padrão de drenagem anelar, segundo o autor Christofolletti (1980), é semelhante a anéis e, de acordo com A.K. Lobeck (1939), é análogo ao crescimento anual dos dendros de uma árvore. A drenagem se acomoda nos afloramentos de rochas menos resistentes, possibilitando a criação de cursos subsequentes, recebendo

tributários obsequentes e ressequentes. “As drenagens anelares são típicas das áreas dômicas profundamente entalhadas, em estruturas com camadas duras e frágeis” (Christofoletti, 1980, p. 105 – 106).

Por último, os padrões de drenagens irregulares ou desarranjadas, segundo Christofoletti (1980), são as formações que foram desorganizadas por um bloqueio ou erosão.

Desta forma, apresentado as variações de padrões de drenagem, tem-se a classificação da microbacia hidrográfica da grota criminosa com o padrão dendrítico, em que, no decorrer de seu desenvolvimento, apresenta-se uma configuração arbórea.

#### **4.4 – AS CARACTERÍSTICAS DAS PLANÍCIES DE INUNDAÇÃO**

As planícies de inundação, segundo o autor Christofoletti (1980), são constituídas como as formas mais comum de sedimentação fluvial, encontrada nos rios de todas as grandezas.

As bacias de inundação as partes mais baixas da planície. São áreas pobremente drenadas, planas, sem movimentação topográfica, localizadas nas adjacências das faixas aluviais [...]. As bacias de inundação atuam como áreas de decantação [...]”. (CHRISTOFOLETTI, 1980, p.78)

A relação entre o canal fluvial e a planície de inundação estabelecem-se na medida em que ambos são o resultado dos processos fluviais, de acordo Christofoletti (1977), as variações dos débitos no tempo fazem surgir dois sistemas intimamente ligados, o modelo de canal fluvial e de planície de inundação, sendo os dois elementos do processo fluvial. Segundo a tese do autor Leite (2013), é de grande importância a análise do comportamento fluvial como um sistema integrado, que compreenda as inúmeras variáveis influenciadoras da dinâmica das áreas úmidas.

Segundo o autor Christofoletti (1980), a planície de inundação é a faixa do vale fluvial que é composta por sedimentos aluviais, bordejando o curso de água e, periodicamente, propicia sua inundação pelo rio. De forma mais geral, o evento de transbordamento sazonal ou periódico, desloca material detrítico para toda a planície, formando depósitos de materiais oriundos das áreas com maiores elevações na bacia.

Segundo Christofoletti (1980, p. 76): “A Planície de inundação é a faixa do vale fluvial composta de sedimentos aluviais, bordejando o curso de água, e periodicamente inundada pelas águas de transbordamento provenientes do rio”.

É importante ressaltar também que, segundo Christofoletti (1980, p. 76): “Embora esta definição seja razoável, a planície de inundação pode ser definida e

delimitada por critérios diversos, conforme a perspectiva e os objetivos dos pesquisadores”.

Segundo os autores Nanson e Croke (1992), a planície de inundação pode ser classificada entre planície de inundação hidráulica e planície de inundação genética. Para os autores Stevaux e Latrubesse (2017), a primeira trata-se de uma área sujeita a inundação, com um determinado tempo de retorno e, a segunda, trata-se de uma área plana que foi construída em sua maior parte pelo regime do rio e que está sujeita a inundação.

Na maioria dos centros urbanos, as planícies de inundação são consideradas como áreas de risco (TUCCI, 2004, p.261), e menos valorizadas pelo mercado em geral.

A situação identificada na microbacia da grota criminosa apresenta a planície de inundação afetada diretamente pelas ações humanas, descartando esgoto e dejetos no córrego principal. Desta forma, a presença de detritos na bacia não advém somente da erosão fluvial, mas sim de uma forte poluição que está afetando o depósito da mesma na sua parte mais baixa.

#### **4.5 – O USO DO SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA NA ANÁLISE GEOESPACIAL NOS PADRÕES DE DRENAGENS**

O Sistema de Informações Geográficas (SIG) é um sistema informatizado que visa à coleta, tratamento, armazenamento e análise de informações com localização espacial definida por um sistema de coordenadas. Na área ambiental, o uso de SIG auxilia no planejamento territorial e no suporte a decisão, permitindo uma rápida análise da informação, reduzindo custos econômicos e de tempo.

Os SIGs (Sistema de Informações Geográficas) são programas de computador destinados a trabalhar matematicamente as informações geográficas e alfanuméricas para gerar informações baseadas em algoritmos pré-definidos. Com isso, é possível realizar análises variadas e obter resultados que possibilitem a tomada de decisões. (BOSSLE, 2015, P.30).

Em outras palavras, o SIG é um sistema de bases com capacidades específicas para operar com dados espacialmente referenciados. De certo modo, um SIG pode ser pensado uma ferramenta para a produção de mapas mais sofisticados. De acordo com o Instituto de Pesquisa de Sistemas Ambientais (ESRI, 1990, p. 1-2): “Um SIG é um conjunto organizado de hardware, software, dados geográficos e pessoal, destinados a

eficientemente obter, armazenar, atualizar, manipular, analisar e exibir todas as formas de informação geograficamente referenciadas”.

O propósito de um SIG tradicional é primeiramente e acima de tudo a análise espacial. Portanto, a captura dos dados e produção cartográfica podem ser limitadas. Capacidade de análises tipicamente apoiam a tomada de decisão para projetos específicos e/ou áreas geográficas limitadas. As características da base de dados cartográficos (exatidão, continuidade, completitude, etc.) são tipicamente apropriados para produção de mapas em pequena escala. Os dados podem estar disponíveis na forma vetorial ou raster. Entretanto, a topologia é geralmente a única estrutura de dados subjacente para análise espacial. (HUXHOLD, 1991, p. 27).

O SIG é um complexo formado por uma base de software, hardware e organização de dados (SINGH, 1995). Pode ser definido como um sistema que visa à coleta, armazenamento, manipulação, análise e apresentação de informações com localização espacial, ou seja, informações que possam ser georreferenciadas. Um banco de dados que complementa as informações espaciais, permitindo serem analisadas através de sobreposição de camadas, modelagem e análise de rede. “Um sistema de informação geográfica (SIG) é um sistema de informação que é concebido para trabalhar com dados referenciados por coordenadas geográficas ou espaciais” (STAR e ESTES, 1990, p. 2-3).

Para que obtenha-se bons resultados no planejamento de bacias hidrográficas e na análise de seus padrões, faz-se necessário ter qualidade e quantidade nas informações disponíveis sobre os recursos. Desta forma, os SIG's são as ferramentas disponíveis para armazenar, recuperar e analisar diferentes tipos de dados para a gestão de recursos hídricos. Os SIG's facilitam a manipulação sistemática de dados para gerar informações em um formato planejado. Assim, desempenha um papel importante na evolução de cenários para a gestão dos recursos naturais (SETH; JAIN & JAIN, - s.d.).

Segundo o autor Elias (2005), as aplicações do SIG podem ser usadas inúmeras situações, começando na identificação dos diferentes usos do solo e classes de cobertura através do uso e ocupação do solo; desenvolvimento de informações sobre a distribuição da vegetação no solo, através do mapeamento de vegetação; classificação das unidades de litologia, relevo, no padrão de drenagem, vegetação natural e no uso da terra; e, por último, pode ser usado para a interpretação preliminar

de imagens de satélite para a demarcação dos limites litológicos, de lineamentos e caracterização das diferentes unidades geomorfológicas e hidrográficas.

A gratuidade dos dados e softwares para fins científicos tem estimulado o uso e aprimoramento das técnicas de geoprocessamento em pesquisas de todas as áreas, em destaque as ciências agrárias, ambientais e da terra, como um processo de bastante desenvolvimento nas últimas décadas (AMARAL, 2010). Neste contexto, a ferramenta SIG associada às imagens de alta resolução e a cartografia digital, permitem aos pesquisadores a execução de questionamentos inteligentes ao sistema, simulando possíveis tendências a deslizamentos e visualizando as ocupações irregulares de encostas (HUBNER et al, 2005).

Toda a informação em um SIG é vinculada a um sistema de referência espacial, SIG's servem para tomada de decisões em inúmeros setores. O modo no qual os dados são inseridos, armazenados e analisados dentro de um SIG devem refletir a maneira pela qual a informação será usada para uma pesquisa específica ou tarefa de tomada de decisão.

Portanto, o SIG, no desenvolvimento deste trabalho, é de fundamental importância para a análise geoespacial da distribuição de drenagens na área da bacia hidrográfica, permitindo a caracterização espacial de áreas de riscos ou de risco potencial em um nível local de atenção, no sentido de propiciar melhores intervenções, tanto para controle como para prevenção, onde revela-se útil para aqueles que desejam minimizar os problemas de degradação ambiental. É através de uma gestão urbana eficaz que se pode analisar, de maneira mais eficiente, os eventuais impactos ambientais, regularizar e ordenar o uso e ocupação do território.

## **5 – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

O presente capítulo está estruturado para explicar o conjunto de procedimentos metodológicos que permitiram a elaboração deste trabalho, sendo assim, a partir da aplicação das bases teóricas e metodológicas na discussão relacionada aos recursos hídricos e classificação de drenagens, as atividades da microbacia hidrográfica da grota criminosa foram distribuídas da seguinte forma:

- Pesquisa Bibliográfica:

O trabalho foi desenvolvido através das leituras do Christofolleti (1980), que utilizou a hierarquização dos autores Arthur N. Strahler (1952) e Robert E. Horton (1945), ordenando as drenagens através da confluência de cada canal. Desta forma, o

ponto inicial para a formulação da classificação de drenagem está localizada na microbacia hidrográfica, sendo importante ressaltar que a classificação serve, essencialmente, para comparar o nível de importância de drenagens para estudos posteriores.

- Atividade de campo:

A atividade de campo torna-se essencial dentro do trabalho com bacias hidrográficas urbanas, sendo necessário possuir, minimamente, determinado conhecimento de sua área de trabalho, assim como a localização dos elementos que podem interferir no seu objeto de estudo. A espacialização das drenagens no território pode ser visualizada através de mapeamento, imagens de satélite, fotogrametria, entre outros, porém, é através do trabalho de campo onde obtém-se a constatação da realidade encontrada em determinado local.

Tem-se através do trabalho de campo a possibilidade de sanar questionamentos encontrados por meio do mapeamento, permitindo também ao pesquisador se aproximar de seu objeto de pesquisa, aperfeiçoando seu conhecimento através do contato direto. A familiaridade com a área pesquisada permite uma análise mais completa sobre os fenômenos encontrados.

Inicialmente, o trabalho de campo restringiu-se a constatação do limite da bacia, deu-se o deslocamento por toda a área pesquisada, seguindo os divisores de águas. Após a constatação do limite, sucedeu um segundo trabalho de campo para analisar a situação e distribuição espacial do seu córrego principal, percorrendo toda a faixa principal de água.

Depois do limite e córrego principal constatados através de trabalho de campo, sucedeu-se realizando um novo campo para verificar os canais efêmeros e intermitentes encontrados dentro na área da bacia, possibilitando também, a familiaridade com os moradores de diversas rendas, assim como uma melhor noção dos afetados.

Teve-se a utilização do Sistema de Posição Global (GPS) para a marcação de pontos no decorrer do trabalho, apurando a presença de drenagens e sua localização mais exata, possibilitando assim, a comparação com o modelo digital da planta cadastral do município de Marabá.

Desta forma, o trabalho de campo foi realizado para traçar um limite de influência da bacia hidrográfica, verificar a distribuição espacial das drenagens e a

sondagem do canal principal, permitindo que os pesquisadores presentes recebessem um conhecimento real e espacial, possibilitando a comparação com as informações de elevação e curvas de nível apresentadas no programa de *Computer Aided Desing* (CAD) através da planta cadastral de Marabá, onde encontra-se inúmeras informações de topografia, hidrografia, entre outras no decorrer do espaço urbano.

- Atividade no laboratório:

A atividade de laboratório é essencial para a tabulação dos dados recolhidos durante a pesquisa e trabalho de campo, é através do mesmo que ocorre o a união de dados que geram informações úteis para o incremento da pesquisa. Trabalhos com bacias hidrográficas demandam etapas para serem cumpridas durante seu desenvolvimento, o laboratório é um local essencial para que se tenha a possibilidade dar seguimento a essas etapas.

É através do mesmo que ocorre a análise de dados e criação de informações, possibilitando a espacialização dos resultados através de softwares de mapeamento, livres ou privados, que auxiliam na construção de conhecimento. No laboratório, gerou-se as informações através dos dados obtidos durante os trabalhos de campo efetuados na bacia somados as informações já coletadas anteriormente, sendo realizado no decorrer da semana no período diurno.

O laboratório foi utilizado de forma inicial para análise das informações obtidas através da planta cadastral de Marabá. No primeiro momento, deu-se a limpeza do arquivo para a facilidade do manejo através do software CAD, possibilitando a verificação de elevações através de pontos cotados e curvas de nível, os quais permitiram a criação do limite da bacia hidrográfica.

Seguindo a diante, após a criação do limite da bacia hidrográfica, teve-se a criação dos canais efêmeros através dos pontos cotados, com isso, o laboratório permitiu desenvolver uma prévia de como seria a distribuição geográfica da microbacia hidrográfica da grotta criminosa, sendo essa prévia levada a campo para análise de comprovação.

Após a comprovação, apresentou-se as alterações no limite da bacia, resultando no perímetro legítimo que só pode criar-se através da análise de campo e informações da planta cadastral, gerando o mapa base do estudo.

Os canais efêmeros e intermitentes, encontrados e marcados por pontos através do GPS, foram descarregados no software CAD, averiguando se drenagens

contidas na planta cadastral estão de acordo com a realidade encontrada no local. Após o inserção dos pontos, resultou-se na constatação das drenagens contidas no arquivo em formato dwg através dos pontos recolhidos em campo, permitindo a criação e constatação das drenagens efêmeras da microbacia hidrográfica.

Teve-se a exportação das informações geradas no software CAD, permitindo a saída em formato *Drawing Exchange Format* (dxf) para o Qgis 2.18.16 Las Palmas, com o objetivo de ocorrer um tratamento melhor das informações espacializadas e desenvolver produtos advindos destas informações.

No Qgis, as informações foram espacializadas e reprojetadas para o sistema de coordenada SIRGAS 2000 / Zona 22 Sul, correspondente ao sistema de projeção cartográfica nacional para todos os projetos de mapeamento no território brasileiro, sendo a zona 22 Sul correspondente área de localização da microbacia hidrográfica na Carta Internacional do Mundo ao Milionésimo (CIM).

Após a transformação de projeções, teve-se a transformação do formato DxF para Shapefile (SHP), permitindo a edição no software QGIS, resultando no mapeamento e construção do produto final.

Por fim, teve-se a aplicação da metodologia de Arthur N. Strahler (1952) e Robert E. Horton (1945). Seguindo a metodologia apresentada pelo primeiro autor, as drenagens foram divididas em ordens, variando da 1ª ordem a 5ª ordem, sendo que, a 1ª ordem não possui nenhum tributário, a 2ª ordem possui tributários somente de 1ª ordem e, seriam originados após a confluência de duas drenagens de ordem anterior, no caso, drenagens de 1ª ordem, a 3ª ordem pode possuir tributários tanto de 1ª quanto de 2ª ordem e, seriam originadas após a confluência de duas drenagens de ordem anterior, a 4ª ordem possui tributários de todas as ordens anteriores a ela, sendo somente originada após a confluência de duas drenagens de 3ª ordem, por último, a 5ª ordem, que classifica o canal principal da bacia trabalhada, pode conter drenagens ordens inferiores a ela, sendo formada após a confluência de duas drenagens de 4ª ordem.

A metodologia de Robert E. Horton (1980) possui a mesma forma de ordenamento, mudando somente a composição da extensão de suas drenagens, desta forma a 1ª Ordem não possui tributários, no momento em que ocorrer a confluência de uma drenagem de 1ª Ordem, resultaria na geração de uma drenagem de 2ª Ordem que se estenderia do início da confluência até que ocorra a geração de outra drenagem de

2ª Ordem, resultando na geração da 3ª Ordem, que se estenderia do início da drenagem, até encontrar uma ordem igual, que resultaria no aumento da ordem, seguiu esse modelo até a 5ª Ordem que classificou o canal principal do seu início ao fim.

Com isso, foi-se classificando as ordens de drenagens através de cores, e distinguindo a quantidade de drenagem de cada metodologia através da divisão da área da bacia entre Alto Curso, Médio Curso e Baixo Curso, possibilitando uma comparação mais apurada dos dados.

Teve-se a utilização das ferramentas do QGIS 2.18 para a geração de três cartas que permitem a visualização mais compreensiva das metodologias, possibilitando o melhor entendimento. Com as cartas prontas, ocorreu a divisão dos resultados e a geração de gráficos, tabelas e quadros.

- Análise dos resultados:

O desenvolvimento da pesquisa só foi possível através dos dados recolhidos em campo e das informações secundárias obtidas da planta cadastral, que permitiram desenvolver o limite da bacia hidrográfica e a possibilidade de comparação da localização das drenagens em campo e no programa, possibilitando uma noção da realidade e propiciando uma análise e construção de informações mais apuradas.

A análise obtida dos resultados permitiu ter a noção da espacialização de drenagens da grota criminosa dentro da cidade de Marabá, a sua classificação de ordens possibilitou o entendimento de drenagens maiores e menores, sua influência e a possível relação que prejudicará o seu entorno no período de chuva, por descartes indevidos de materiais na drenagem.

Através da mesma, foi possível identificar as drenagens que concentram supostamente um maior fluxo de água de acordo com a geomorfologia local e uma maior possibilidade de inundação e alagamento ao seu redor, agravados pela ação antrópica.

## **6 – RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Neste capítulo, serão abordados os resultados obtidos através das informações geradas com o auxiliadas por trabalhos de campo e dados obtidos durante o desenvolvimento da pesquisa, permitindo analisar e espacializar as informações da microbacia hidrográfica.

Desta forma, teve-se como resultado inicial a produção de uma carta hidrográfico (Figura 2), no qual foi dividido em 3 (três) cursos que caracterizam a bacia, visando a melhor divisão das informações relacionadas as drenagens.

O desenvolvimento do carta hidrográfica teve como finalidade apresentar a espacialização das drenagens, na área da bacia, para que obtenha-se melhor percepção da ocorrência da distribuição e ramificação das drenagens, dentro do Núcleo da Nova Marabá e Marabá Pioneira, bem como apresentar o alto curso que, contém 308ha, médio curso, com 306ha e baixo curso, possuindo 480ha, através do recorte “A – B” e “C – D”, advindo conhecimento da área e do limite de abrangência de cada um.

Através da carta hidrográfica, realizou-se a medida do comprimento de cada drenagem da bacia hidrográfica, obtendo os valores de extensão espacial de todas as drenagens contidas nos três cursos (Tabela 1):

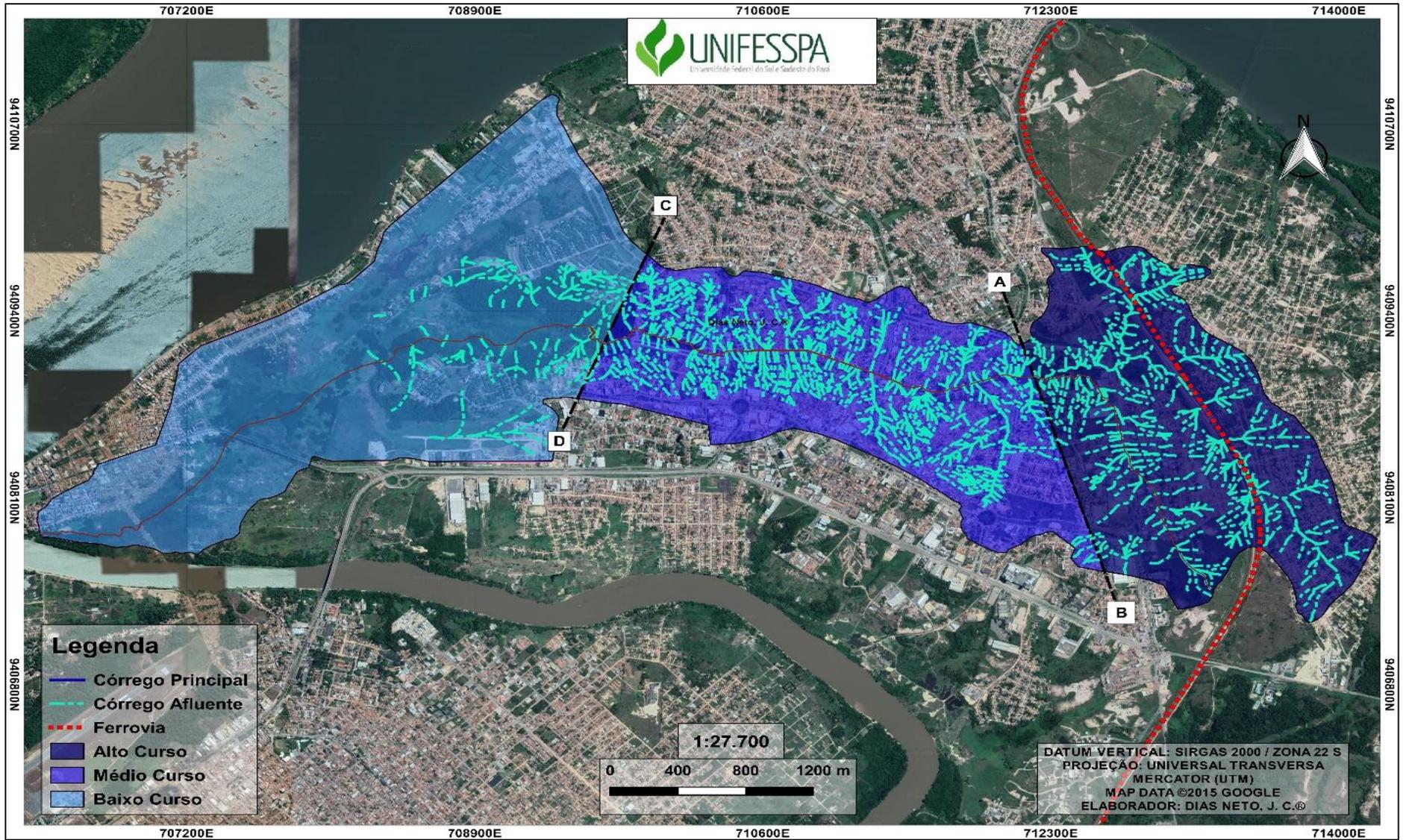
Tabela 1 - Extensão das Drenagens em Quilômetros (km)

Alto Curso	44,961 km
Médio Curso	63,527 km
Baixo Curso	18,548 km
Total	127,4 km

Elaborador: Dias Neto, J.C. (2019)

Obteve-se um total de 127,4km de extensão de drenagem, sendo esse valor dividido nos três cursos. No auto curso da bacia, teve-se uma somatória de 44,961 km de drenagem, no médio curso, constatou-se o valor de 63,527 km de drenagem e, no baixo curso, obteve-se 18,548 km, totalizando o valor referido inicialmente.

Figura 2 - Carta Hidrográfica com Divisão de Cursos da Micro Bacia Hidrográfica da Grota Criminosa, Marabá/PA.



Elaborador: Dias Neto, J.C. (2019)

### 6.1 – Resultado da Metodologia de Arthur N. Strahler (1952)

A primeira metodologia aplicada gerou a Carta de Hierarquização Fluvial (Figura 3), seguindo o método do autor Arthur N. Strahler (1952), que classifica as drenagens através de ordens.

A Carta de Hierarquização Fluvial, através do método de Arthur N. Strahler (Figura 3), apresentou a variação de ordem de 1ª a 5ª, sendo que a drenagem de 5ª representa o canal de maior ordem da microbacia hidrográfica, sendo o mesmo o canal principal.

Através da divisão dos cursos da bacia (Figura 2), deu-se a soma de todas as drenagens classificadas (Quadro 1), variando da 1ª a 5ª, dos três cursos distintos. Por meio da metodologia aplicada, obteve-se um quociente de 330 drenagens contidas no alto curso da bacia, 507 no interior do médio curso e, 106 drenagens espacializadas no decorrer do baixo curso (Quadro 1), totalizando 943 drenagens através da metodologia de Arthur N. Strahler (1952).

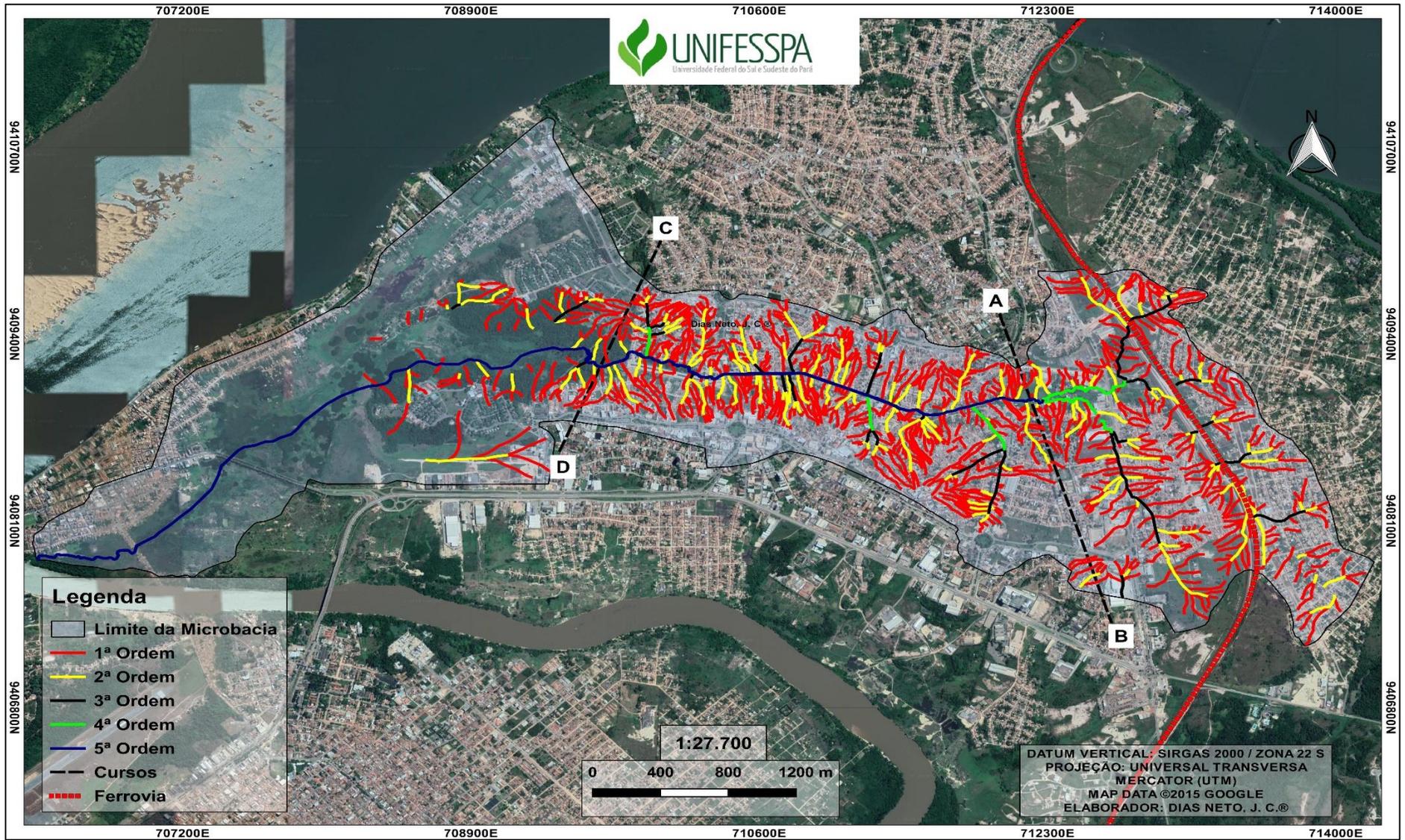
As drenagens da microbacia hidrográfica, divididas em ordens, contabilizaram cerca de 758 drenagens de 1ª ordem em toda a bacia, 149 drenagens de 2ª, 28 de 3ª, 5 de 4ª e, 3 de 5ª ordem, sendo a de maior valor o canal principal (Quadro 1).

Sendo assim, teve-se no alto curso um total de 262 drenagens de 1ª ordem, que geraram 54 de 2ª ordem, as drenagens de 2ª ordem geraram 11 de 3ª ordem, as de 3ª ordem criaram 2 de 4ª ordem e, por fim, ocorreu a criação de 1 drenagem de 5ª ordem (Quadro 1).

No médio curso da bacia, totalizou-se cerca de 413 drenagens de 1ª ordem, resultando em 76 de 2ª ordem, a de 2ª gerou 14 de 3ª ordem, a de 3ª ordem possibilitou a criação de 3 de 4ª ordem e, todos esses arranjos fluviais, permitiram a formação 1 de 5ª ordem (Quadro 1).

Por último, o baixo curso obteve um total de 83 de drenagens de 1ª ordem, criando 19 de 2ª ordem, o desenvolvimento das drenagens de 2ª ordem propiciaram a criação de 3 de 3ª ordem, que não geraram nenhuma drenagem de 4ª ordem. No baixo curso da bacia, tem-se o canal principal de 5ª ordem, sendo este a maior ordem de todos os cursos (Quadro 1).

Figura 3 - Carta de Hierarquização Fluvial através do método de Arthur N. Strahler (1952)



Elaborador: Dias Neto, J.C. (2019)

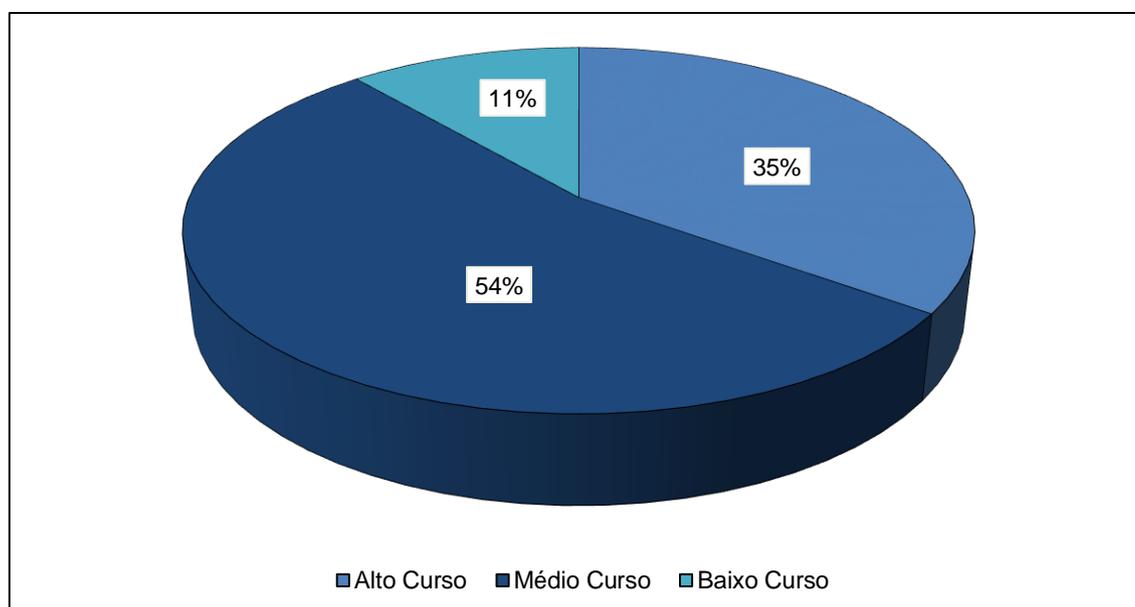
Quadro 1 - Somatório de Drenagens de Arthur N. Strahler (1952)

	Alto Curso	Médio Curso	Baixo Curso	Total
1ª Ordem	262	413	83	758
2ª Ordem	54	76	19	149
3ª Ordem	11	14	3	28
4ª Ordem	2	3	0	5
5ª Ordem	1	1	1	3
Total	330	507	106	943

Elaborador: Dias Neto, J.C. (2019)

Para facilitar o entendimento sobre a dimensão da espacialização das drenagens encontradas nos três cursos, teve-se a criação de um gráfico com a somatória de drenagens (Gráfico 1) contidas em cada um, sendo o mesmo representado através de porcentagem. Desta forma, de 100% (943) das drenagens, 54% (507) delas estão espacializadas no médio curso da bacia, 35% (330) estão localizadas no alto curso e, 11% (106) estão dentro do limite do baixo curso (Gráfico 1).

Gráfico 1 - Somatório de drenagens de Arthur N. Strahler (1952)



Elaborador: Dias Neto, J.C. (2019)

Por meio da hierarquização das drenagens teve-se a possibilidade de gerar informações que permitem ter uma noção da realidade encontrada nas mesmas. Através da metodologia de Arthur N. Strahler (1952), classificou-se cada drenagem de acordo com sua ordem, possibilitando a medição da extensão em quilômetros (km)

através do seu comprimento e, dividindo-se pelas ordens encontradas na bacia, somando o total de cada ordem e dividindo entre os três cursos da bacia (Quadro 2).

Quadro 2 - Extensão em Quilômetros (km) das Drenagens de Arthur N. Strahler (1952)

	1ªOrdem	2ªOrdem	3ªOrdem	4ªOrdem	5ªOrdem	Total
Alto Curso	32,873km	7,870km	2,901km	1,218km	0,099km	44,961km
Médio Curso	44,494km	10,698km	2,438km	0,816km	5,081km	63,527km
Baixo Curso	9,887km	2,734km	0,347km	-----	5,927km	18,895km
Total:	87,254km	21,302km	5,696km	2,034km	11,107km	127,4km

Elaborador: Dias Neto, J.C. (2019)

O resultado da medição está dividido entre os cursos e as ordens da microbacia, como referido anteriormente. Desta forma, a extensão das drenagens do alto curso possuem um total de 44,961 km de extensão, sendo que sua 1ª ordem possui um total de 32,873 km de extensão, a 2ª ordem de 7,870 km, 3ª ordem tem 2,901 km, 4ª ordem possui uma ramificação de 1,218 km de dimensão e, a 5ª ordem tem 0,099 km (Quadro 2).

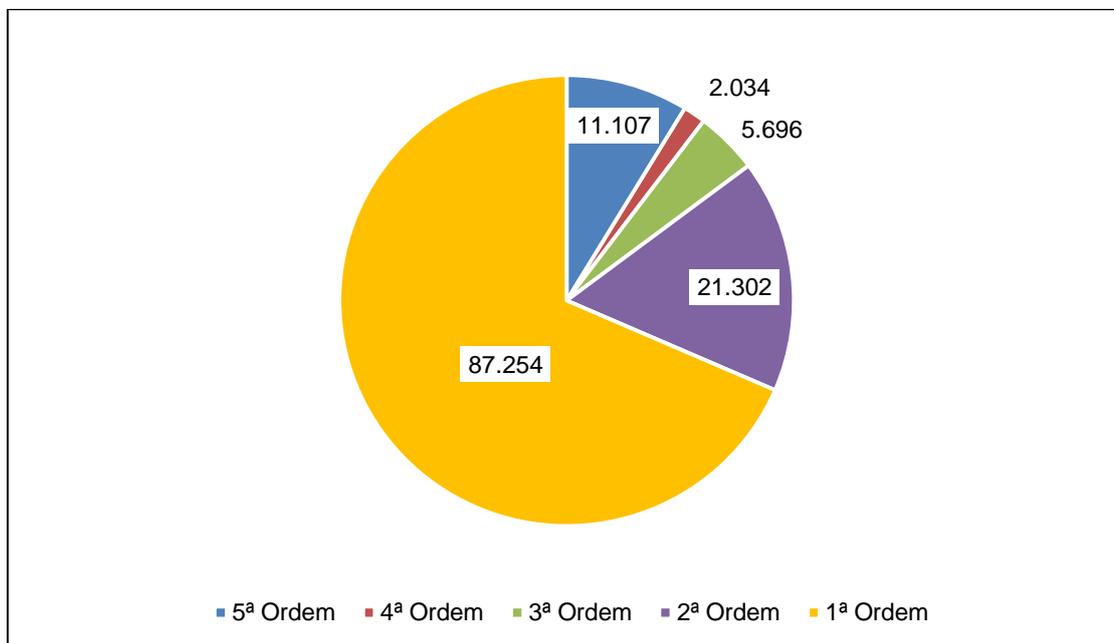
As drenagens do médio curso possuem um total de 63,527 km, sendo que a 1ª ordem possui 44,494 km de extensão, 2ª ordem tem 10,698 km, 3ª ordem de 2,438 km, 4ª ordem de 0,816 km e a 5ª ordem de 5,081 km de extensão (Quadro 2).

O baixo curso possui drenagens que se estendem por 18,895 km, sendo que as drenagens de 1ª ordem tem 9,887 km, as de 2ª ordem de 2,734 km, 3ª ordem de 0,347 km, não ocorrendo a formação de drenagens de 4ª ordem e, por fim, a 5ª ordem estende-se por 5,927 km (Quadro 2).

De maneira geral, a microbacia conta com uma extensão de 87,254 km de drenagens de 1ª ordem, 21,302 km de 2ª ordem, 5,696 km de 3ª ordem, 2,034 km de 4ª e 11,107 km de 5ª ordem, sendo a última ordem a maior. O alto curso possui um total de 44,961 km de extensão de drenagens, o médio 63,527 km e o baixo 18,895 km com o total de 127,4 km.

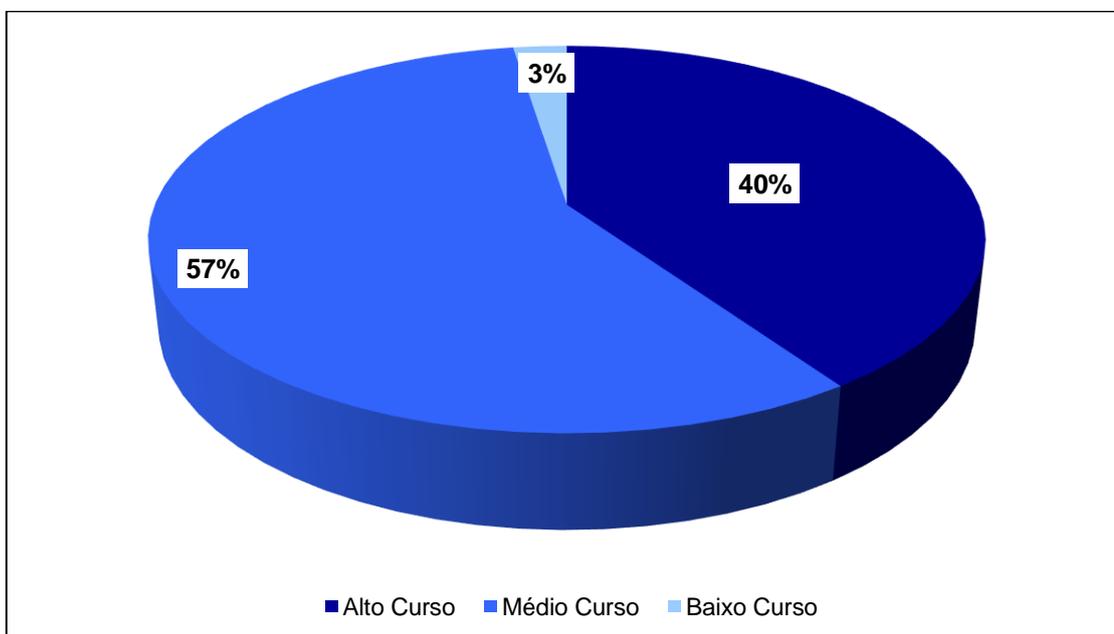
Com o objetivo de melhorar visualização da comparação entre as extensões de drenagens contidas em cada curso, deu-se criação do gráfico que trabalha com a comparação do comprimento de drenagens em toda a bacia (Gráfico 2) e, a criação de um gráfico que trabalha em porcentagem a diferença de curso (Gráfico 3).

Gráfico 2 - Comprimento de Drenagens em Metros de Arthur N. Strahler (1952)



Elaborador: Dias Neto, J.C. (2019)

Gráfico 3 - Comparação da extensão de drenagens no alto, médio e baixo Curso



Elaborador: Dias Neto, J.C. (2019)

Desta forma, de acordo com o gráfico 2, as drenagens contidas no alto curso possuem uma extensão de 40% (44,961 km), o médio curso possui a porcentagem de 57% (63,527 km) e, o baixo curso de 3% (18,895 km). Por fim, o gráfico possibilita

ter noção da comparação entre as extensões dos três cursos, facilitando o entendimento.

Mediante o número de drenagens e a sua extensão por cursos, teve-se a criação de uma média de comprimento das drenagens (Quadro 3), que possibilita uma análise do comprimento médio de cada canal nos três cursos da bacia, divididos pela sua ordem.

Quadro 3 - Média do Comprimento de Drenagens de Arthur N. Strahler (1952)

	Alto Curso	Médio Curso	Baixo Curso	Média Total
1ª Ordem	125m	107m	119m	115m
2ª Ordem	145m	140m	143m	142m
3ª Ordem	263m	174m	782m	406m
4ª Ordem	609m	272m	-----	293m
5ª Ordem	99m	5.081m	5.927m	3.702m
Média	248m	1.154m	1.394m	

Elaborador: Dias Neto, J.C. (2019)

O resultado da média do comprimento de drenagens (Quadro 03), permite a noção do comprimento médio das mesmas no alto, médio e baixo curso. A média de comprimento dos canais no alto curso foi de 248m, no médio de 1.154m e no baixo de 1.394m.

O alto curso da microbacia apresentou 125m na 1ª ordem, 145m na 2ª ordem, 263m para a 3ª ordem, 609m de extensão na 4ª ordem e, 99m de comprimento para a 5ª ordem.

O médio curso da microbacia apresentou a média drenagens de 1ª ordem com 107m de comprimento, 140m de 2ª ordem, 174m para drenagens de 3ª ordem, 272m para a 4ª ordem e 5.081m para as drenagens de 5ª ordem.

O baixo curso da microbacia teve a média de drenagens de 1ª ordem com 119m de comprimento, de 2ª ordem com 143m de extensão, 3ª ordem com 782m, a ramificação fluvial não desenvolveu drenagens de 4ª ordem no baixo curso, e a 5ª teve a média de 5.927m.

Teve-se a análise da média de extensão de cada ordem na microbacia, sendo assim, obteve-se na 1ª ordem uma média de 115m do alto até o baixo curso, 142m da

2ª ordem, 406m para a 3ª ordem, 293m da 4ª ordem e 3.702m para a 5ª ordem, permitindo a percepção da distinção entre a extensão média de cada ordem.

Por fim, cada curso obteve uma média de comprimento claramente distinta do outro, sendo o alto curso com 248m de média de comprimento de drenagem, resultado da sua elevação acentuada e drenagens curtas. O médio curso da microbacia apresenta uma média de 1.154m de extensão de drenagem, sendo resultado do seu relevo mais acentuado comparado com o alto curso, possuindo maiores extensões de drenagens, assim como o desenvolvimento do canal de maior ordem. O baixo curso da bacia contém 1.394m de extensão, resultado, principalmente, pela presença do canal de maior ordem que se estende até a foz da bacia.

## **6.2 – Resultado da Metodologia de Robert E. Horton**

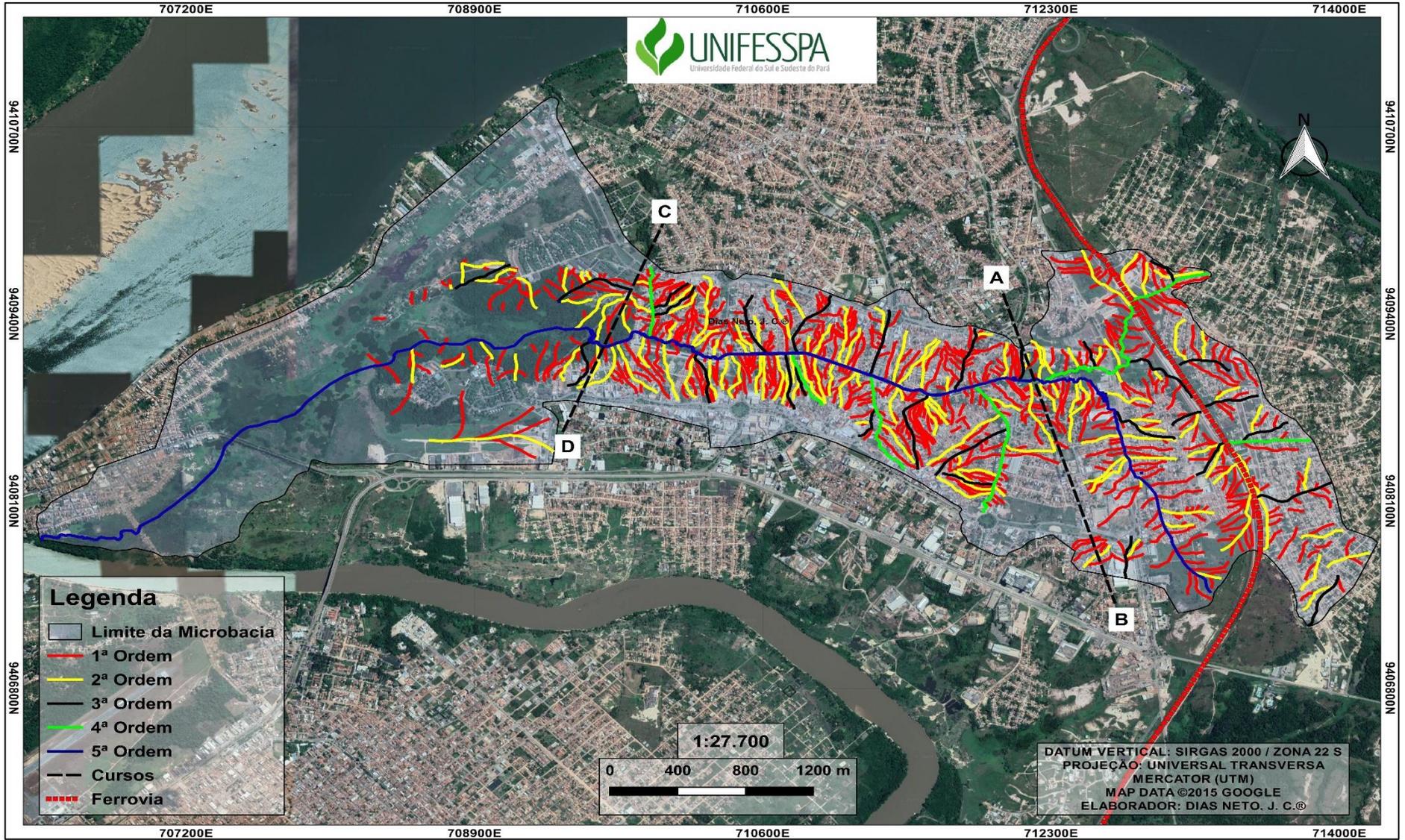
A segunda metodologia gerou o Carta de Hierarquização Fluvial (Figura 4), seguindo o método do autor Robert E. Horton (1945), que também classifica as drenagens através de ordens.

A segunda carta de hierarquização fluvial (Figura 4) apresentou a oscilação de ordens entre 1ª a 5ª, sendo que a drenagem de 5ª, assim como na metodologia anterior, representa o canal de maior ordem da microbacia hidrográfica, tornando-se o canal principal.

Utilizou-se a divisão de cursos apresentados na Figura 2, permitindo a somatória das drenagens classificadas (Quadro 4), variando da 1ª a 5ª dos três cursos distintos. Por meio disto, obteve-se um resultado de 267 canais de drenagem contidas no alto curso da bacia, 415 formações de drenagem no médio curso e 90 drenagens espacializadas no decorrer do baixo curso, totalizando 772 drenagens através da metodologia de Robert E. Horton (1945) (Quadro 4).

No decorrer da microbacia, totalizou-se cerca de 604 drenagens de 1ª ordem, 130 de 2ª ordem, 28 drenagens de 3ª ordem, 6 de 4ª ordem e 3 de 5ª ordem. No alto, médio e baixo curso, as drenagens de maior ordem, somadas, formam o canal principal.

Figura 04 - Carta de Hierarquização Fluvial através do método de Robert E. Horton (1945), de acordo com Christofolleti (1980).



Elaborador: Dias Neto, J.C. (2019)

O alto curso da microbacia totalizou cerca de 262 drenagens de 1ª ordem que possibilitaram a geração de 54 de 2ª ordem, as drenagens de 2ª ordem resultaram em 11 de 3ª ordem, as drenagens de 3ª ordem acarretaram a criação de 2 de 4ª ordem e, por último, ocorreu a criação de 1 drenagem de 5ª ordem (Quadro 4).

O médio curso da bacia totalizou cerca de 330 drenagens de 1ª ordem, resultando em 66 de 2ª ordem, as drenagens de 2ª geraram 14 de 3ª ordem, 3 de 4ª ordem que formaram no final 1 de 5ª ordem (Quadro 4).

O baixo da curso da microbacia contabilizou 66 drenagens de 1ª ordem. 20 de 2ª ordem, 3 de 3ª ordem, e 1 drenagem de 5ª ordem, é importante ressaltar que no baixo curso não se teve a classificação de drenagens de 4ª ordem (Quadro 4).

De maneira geral, o três cursos da microbacia hidrográfica contaram com cerca de 772 drenagens contabilizadas, sendo que 267 delas estão contidas no alto curso, 415 estão presentes no médio curso e as 90 restantes estão localizadas no baixo curso da microbacia hidrográfica (Quadro 4).

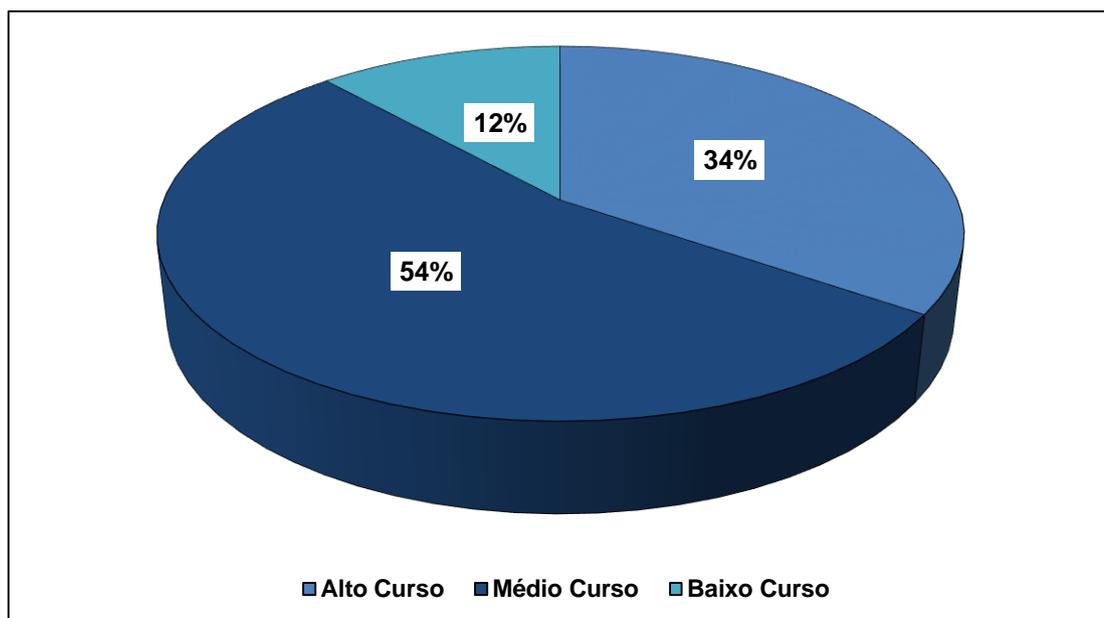
Quadro 4 - Somatório de Drenagens de Robert E. Horton (1945)

	Alto Curso	Médio Curso	Baixo Curso	Total
1ª Ordem	208	330	66	604
2ª Ordem	44	66	20	130
3ª Ordem	12	13	3	28
4ª Ordem	2	4	0	6
5ª Ordem	1	1	1	3
Total	267	415	90	772

Elaborador: Dias Neto, J.C. (2019)

Teve-se a criação do gráfico 4 para melhorar entendimento da localização de cada drenagem contida nos três cursos da bacia alto, médio e baixo. Desta forma, o alto curso contou com 34% (267) das drenagens, o médio curso possui 54% (415) das drenagens e o baixo contém 12% (90) das drenagens da microbacia.

Gráfico 4 - Somatório de drenagens de Robert E. Horton (1945)



Elaborador: Dias Neto, J.C. (2019)

As informações geradas pela hierarquização de drenagens permite que tenhamos uma noção da extensão de cada uma, tendo sua diferenciação através de ordens, possibilitando a medição da extensão em quilômetros (km), através do seu comprimento, dividindo-os pelas ordens encontradas na bacia. Desta maneira teve-se a criação do Quadro 5 somando o total de cada ordem e dividindo entre os três cursos da bacia.

Quadro 5 - Extensão em Quilômetros (km) das Drenagens de Robert E. Horton (1945)

	1ªOrdem	2ªOrdem	3ªOrdem	4ªOrdem	5ªOrdem	Total
Alto Curso	25,470km	12,454km	3,944km	2,131km	2,149km	46,048km
Médio Curso	34,605km	16,081km	5,401km	0,816km	5,080km	61,783km
Baixo Curso	7,678km	4,388km	1,238km	-----	5,949km	19,153km
Total:	67,653km	32,923km	10,283km	2,947km	13,178km	127,4km

Elaborador: Dias Neto, J.C. (2019)

O resultado da extensão das drenagens em toda a bacia é de 127,4 km, no alto curso tem-se um comprimento de 46,048 km, a 1ª ordem possui um total de 67,653 km de extensão em toda a bacia, no alto curso tem cerca de 25,470 km. A 2ª ordem possui um total de 32,923 km em toda a microbacia, no alto curso possui 12,454 km. A 3ª ordem tem 10,283 km de medida em toda a área, no alto curso possui 3,944 km. A 4ª ordem possui a ramificação de 2,947 km de extensão, no alto curso possui cerca de

2,131 km. Por último, a 5ª ordem tem 013,178 km em toda a microbacia, no alto curso possui 2,149 km (Quadro 5).

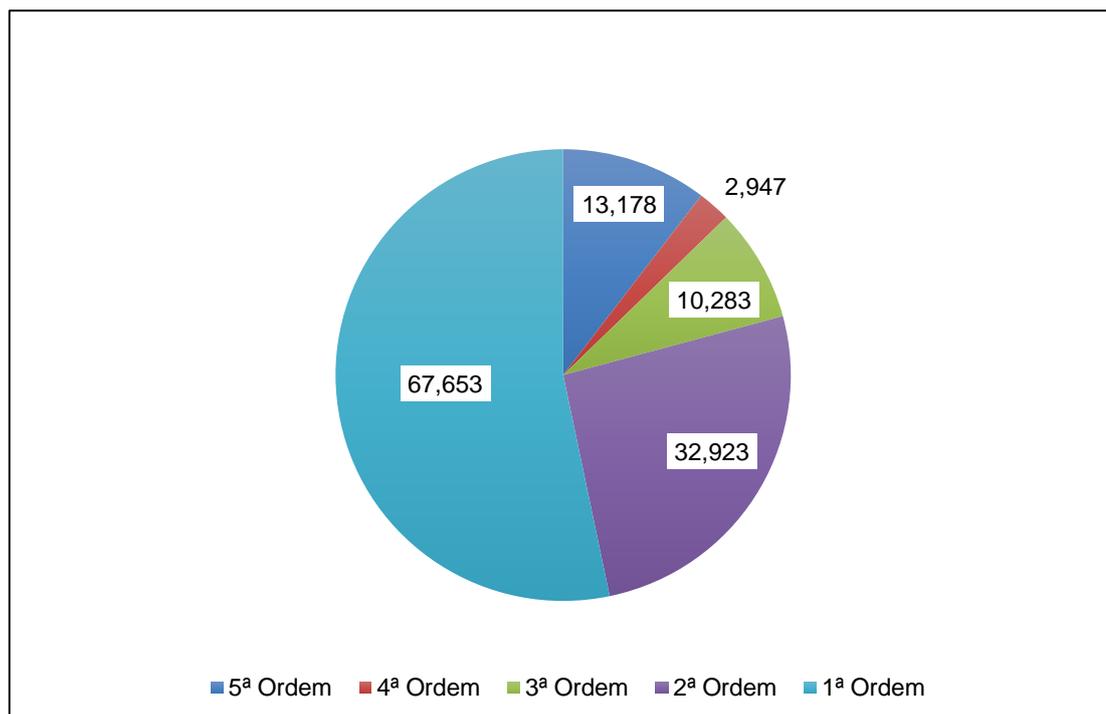
O médio curso da microbacia possui um total de 61,783 km, a 1ª ordem possui 34,605 km sendo que a 2ª ordem possui 16,081 km de extensão, 3ª ordem tem 5,401 km, 4ª ordem de 0,816 km e a 5ª ordem de 5,080 km (Quadro 5).

O baixo curso da microbacia possui drenagens que se estendem no total de 19,153 km, sendo as drenagens de 1ª ordem correspondentes a 7,678 km, as de 2ª ordem de 4,388 km, 3ª ordem de 1,238 km, não ocorre a formação de drenagens de 4ª ordem e, por fim, a de 5ª ordem estende-se por 5,949 km (Quadro 5).

De maneira geral, a microbacia conta com uma extensão de 87,254 km de drenagens de 1ª ordem, 21,302 km de 2ª ordem, 5,696 km de 3ª ordem, 2,034 km de 4ª e 11,107 km de 5ª ordem, sendo a última ordem a maior. O alto curso possui um total de 44,961 km de extensão de drenagens, o médio 63,527 km e o baixo 18,895 km com o total de 127,4 km.

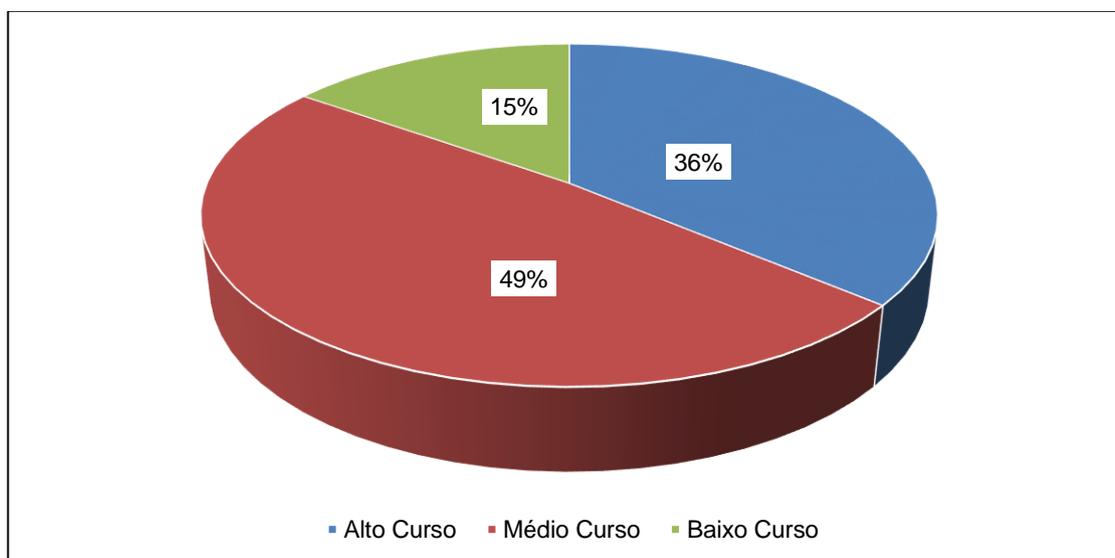
Com o objetivo de melhorar visualização entre a comparação das extensões de drenagens contidas em cada curso, teve-se a criação de um gráfico que trabalha com a somatória de todo o comprimento de drenagens através de suas ordens (Gráfico 5) e a criação do gráfico que compara o comprimento de drenagens nos três cursos da bacia (Gráfico 6).

Gráfico 5 - Comprimento de Drenagens em Metros de Robert E. Horton (1945)



Elaborador: Dias Neto, J.C. (2019)

**Gráfico 6** – Comparação da extensão de drenagens no Alto, Médio e Baixo Curso



Elaborador: Dias Neto, J.C. (2019)

De acordo com o gráfico 6, as drenagens contidas no alto curso possuem uma extensão de 36% (46,048 km), o médio curso possui a porcentagem de 49% (61,783 km) e, o baixo curso de 15% (19,153 km). Por fim, o gráfico permite ter a noção da comparação entre as extensões dos três cursos, facilitando o entendimento.

Através dos números de drenagem e a sua extensão em cada curso, criou-se um segundo quadro com a média de comprimento das drenagens (Quadro 4), da mesma maneira que a primeira (Quadro 3), possibilitando uma análise do comprimento médio de cada canal nos três cursos da bacia, divididos pela sua ordem e pelas suas metodologias.

**Quadro 6** - Média do Comprimento de Drenagens de Robert E. Horton (1945)

	Alto Curso	Médio Curso	Baixo Curso	Média
1ª Ordem	122m	104m	116m	114m
2ª Ordem	283m	243m	219m	248m
3ª Ordem	328m	415m	412m	385m
4ª Ordem	1.060m	2.020m	-----	632m
5ª Ordem	2.149m	5.080m	5.949m	4.392m
Média Total	788m	1209m	1339m	

Elaborador: Dias Neto, J.C. (2019)

O produto da média do comprimento de drenagens (Quadro 04) permite ter-se noção do comprimento das drenagens que se estendem no alto, médio e baixo curso. Permite também analisar a média de comprimento de todas as drenagens da microbacia, sendo diferenciadas pelas ordens.

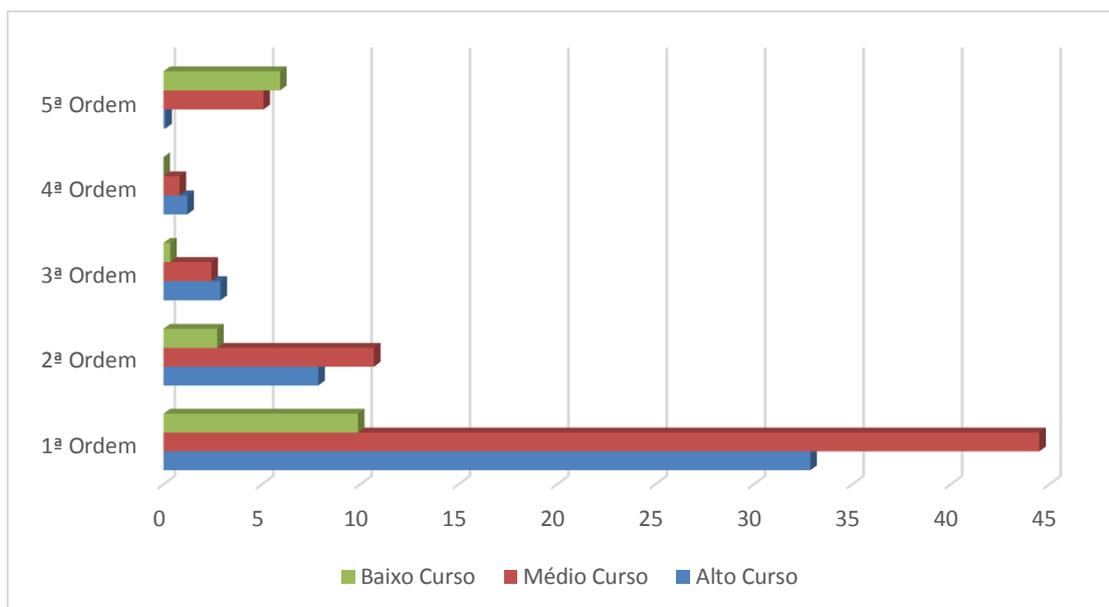
Desta forma, o comprimento médio da 1ª ordem na microbacia hidrográfica da grotta criminosa foi de 114m, o resultado vem da divisão do valor do comprimento da drenagem com a quantidade de drenagens classificadas na área, divididos pelos cursos, o resultado de todos os cursos é somado e dividido pelos três cursos, gerando a média de comprimento médio de cada ordem para toda a drenagem. A média do comprimento das drenagens de 2ª ordem é de 248m, de 3ª ordem é 385m, a 4ª ordem possui uma média de 632m e, por fim, a 5ª ordem possui uma média de 4.392m.

A divisão através de cursos gerou o seguinte resultado: o alto curso da microbacia apresentou 122m na 1ª ordem, 283m na 2ª ordem, 328m na 3ª ordem, 1060m de extensão na 4ª ordem e 2.149m de comprimento para a 5ª ordem. O médio curso da microbacia apresentou uma média de drenagens de 1ª ordem com 104m de comprimento, 243m de 2ª ordem, 415m para drenagens de 3ª ordem, 2020m para a 4ª ordem e 5.081m para as drenagens de 5ª ordem. O baixo curso possuiu uma média 116m na 1ª ordem, 219m de extensão na 2ª ordem, 412m na 3ª ordem, e 5.949 para a 5ª ordem, não se teve formação de drenagens de 4ª ordem no baixo curso.

### **6.3 – Resultado da Comparação de Metodologias**

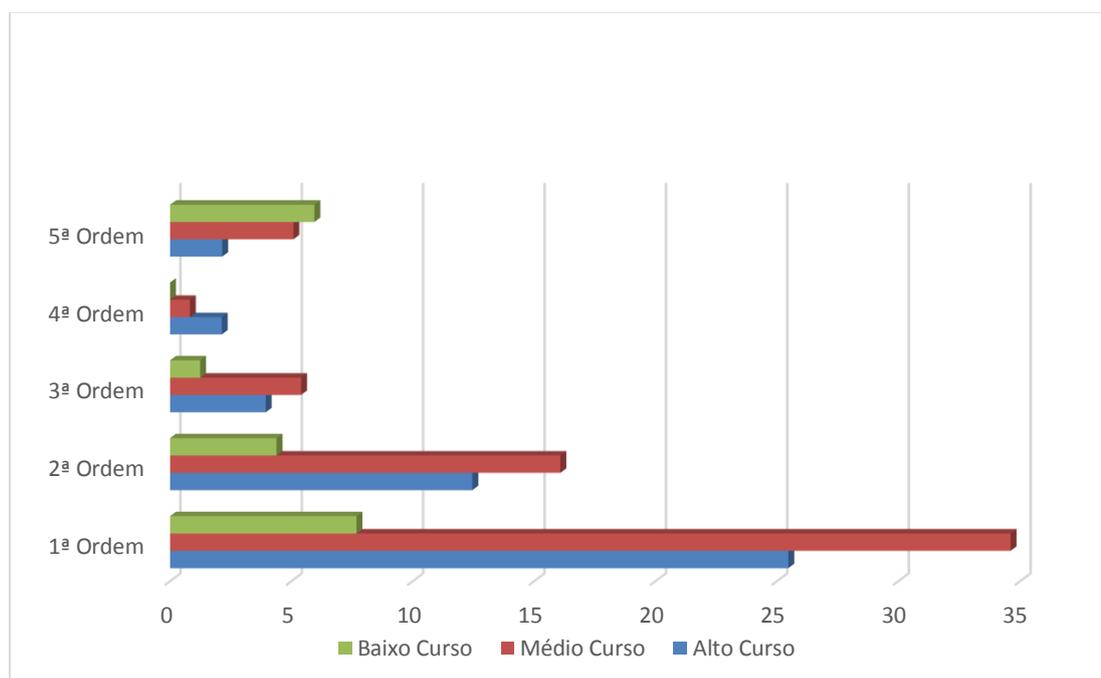
Para comparação entre informações, criou-se um histograma e quatro gráficos em barras, tratando especificamente de ambas as metodologias. Todos estão divididos através do alto, médio e baixo curso com as ordens de drenagem para que tenha-se uma comparação mais localizada.

Gráfico 7 - Extensão de Drenagens de Arthur N. Strahler (1952)



Elaborador: Dias Neto, J.C. (2019)

Gráfico 8 - Extensão de Drenagens de Robert E. Horton (1945)



Elaborador: Dias Neto, J.C. (2019)

O gráfico 7 e 8 trata-se da distribuição, em quilômetros, da extensão hidrográfica no alto, médio e baixo curso usando como variável a disposição de cada ordem de drenagem, classificada nas duas metodologias. Primeiramente, apresenta-se o resultado de Arthur N. Strahler (Gráfico 7) e, a posteriori, a metodologia de Robert E. Horton (Gráfico 8).

Comparando as ordens localizadas no alto curso de ambas as metodologias, a 1ª ordem, na perspectiva de Arthur N. Strahler, possui a extensão total de 32,873km (Gráfico 7), sendo que, na visão de Robert E. Horton, existe cerca de 25,47km (Gráfico 8) com uma diferença de 7,403km de uma metodologia para outra.

A 2ª ordem, localizada no alto curso, possui 7,87km (Gráfico 7) no primeiro método e, 12,454km (Gráfico 8) no segundo, com uma diferença de 4,584km. A 3ª possui cerca de 2,901km (Gráfico 7) no primeiro e, 3,944km (Gráfico 8) no segundo, com um intervalo de 1,043km. A 4ª ordem da microbacia possui 1,218km (Gráfico 7) no primeiro e, 2,131km (Gráfico 8) no segundo, com uma diferença de 0,913km. Por último, a 5ª ordem possui cerca de 0,099km (Gráfico 7) na primeira metodologia e, 2,149km (Gráfico 8) na segunda metodologia, com a diferença de 2,05km.

Deste modo, é notável a diferença de comprimento entre cada ordem, variando de autor para autor. O canal principal, por exemplo, possui cerca de 11,107km de extensão (Quadro 2), seguindo o modelo de Arthur N. Strahler (1945) e, 13,178km de extensão (Quadro 5), seguindo o modelo de Robert E Horton (1945).

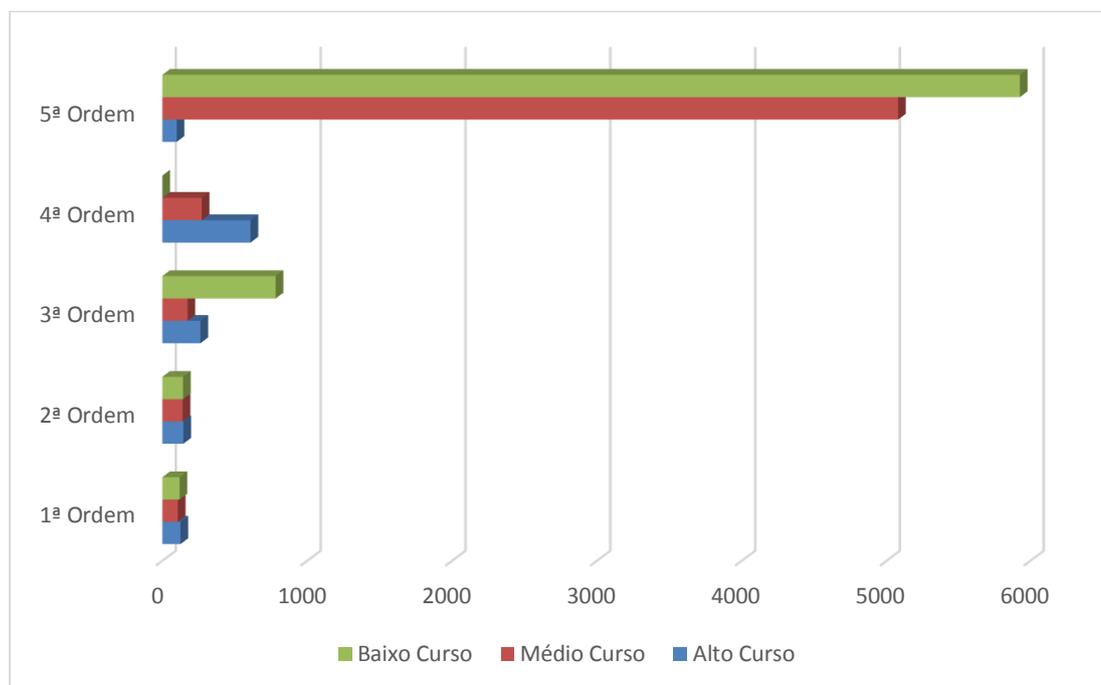
Teve-se a criação de mais dois gráficos com a média da extensão das drenagens de ambas as metodologias. A primeira metodologia teve-se o gráfico 10 e, a segunda o gráfico 9, para resultados mais apurados na descrição, usou-se as informações do quadro 3, para a primeira metodologia e, do quadro 6, para a segunda metodologia.

Para a comparação de ambas as extensões, usou-se como exemplo a 5ª ordem, que estende-se no alto curso, na primeira metodologia, por menos de 1.000m (Quadro 3 e Gráfico 10) e, na segunda metodologia, é maior que 2.149m (Quadro 6 e Gráfico 11).

A 4ª se estende por 609m (Quadro 3 e Gráfico 9), na primeira metodologia e, aproximadamente 1.060m (Quadro 6 e Gráfico 10), na segunda, a 3ª ordem estende-se por cerca de 263m (Quadro 3 e Gráfico 9) e, na segunda metodologia, por 328m (Quadro 6 e Gráfico 10), a 2ª ordem estende-se por 145m, na primeira (Quadro 3 e Gráfico 10) e, 283m, na segunda metodologia (Quadro 06 e Gráfico 9), por último, a 1ª ordem, no alto curso, apresenta-se com 125m de extensão na primeira metodologia (Quadro 3 e Gráfico 9) e, na segunda, com 122m (Quadro 6 e Gráfico 10).

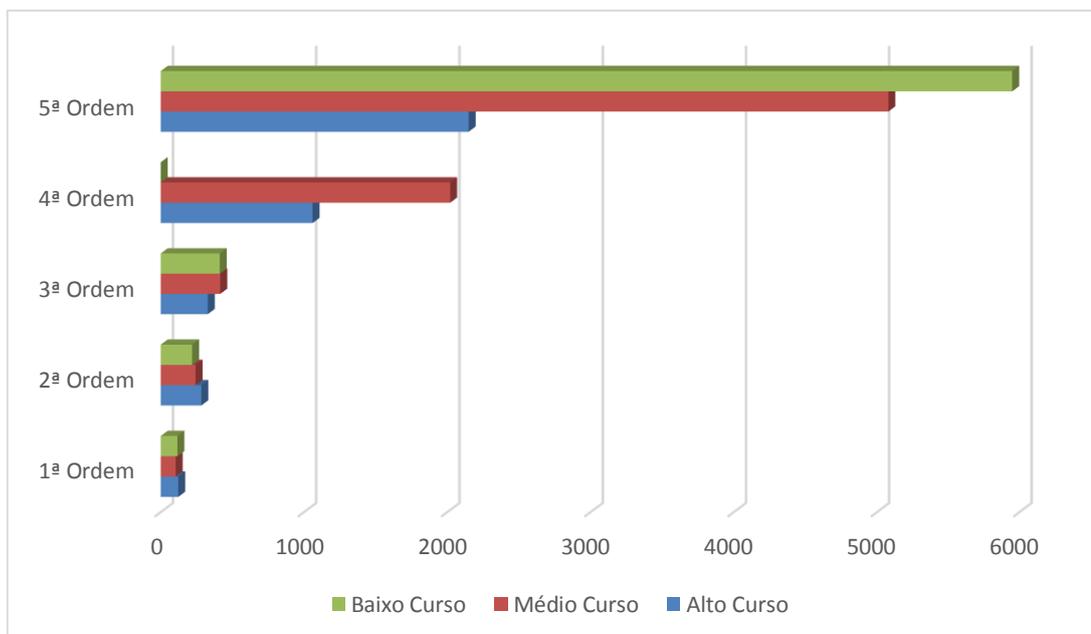
Por fim, a diferença entre as metodologias é evidente, podendo ser mais ressaltado através do gráfico 11, que é o produto de todas as drenagens contabilizadas na carta de hierarquização fluvial de Arthur N. Strahler e Robert E. Horton (1945).

Gráfico 9: Média de Comprimento de Drenagens de Arthur N. Strahler (1952)



Elaborador: Dias Neto, J.C. (2019)

Gráfico 10: Média de Comprimento de Drenagens de Robert E. Horton (1945)

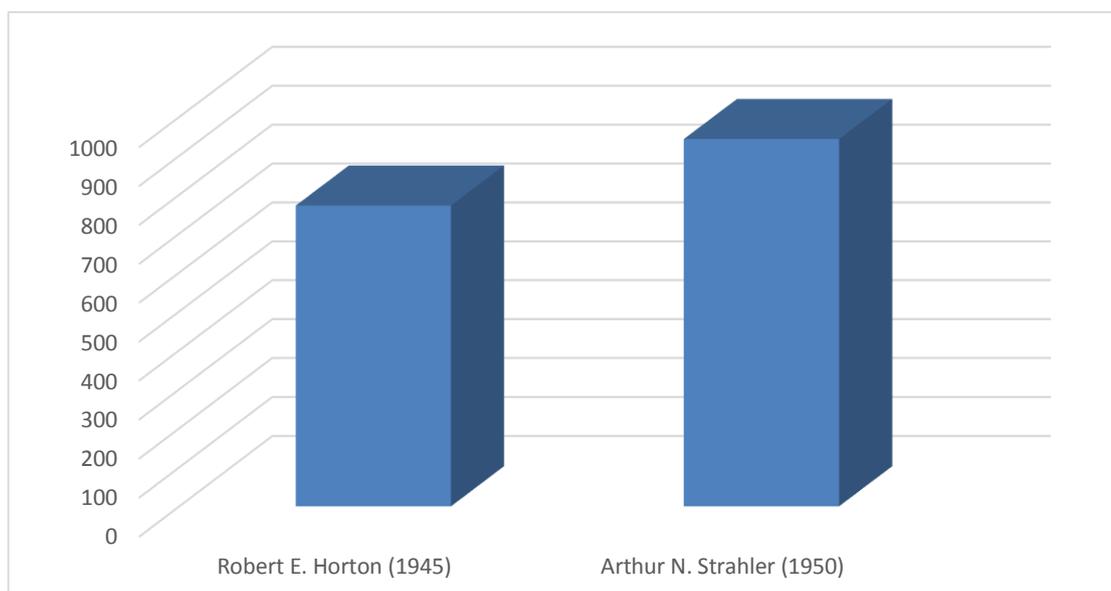


Elaborador: Dias Neto, J.C. (2019)

O gráfico 11 possibilita a noção da diferenciação de drenagens, resultado das metodologias realizadas, o mesmo foi formado pela soma de todas as drenagens de ambos os autores trabalhados aqui anteriormente.

Na primeira coluna tem-se os dados gerais do autor Robert E. Horton (1945), constatando um total de 772 drenagens através de seu método e, a segunda coluna trata-se do autor Arthur N. Strahler (1945), que classificou 943 drenagens em toda a microbacia hidrográfica.

Gráfico 11: Comparação entre drenagens de Metodologias



Elaborador: Dias Neto, J.C. (2019)

Com o objetivo de revelar aos leitores a realidade da área, organizou-se três figuras localizadas nos diferentes cursos da bacia, iniciando-se no alto (Figura 5), seguindo para o médio (Figura 6) e, por fim, baixo curso (Figura 7).

O alto curso da bacia conta com 308ha, sendo o menor dos três, possuindo uma quebra na formação de suas drenagens, a construção da ferrovia alterou significativamente o processo de formação da rede hidrográfica, modificando o resultado da classificação de drenagens de ambas as metodologias. O relevo jovem, presente na extensão do curso, é mais elevado do que os outros, sendo assim, para a representação visual da área, as letras A e B estão localizadas na divisão entre o alto e médio curso.

Figura 5 - Drenagem do Alto Curso da Microbacia



Elaborador: Dias Neto, J.C. (2019)

O médio curso da bacia possui 306ha, apresentando a maior área e índice de drenagens, seu canal principal sofre grande influência antrópica, recebendo efluentes das residências ao seu redor e sendo local de despejo de lixo, sendo sua elevação mais rebaixada em comparação com o alto curso da bacia, já que seu relevo é mais trabalhado. As letras C e D representam visualmente a área.

Figura 6 - Drenagem do Médio Curso da Microbacia



Dias Neto, J. C. (2019)

Por último, o baixo curso da bacia conta com 480ha em sua área, formada pela planície de inundação da microbacia, localizada entre dois núcleos, sendo eles o Núcleo Nova Marabá e Marabá Pioneira. A planície de inundação é composta por águas advindas dos dois cursos anteriores, a interferência antrópica nos mesmos resulta em uma poluição que acarreta uma grande quantidade de esgoto descendo para o baixo curso, e espalhando-se pela planície. Desta forma, as letras E e F representam visualmente a área.

Figura 7 - Drenagem do Baixo Curso da Microbacia



Elaborador: Dias Neto, J.C. (2019)

Os três cursos da bacia contam com a presença de poluição em suas drenagens, acarretando em maior propagação de doenças tropicais, como a dengue, chikungunya e etc., nas áreas próximas aos canais que formam a rede hidrográfica, ocasionando maior sobrecarga no serviço público de saúde.

## 7 – CONCLUSÃO

A caracterização dos padrões de drenagens permitem ao pesquisador, que trabalha com recursos hídricos, um melhor entendimento da ramificação fluvial encontrada em determinada área de estudo. Trabalhos com esse objetivo, possibilitam inúmeras ações públicas sobre o espaço fluvial, pois o mesmo resulta em uma classificação de drenagens mais precisa, de maior e de menor ordem, importantes na formação da ramificação, possibilitando a análise da localização das áreas banhadas por ordens maiores, facilitando o local para iniciar-se a tomada de decisões de políticas públicas com objetivo de drenar e melhorar o índice de vida de determinada população.

O desenvolvimento do presente estudo, permitiu realizar a caracterização dos padrões de drenagens da microbacia hidrográfica através da metodologia de dois autores, sendo eles Arthur N. Strahler (1952) e Robert E. Horton (1945), nos quais através de sua de hierarquização permitiu traçar o comprimento de todos os canais e a média de comprimento de extensão fluvial para a microbacia, sendo divididos pelo alto, médio e baixo curso para se ter uma noção mais localizada das informações.

Desta forma, teve-se a criação de 3 cartas, o primeiro (Figura 02) apresentou o recorte da microbacia através do alto, médio e baixo curso, o segundo (Figura 03), apresentou a metodologia do autor Arthur N. Strahler (1952) com sua abordagem metodológica na hierarquização de drenagens e, o terceiro (Figura 03) apresentou a

metodologia do autor Robert E. Horton (1945). O trabalho apresentou uma tabela que tratou da extensão das drenagens nos três cursos da bacia, apresentando seis quadros, onde dois tratam da somatória de todas as drenagens nos três cursos da bacia, divididos por ordem, curso e metodologia, dois tratam da extensão em km das drenagens contidas na bacia, também divididos em ordem, curso e metodologia e, dois apresentaram a média de comprimento dos canais de toda a bacia, divididos em curso, metodologia e em ordem, os doze gráficos apresentados serviram para facilitar o entendimento dos quadros e melhorar a visualização da explicação entorno dos resultados.

De acordo com as metodologias apresentadas e desenvolvidas, a melhor teoria para o caso da microbacia da Grota Criminosa é de Arthur N Strahler (1952), pois sua caracterização permite uma análise mais detalhada da ramificação fluvial, possibilitando uma melhor noção de influência de drenagens no córrego principal.

Com o trabalho, é possível perceber a dimensão das drenagens contidas dentro da área da bacia, caso ocorresse a aplicação em outras áreas da cidade, acarretaria em um melhor acervo de informações sobre as localizações que possuem drenagens no seu entorno, com seu comprimento de extensão e, comprimento médio das drenagens. Desta forma, o trabalho mostrou-se satisfatório para a análise dos padrões de drenagem, obtendo resultados que poderão auxiliar a gestão municipal em um melhor planejamento nas áreas de bacias hidrográficas, permitindo assim maior integração entre o meio ambiente e a população local.

## **8 - REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO**

ALMEIDA, L. Q. **Vulnerabilidades socioambientais de rios urbanos: bacia hidrográfica do rio Maranguapinho.** Região metropolitana de Fortaleza, Ceará. 2010. 278 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2010.

BARROS, A.B. **Organismos de bacias hidrográficas: problemas e soluções.** Anais do Workshop Organismos de Bacias Hidrográficas - Planágua/Semads/SERHi-RJ. Rio de Janeiro, 26 de fevereiro de 2004.

BRAGA, R.; CARVALHO, P. F. C. **Recursos hídricos e planejamento urbano e regional.** Rio Claro: Laboratório de Planejamento Municipal-IGCEUNESP. 2003. p. 113-127.

BOLLMANN, H. A.; CARNEIRO, C.; & PEGORINI, E. S. **Qualidade da água e dinâmica de nutrientes.** In: ANDREOLI, C. V.; & CARNEIRO, C. eds. **Gestão integrada de mananciais de abastecimento eutrofizados.** Editora Gráfica Capital. Curitiba, 2005, p.83119.

BOSSLE, R. C. **QGIS e geoprocessamento na prática.** 1ª ed. Paraná: Ithala, 2015

- CASSETI V. 1994. **O relevo no contexto ideológico da natureza: uma nota**. Boletim Goiano de Geografia.
- COMITÊS DE BACIAS HIDROGRÁFICAS – CBH. **O que é um CBH?** Disponível em: <<http://www.cbh.gov.br/GestaoComites.aspx>>. Acesso em: 20/02/2019.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo, Edgard Blucher, 2ª Edição, 1980.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo, Edgard Blucher, 2ª Edição, 1980.
- CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. **Impactos Ambientais Urbanos**. 3ªed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.
- CUNHA, S.B. **Geomorfologia fluvial**. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S.B. **Geomorfologia. Uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Ed. Bertrand Brasil, 1994. p.225.
- GUERRA, A. J. T. e MARÇAL, M. dos S. **Geomorfologia Ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.
- ELIAS, M. 2005. **GIS and Remote Sensing for Natural Resource Survey and Management**. Global Scan Technologies. Dubai, 2005.
- ESRI. **Instituto de Pesquisa de Sistemas Ambientais**. 1990, p. 1-2.
- FERNANDA A. O. S; CÍCERO L. S; SELMA R. M; MANUEL P. O. J: **Caracterização das vazões em uma pequena bacia hidrográfica do Distrito Federal, Brasil**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.16, n.1, p.10–17, 2012 Campina Grande, PB, UAEA/UFCG, 2011.
- Horton, R. E. “**Erosion development os strams and their drainage basins: hydro-pshycal approach to quantitative morphology**”, Geol. Soc. America Bulletin (1945), 56 (3), pp. 275-370.
- HUXHOLD, W. E. "**Information in the Organization**" and "**Applications of Urban Geographic Information Systems**". Chaps. 1 and 3 in **An Introduction to Urban Geographic Information Systems**. New York: Oxford University Press, 1991
- LEFF, E. Epistemologia ambiental. São Paulo, Cortez, 2007.
- LIMA, W.P.; ZAKIA M.J.B. **Hidrologia de matas ciliares**. In: RODRIGUES; R.R.; LEITÃO FILHO; H.F. (Ed.) **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2000. p.33-43.
- MARTINS, S. V. **Recuperação de Matas Ciliares**. Viçosa-(MG): Aprenda Fácil, 2007, 146p.
- MENDONÇA, F. **Sistema ambiental urbano: Uma abordagem dos problemas socioambientais da cidade**. In: MENDONÇA, Francisco. (org.). **Impactos socioambientais urbanos**. Curitiba: Ed. UFPR, 2004.
- MONTE-MÓR, R. L. “**Urbanização extensiva e lógicas de povoamento: um olhar ambiental**”. In: SANTOS, M. et alii. **Território, globalização e fragmentação**. São Paulo, Hucitec. 1994.
- MORETTI, R. S.; FERNANDES, A. “**Sustentabilidade urbana e habitação de interesse social**”. CD 8º Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (Salvador), São Paulo: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2000.
- PETCOM – Planejamento, Engenharia, Transporte e Consultoria Ltda. - 2000 – **Estudo Objetivando Definir as Causas do Assoreamento do Porto de Fortaleza**. Relatório Final. Fortaleza. Inédito.
- PIRES, J.S.R & SANTOS, J.E. **Bacias Hidrográficas, Integração entre meio ambiente e desenvolvimento**. Ciência Hoje. 1995.

- SILVA, S ; TRAVASSOS, L. **Problemas ambientais urbanos: Desafios para a elaboração de políticas públicas integradas.** 2008.
- SILVEIRA, D. I.; LORENCINI JR, A. **Estudo sobre a temática dos impactos ambientais urbanos na coleção de livros didáticos: Projeto Araribá de Geografia.** VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Universidade Estadual de Londrina, 2011.
- SETH, S. M.; JAIN, S. K.; JAIN, M. K – s.d. **Remote Sensing and GIS application studies at national institute of hydrology.** National Institute of Hydrology.
- STRAHLER, A. N., “**Hypsometric (arca-altitude) analysis of erosional topography**”. Geol. Soc. America Bulletin (1952), 63, pp. 1117-1142.
- SUGUIO, K.; BIGARELLA, J.J. **Ambientes fluviais.** 2.ed. Florianópolis: UFSC, 1990. 183p.
- TUCCI, C. E. M. **Controle de enchentes.** In. TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e aplicação** 3. Ed. 1 reimpr. UFRGS/ABRH: Porto Alegre, RS, 2004. (p. 621 - 657).
- ZUCCARI, M. L. ;QUARTAROLI, C. F.; HOTT, M. C. **Avaliação da contribuição da bacia do Rio Pardo à poluição difusa dos recursos hídricos com utilização de geoprocessamento.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE LIMNOLOGIA, 10, 2005, Ilhéus. Resumos... Ilhéus: Sociedade Brasileira de Limnologia, 2005. 1 CD-ROM. 1 p. folhas avulsas AMT-CNPM.