# Análise de Qualidade de Amostragem e Interpolação na Geração de MDE

## Introdução

Desde os primórdios o homem teve necessidade de conhecer e retratar o ambiente em que vive. Dessa forma, sempre buscou uma maneira de conseguir inferir sobre o terreno para que, a partir de modelos terrestres, fosse possível representar parte da superfície, e assim, poder utilizar essa informação em diversas atividades. A aquisição de dados espaciais pode ser realizada a partir de vários métodos, como a execução de um levantamento topográfico, levantamento por GNSS, através de imagens orbitais, fotografias aéreas, etc.

## Modelo digital de elevação

A reconstrução computacional da superfície terrestre é um processo de modelagem matemática realizado através da interpolação de um conjunto de pontos amostrados no terreno para geração de um modelo digital, com uma dada precisão de observação, densidade e distribuição, que são armazenados em uma determinada estrutura de dados .

## Filtragem

Normalmente ao se realizar levantamentos com a tecnologia de varredura Laser Scanner terrestre obtém-se pontos discretos que representam o relevo na forma de um MDS ou seja, os dados possuem informações de elevações do terreno e de objetos existentes sobre ele.

## Amostragem

Segundo Li et al. para modelar a superfície do terreno, o primeiro passo é adquirir um conjunto de dados pontuais. Para isto, duas fases devem ser realizadas, a amostragem e a medição, sendo a amostragem referente à seleção da localização, enquanto a medição estabelece a coleta dos dados em campo, determinando as coordenadas tridimensionais das localizações definidas na etapa anterior.

## Interpolação

PAVÃO et al. definem «interpolação espacial como o procedimento para se estimar valores de propriedades de locais não amostrados, baseando-se em valores de dados observados em locais conhecidos».

A interpolação espacial possui métodos que realizam a transformação de um conjunto de valores pontuais a partir de amostra de uma população, em uma superfície contínua na mesma escala dos valores da grandeza em análise .

## Interpolador IDW - Ponderação pelo Inverso da Distância

O interpolador de média ponderada pelo inverso da distância , utiliza a combinação de pontos amostrais próximos , de forma ponderada e inversamente proporcional à distância do ponto amostrado com o ponto a ser interpolado .

## Interpolador Spline

Segundo Matos , interpoladores do tipo Spline consistem em conjunto de polinômios aplicáveis individualmente a um subconjunto de observações . Este método permite a suavização da superfície, porém pode gerar picos ou depressões não existentes nos dados originais, devido a forma com que os polinômios se ajustam para gerar a superfície.

## Interpolador Vizinho Natural

O interpolador Vizinho Natural é um estimador determinístico local, pois apenas os efeitos locais são predominantes e não são realizadas inferências estatísticas sobre a variabilidade espacial do fenômeno .

## Interpolador TIN - Rede Irregular de Triângulos

Segundo Oliveira é denominada TIN uma rede triangular que corresponde a uma «estrutura topológica de dados vetoriais, no qual pontos com coordenadas planialtimétricas conhecidas são ligados por linhas formando triângulos irregulares e contíguos».

## Interpolador Topo To Raster

O interpolador Topo To Raster foi desenvolvido por Hutchinson , na Austrália e é baseado no algoritmo ANUDEM . Este modelo foi especificamente desenvolvido para gerar um MDE hidrograficamente condicionado e obter uma melhor representação da característica anisotrópica do relevo .

## Controle de Qualidade Posicional

De acordo com Egg diversos usuários utilizam-se de dados espaciais para diversas finalidades, estes dados, no entanto precisam estar acessíveis e compatíveis as necessidades relacionadas a escala e qualidade dos produtos gerados para contribuírem ao propósito empregado.

Existem vários fatores que determinam se um produto possui boa qualidade, se atende a determinadas especificações, se está dentro dos padrões exigidos; e no caso específico da representação do terreno, se o produto gerado é o mais fidedigno possível a realidade da superfície terrestre.

## Metodologia

O levantamento dos dados em campo foi realizado com a utilização do aparelho Laser Scanner terrestre 3D RIEGL modelo VZ-400, que possui as seguintes características: ângulo varredura horizontal de 360°; alcance de até 600m; distância mínima de 1,5m; acurácia de 5mm; precisão de 3mm e uma taxa de medição de até 122000 pontos/seg.

Para recobrir toda a área de interesse, foi necessário estacionar o aparelho Laser Scanner em 5 posições diferentes. Em cada posição utilizou-se do receptor GNSS Javad Triumph Ntrip para obter as coordenadas geodésicas das mesmas.

Na etapa de processamento dos dados, cada nuvem de pontos, resultante de cada posição do LST, foi registrada com as coordenadas obtidas com o receptor GNSS. Em seguida, procedeu-se a rotação das nuvens e por fim, o ajustamento das mesmas.

## Resultados

A seguir serão apresentados os resultados obtidos quanto ao processo de amostragem, interpolação e controle de qualidade posicional de acordo a metodologia proposta nesta pesquisa.

A análise da qualidade dos MDE’s gerados, foi realizada a partir do cálculo da discrepância pixel a pixel entre os MDE’s de teste e o MDE referência.

As discrepâncias são ferramentas importantes para as análises de controle de qualidade posicional, uma vez que os cálculos para classificação da acurácia posicional são realizados através dos valores das discrepâncias.

Os gráficos relacionam o número de pontos e o respectivo RMS, em metros, para os diferentes interpoladores testados. Ainda é apresentado uma linha pontilhada referente à tolerância altimétrica EP do Decreto n° 89.817, para as classes A, B e C na equidistância vertical de 1 metro entre curvas de nível. Se a curva do interpolador estiver abaixo da linha pontilhada do EP, o RMS da respectiva amostragem atende à segunda condição para classificação da acurácia posicional vertical do Decreto n° 89.817, conforme item 2.10.

## Conclusão

Mediante os resultados obtidos com a análise dos métodos de amostragem e interpolação empregados nesta pesquisa para modelagem digital de terreno utilizando dados de Laser Scanner terrestre, conclui-se que para as técnicas de amostragem o melhor grid amostral é o Sistemática Hexagonal e Triangular. Suas aplicações apresentaram resultados superiores em todos os interpoladores com exceção ao interpolador Spline. Ainda sobre as técnicas de amostragem, é possível notar que a amostragem aleatória na maioria dos casos foi o pior grid amostral.

# Caracterização hidrológica de nascentes de sub-bacias hidrográficas na região do Alto Rio Grande, MG

## Introdução

A água é um recurso natural de valor inestimável, sendo vital para qualquer atividade humana, além de ser estratégica para o desenvolvimento econômico. Entretanto, a intervenção humana de maneira exploratória e inconsequente alteram a sua dinâmica dentro do espaço territorial das bacias hidrográficas, especificamente nas áreas de recarga das nascentes . Neste contexto, a qualificação e a quantificação das águas dentro desses territórios servem de indicativos do grau de degradação de recursos naturais.

## Material e métodos

O trabalho foi desenvolvido em duas sub-bacias hidrográficas: sub-bacia do Ribeirão Lavrinha e sub-bacia do Ribeirão Marcela , com ambientes fisiográficos distintos, inseridas na Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos do Alto Rio Grande do Esta- do de Minas Gerais .

A SRL localiza-se no município de Bocaína de Minas , com área de 676 ha, predominan- temente com florestas nativas e pastagens, cujo curso d’água deságua diretamente no Rio Grande. O clima da região foi classificado em Cwb e Superúmido A, com base em metodologias de Köppen e Thorntwaite . Os Cambissolos são os solos predominantes na área , cujas características são típicas da região da

Serra da Mantiqueira, ou seja, solos pouco a moderadamente profundos, com relevo variando de on- dulado a montanhoso . De acordo com registros da estação meteoroló- gica localizada na área, há ocorrência de precipitação média anual de 1.860 mm, temperatura média anual de 17,5 C, cujos valores máximos e mínimos diários foram de 32 e 2,7 C respectivamente, ocorrendo geadas anualmente.

A SRM localiza-se no município de Nazareno , com área de 470 ha, predominantemente com Latossolos e agricultura tecnificada, cujo dreno principal, o Ribeirão Marcela, é afluente do Ri- beirão da Jaguara que deságua no reservatório da Usina Hidrelétrica de Camargos/Companhia Ener- gética de Minas Gerais . A região possui clima do tipo Cwa pela classificação Köppen, ca- racterizado como temperado, com verões quentes e úmidos e invernos secos . Baseado em registros da estação meteorológica localizada na área, a precipitação média anual é de

## Caracterização geral das nascentes

Em termos de regime de escoamento, todas as nascentes avaliadas apresentaram-se como sendo perenes . As nascentes L1, L2, L3 e L4 foram consideradas pontuais e as demais classificadas como difusas.

Caracterização morfométrica e do relevo das áreas de recarga das nascentes

Utilizando a interpretação de Mello e Silva , em termos de coeficiente de compacidade , todas as áreas de recarga apresentaram tendência à ocorrência de enchentes, em que espe- cificamente as áreas L2, L3, L4, M1, M2, M3, M4 e M5 apresentaram alta propensão a grandes cheias , enquanto as áreas L1 e L5 apresentaram tendência mediana . Com relação ao fator de forma , todas as áreas apresentaram tendência à ocorrência de enchentes, exceto a área relativa à nascente L1 , onde especificamente as áreas L3, L4, L5, M2, M3, M4 e M5 apresentam-se sujeitas a cheias , enquanto as áreas L2 e M1 apresentaram tendência mediana . Em se tratando de propensão à ocorrência de cheias, o coeficiente de compacidade indica que a área de recarga que possui a menor propensão trata-se da área L1 e adicionalmente a que apresenta maior propensão refere--se à área L3 .

## Uso e ocupação do solo das áreas de recarga

As Tabelas 3 e 4 apresentam os percentuais de uso e ocupação das áreas de recarga da SRL e SRM, respectivamente.

A nascente L2 foi a que apresentou melhores condições do ponto de vista ambiental, apre- sentando o maior percentual de mata nativa e sem intervenções diretas no ponto de afloramento d’água devido às dificuldades de acessibilidade local.

## Modelagem das vazões das nascentes

Pode-se observar que os dados tiveram alto ajuste ao modelo exponencial proposto, verificado nos valores de coeficiente de determinação .

## Rendimento específico das nascentes

Verifica-se que existem relações importantes entre as condições de uso e ocupação do solo, característica topográfica e manejo do solo com o RE das nascentes, sendo a capacidade de produção d’água por unidade de área muito variável em conformidade com cada ambiente.

## Deflúvio das nascentes

Pode-se observar que para a SRL, a área de recarga relativa à nascente L4 apresentou o maior valor de deflúvio , enquanto o menor valor foi para a área relativa à nascente L3 .

## Conclusões

Verificou-se grande variabilidade espacial e temporal das vazões das nascentes ao longo do ano de 2008.

# 

# A GIS-based approach in drainage morphometric analysis of Kanhar River Basin, India

## Introduction

Morphometry is the measurement and mathematical ana- lysis of the configuration of the earth’s surface, shape and dimension of its landforms . The morphometric analysis is done successfully through measurement of linear, aerial, relief, gradient of channel network and contributing ground slope of the basin .

A widely acknowledged principle of morphometry is that drainage basin morphology reflects various geological and geomorphological processes over time, as indicated by various morphometric studies . It is well established that the influence of drainage morphometry is very significant in understanding the landform processes, soil physical prop- erties and erosional characteristics.

The analysis of the drainage does not appear to be complete if it lacks the systematic approach towards the development of drainage basin in the area. Drainage lines of an area not only explain the existing three- dimensional geometry of the region but also help to narrate its evolutional process .

## Study area

The Kanhar River is an important tributary of the River Son. The total geographical area of the basin is 5,654 km2. It flows through the Indian states of Chhattisgarh, Jharkhand and

Uttar Pradesh . The Kanhar originates at Gidha- Dhodha on the Khudia plateau in Jashpur district of Chhattisgarh. It initially flows north forming the boundary with Garhwa district in Palamu division of Jharkhand. Thereafter, it flows for about 100 kilometres through Surguja district of Chhattisgarh.

Subsequently, it runs parallel to the Son River in Gar- hwa district and turns north-west and flowing through Sonbhadra district in Mirzapur division of Uttar Pradesh.

## Erosion surfaces of the Kanhar basin

Kanhar plain : it is the lowest area being drained by Lauwa, Kanhar, Hathinala and small tributaries of Kanhar River. The denuded hill- ocks form watersheds for the Kanhar river and its tributaries. The area may be classified as the recent most developed during tertiary orogeny.

## Upper Kanhar basin

The Upper Kanhar basin lies in the southern part of basin covering an area of about 1,499.57 km2 .

## Kanhar basin

The main tributaries of Kanhar River in this area are Sendur River, Chanan River, Kulwanti River, Rigar River, Sarsotla River, Cherra River, etc. In general, the area is flat and hilly towards western part of middle Kanhar basin and there are waterfalls of up to 30 m.

## Lower Kanhar basin

The lower Kanhar basin lies in the northern part of the basin covering an area of about 1,476.99 km2 .

## Methodology

Manual extraction of drainage network and assigning the stream order from a published Survey of India topographic map and from georeferenced satellite data for a large area is a time taking tedious exercise.

## Extraction of drainage network

The drainage network of the Kanhar basin is extracted from a series of geoprocessing tools in ARC GIS-9.3 . The output of this method is a basis for creating a stream/ drainage network grid with stream order based on Strahler 1964.

## Results and discussion

The morphometric parameters of Kanhar River basin have been calculated and the results are given in the Table 2.

## Aspect

Aspect generally refers to the direction to which a moun- tain slope faces.

## Slope

Slope analysis is an important parameter in geomorpho- logical studies for watershed development and important for morphometric analysis.

## Relative relief

Relative relief is an important morphometric variable used for the assessment of morphological characteristics of any topography Gayen et al.

## Stream order

In the present study, ranking of streams has been carried out based on the method proposed by Strahler .

## Stream number

The count of stream channels in each order is termed as stream order. As per Horton’s law of stream num- bers, ‘‘the number of streams of different orders in a given drainage basin tends closely to approximate as inverse geometric series of which the first term is unity and the ratio is the bifurcation ratio’’.

## Stream length

According to Horton , streams lengths delineate the total lengths of stream segment of each of the successive orders in a basin tend to approximate a direct geometric series in which the first term is the average length of the stream of the first order.

## Stream length ratio

Horton’s law of stream length points out that mean stream length segments of each of the successive orders of a basin tends to approximate a direct geometric series with stream length increasing towards higher order of streams.

## Bifurcation ratio

Horton considered Rb as an index of relief and dissection while Strahler opined that Rb shows only a small variation for different regions with different envi- ronments except where powerful geological control domi- nates.

## Relief ratio

Schumm states that the maximum relief to hori-zontal distance along the longest dimension of the basin parallel to the principal drainage line is termed as relief ratio.

## Elongation ratio

Elongation ratio is defined as the ratio of diameter of a circle having the same area as of the basin and maximum basin length . It is a measure of the shape of the river basin and it depends on the climatic and geo- logic types. A circular basin is more efficient in runoff discharge than an elongated basin .

## Stream frequency

Stream frequency is the total number of stream seg- ments of all orders per unit area . Reddy et al. stated that low values of stream frequency Sf indicate presence of a permeable subsurface material and low relief.

## Form factor

Horton stated form factor as the ratio of the area of the basin and square of the basin length.

## Circularity ratio

Miller stated circularity ratio is the ratio of the area of the basins to the area of circle having the same cir- cumference as the perimeter of the basin.

## Conclusion

Morphometric analysis of drainage system is prerequisite to any hydrological study. Thus, determination of stream networks’ behaviour and their interrelation with each other is of great importance in many water resources studies. Remote sensing satellite data and GIS techniques have been proved to be an effective tool in drainage delineation. Their updation in conjunction with old data- sets brings a bright picture enabling geomorphologist to infer concrete conclusion about the drainage basin. In the present paper, morphometric analysis of the Kanhar River basin, based on several drainage parameters using remote sensing satellite data and latest GIS tools for drainage analysis, has been delineated.

# Uso de indicadores morfométricos como ferramentas para avaliação de bacias hidrográficas

## Introdução

A Bacia Hidrográfica, também chamada de bacia fluvial ou bacia de drenagem, é uma compartimentação geográfica e hidrológica delimitada por divisores de água ou divisores topográficos que drena água, sedimentos e materiais dissolvidos para uma saída comum, isto é, num determinado ponto de um curso de água fluvial, também denominado de exutório da Bacia Hidrográfica .

A Bacia Hidrográfica é uma unidade de gestão territorial importante para os estudos ambientais, pois todos os componentes pertencentes a ela como geologia, geomorfologia, cobertura vegetal, clima e rios estão integrados e interligados e, portanto, qualquer alteração nesses componentes pode impactar esse ambiente .

Por isso que analisar o uso e a ocupação do solo, bem como as características morfométricas das bacias hidrográficas tem se mostrado uma das maneiras mais eficientes para a constatação de impactos no ambiente . Ainda, para Santos et al. , as características morfométricas das bacias hidrográficas são elementos essenciais para a avaliação do comportamento hidrológico e sua relação com a maximização ou minimização dos impactos ambientais.

O uso de Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas para mapear o uso e ocupação do solo bem como extrair informações morfométricas das bacias hidrográficas são fundamentais, pois auxiliam na interpretação do espaço geográfico e obtenção de informações espaciais .

## Caracterização da área de estudo

A área de estudo, denominada Bacia Hidrográfica do Rio Una, faz parte da décima Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Sorocaba e Médio Tietê e está localizada no interior do Estado de São Paulo a aproximadamente 75 km da capital do Estado de São Paulo, no Município de Ibiúna , conforme carta de São Roque SF-23-Y-C-V-2 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística .

## Uso do Solo e Cobertura Vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio Uma

O mapa de uso do solo e cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio Una foi gerado a partir da análise das imagens de satélite multiespectrais ortorretificadas do sensor SPOT 5 com resolução espacial de 2,5 metros do ano de 2010 fusionadas , cedidas pela Coordenadoria de Planejamento Ambiental da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. Para o tratamento e análise dessas imagens foi utilizado o método de classificação supervisionada multivariada de Máxima Verossimilhança presente no software ArcGIS 10.1.

Na classificação supervisionada, o analista seleciona as amostras de treinamentos que são representativas das classes a serem mapeadas, sendo que o agrupamento é feito automaticamente pelo sistema, o qual identifica as nuvens de pixels que apresentam respostas espectrais semelhantes às amostras selecionadas, no caso do classificador paramétrico MAXVER, este classifica os agrupamentos de pixels considerando a ponderação das distâncias entre as médias dos níveis digitais de classe definida na seleção .

As classes do mapa de uso do solo e cobertura vegetal da área de estudo foram divididas em Pastagens, Matas , Lagos, Edificações Urbanas, Edificações Rurais, Campos Sujos, Agriculturas de longo período e Agricultura de curto período , de acordo com os níveis I e II presentes no Manual Técnico de Uso da Terra , com exceção das áreas com edificações urbanas que foram divididas em Edificações Urbanas e Rurais de acordo com a classificação dos setores censitários presentes no Censo Demográfico de 2010 e os Campos Sujos que foram introduzidos de acordo com o mapeamento realizado por Vaeza et al. e Detoni .

## Definição das Sub-Bacias Hidrográficas do Rio Uma

O sistema de drenagem da Bacia Hidrográfica do Rio Una, que é constituído pelo curso d´água principal e seus tributários ou afluentes, foi extraído de cartas planialtimétricas do Instituto Geográfico Cartográfico na escala 1:10.000 e digitalizado no ArcGIS 10.1.

Para definir o número de Sub-Bacias Hidrográficas foi identificado, primeiramente, a ordem dos cursos da água da Bacia Hidrográfica, isto é, o grau de ramificação ou bifurcação do sistema de drenagem da Bacia Hidrográfica . Para isso, foram utilizados os critérios introduzidos por Strahler , no qual para os cursos d´água sem tributários é adotada a ordem «1», ou primeira ordem, enquanto que, os cursos de água de segunda ordem originam-se da confluência de dois cursos de água de primeira ordem, podendo ter tributários também de primeira ordem; os cursos de água de terceira ordem originam-se da confluência de dois cursos de água de segunda ordem, podendo receber tributários de segunda e primeira ordens e assim sucessivamente .

## Determinação dos parâmetros morfométricos e de aptidão do uso do solo e cobertura vegetal do IMUS

Segundo Teodoro et al. , após a delimitação das Sub-Bacias Hidrográficas é possível obter diferentes parâmetros morfométricos relacionados com a geometria e drenagem das sub-bacias hidrográficas. Alguns desses parâmetros morfométricos serão descritos a seguir e utilizados no estudo das Sub-Bacias Hidrográficas do Rio Una. Ressalta-se que todos os parâmetros morfométricos das Sub-Bacias Hidrográficas do Rio Una foram obtidos por meio de processamentos executados no ArcGIS 10.1.

Segundo Villela e Mattos , a forma superficial de uma bacia é um importante parâmetro morfométrico, pois possibilita identificar o tempo de concentração, a partir do inicio da precipitação, necessário para que toda a água dentro dos limites da Bacia Hidrográfica chega ao exutório desta.

O Ic foi adaptado para ser utilizado no cálculo do IMUS, pois o valor igual a 1 representa uma situação ruim, enquanto que, o valor igual a 0 representa uma situação boa.

O coeficiente de compacidade é a relação entre o perímetro de uma Bacia Hidrográfica e a circunferência de um círculo de área igual ao da Bacia Hidrográfica. Segundo Villela e Mattos , esse coeficiente é um número adimensional que varia com a forma da Bacia Hidrográfica e indica a susceptibilidade da mesma à enchentes, uma vez que, quanto mais próximo o valor de Kc de 1, mais circular é a Bacia Hidrográfica e, consequentemente, mais suscetível a enchentes, entretanto, quanto maior o valor de Kc, mais alongada é a Bacia Hidrográfica e menor é a susceptibilidade à enchente.

A forma da Bacia Hidrográfica, bem como a forma do sistema de drenagem, pode atuar sobre alguns processos hidrológicos e também no comportamento hidrológico. Para interpretar a forma da bacia, utiliza-se o fator de forma que relaciona a forma da Bacia Hidrográfica com a de um retângulo, correspondendo à razão entre a largura média e o comprimento axial da Bacia Hidrográfica .

Segundo Mello e Silva , as bacias hidrográficas que apresentam valor de Kf no intervalo de 0,75 a 1 apresentam alta propensão a grandes enchentes, enquanto que, bacias hidrográficas com valores abaixo de 0,50 apresentam tendência a conservação, não sujeita a enchentes. Visto isso, os valores de Kf foram escalonados e classificados segundo a Equação para que seus valores variem de 0 a 1, onde o valor 1 representa as bacias hidrográficas com tendência a conservação e 0 as bacias hidrográficas com propensão a grandes enchentes.

Rugosidade foi determinado pela multiplicação da declividade média encontrada em cada ponto da sub-Bacia Hidrográfica, como propõe a formulação original, pelo valor numérico da densidade de drenagem, como pode ser visto pela Equação .

Quanto maior for o valor do RN, maior o risco de erosão. Em função disso, Rocha e Kurtz estabeleceu quatro classes de coeficientes, conforme a Tabela 1.

Para calcular o Índice do Coeficiente de Rugosidade Adaptado para cada sub- Bacia Hidrográfica para compor o IMUS foi considerado a relação entre as áreas em conformidades de uso e ocupação do solo com o uso potencial do solo pela área total da sub-Bacia

Para definição dos intervalos de domínios das classes de RN’s, iniciou-se com a classe inferior, a fim de incluir o menor valor de RN, após isso, acrescenta-se o valor do intervalo de classe , definindo-se deste modo o limite superior do intervalo.

A classe de uso do solo e cobertura vegetal mais presente ao longo da Bacia Hidrográfica é de matas , que corresponde aproximadamente a 41% da área de estudo, o que indica que a Bacia Hidrográfica está bem preservada. Porém, a área ocupada por agricultura de curto período é relativamente alta e corresponde a aproximadamente 23% da área de estudo, indicando que a Bacia Hidrográfica é predominantemente rural e está sujeita a processos erosivos devido à rotatividade de culturas em expor o solo a processos erosivos de origem hídrica.

A classe de área urbana corresponde a aproximadamente 3% da área de estudo e indica que os impactos provenientes das atividades humanas desenvolvidas em centros urbanos são relativamente baixos, uma vez que, a população urbana do município é pequena e uma parte considerável dessa área está localizada em outra Bacia Hidrográfica.

A Tabela 3 apresentam as classes de uso do solo e cobertura vegetal presentes em cada sub- Bacia Hidrográfica em porcentagem, o que possibilita caracterizar cada sub-Bacia Hidrográfica quanto às atividades predominantes em seus limites e associar aos indicadores morfométricos da área de estudo como no caso do coeficiente de rugosidade que trata da aptidão do uso do solo.

Ao analisar a Tabelas 3 percebe-se que as Sub-Bacias Hidrográficas 6 e 8 são as que apresentam a maior taxa de ocupação por culturas temporárias com aproximadamente 40% de suas áreas ocupadas e, provavelmente, são as mais susceptíveis a erosão. Percebe-se, também, que a Sub-Bacia Hidrográfica é a que apresenta a menor taxa de ocupação por matas , resultado das atividades antrópicas para a geração de alimentos.

As Sub-Bacias Hidrográficas mais preservadas são a 10 e a 11 com aproximadamente 54% de seus territórios ocupados por matas, entretanto, apresentam altas taxas de ocupação por pastagens em comparação com as outras sub-bacias hidrográficas, com exceção para as Sub-Bacias Hidrográficas de número 7 e 9. Portanto, as Sub- Bacias Hidrográficas 10 e 11 são a princípio as menos propensas a processos erosivos e degradação dos recursos hídricos, pois apresentam uma boa parte de seus territórios cobertos por área florestal.

A Bacia Hidrográfica do Rio Una apresenta o curso de água principal classificado como de quinta ordem, isto é, o Rio Una é de quinta ordem, portanto, as Sub-Bacias Hidrográficas presentes na área de estudo apresentam seus cursos de água principal classificados como de 4 ordem ou 5 ordem.

De acordo, com a metodologia adotada foi possível identificar 11 Sub-Bacias Hidrográficas na área de estudo como pode ser visualizado na Figura 3 que apresenta, além dos limites das sub- bacias hidrográficas, a ordem de todos os cursos de água segundo a classificação proposta por Strahler .

Os cursos de água presentes na Bacia Hidrográfica do Rio Una possuem uma extensão total 277,09 km. Como esta Bacia Hidrográfica tem uma área de aproximadamente 96,5km², calculou- se a sua Densidade de Drenagem que equivale a 2,9km/km², o que indica, segundo Beltrame , a uma Bacia Hidrográfica com alta densidade de drenagem, enquanto que, o curso de água principal tem aproximadamente 27,7km de extensão.

## Ocupação para as Sub-Bacias Hidrográficas do Rio Una.

Todos os valores estão acima de 0,54, porém há poucas Sub-Bacias Hidrográficas com valores acima de 0,8, isto é, com valores desejáveis. A região nordeste foi a que apresentou os menores valores, influenciada especialmente pelos valores do 𝐼𝐶𝑅𝑎𝑑 e do 𝐾𝑓𝑎𝑑 em menor intensidade.

## Conclusão

Os valores obtidos para os indicadores morfométricos demonstram que a bacia apresenta características físicas desejáveis quanto a vulnerabilidade a processos erosivos, entretanto, o uso e ocupação do solo da Bacia Hidrográfica contrasta com a aptidão calculada na região nordeste da bacia apresentando baixos valores, o que refletiu no valor final do IMUS.