

**ANÁLISE FISIAGRÁFICA COMO SUBSÍDIO AO ESTUDO DA
SUSCETIBILIDADE EROSIVA EM BACIAS HIDROGRÁFICAS**

FISIOGRAPHIC ANALYSIS AS A SUBSIDY TO THE STUDY OF EROSIVE
SUSCEPTIBILITY IN HYDROGRAPHIC BASIONS

ANÁLISIS FISIAGRÁFICO COMO SUBSIDIO AL ESTUDIO DE LA
SUSCEPTIBILIDAD EROSIVA EN LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS.

Elaine Lima da Fonseca
Universidade Federal de Rondônia
fonsecaelaine@gmail.com

Eliomar Pereira da Silva
Universidade Federal de Rondônia
eliomarfilho@uol.com.br

Resumo: Bacia Hidrográfica é uma importante unidade espacial utilizada para gerenciar as atividades de uso e a conservação dos recursos naturais e a análise morfométrica serve como referencial para o planejamento e gestão. Com base no exposto, objetivou-se a análise fisiográfica do relevo e da rede de drenagem das sub-bacias do município de Colorado do Oeste-RO, a fim de subsidiar o planejamento do uso e ocupação do solo, além de fornecer diretrizes básicas para a gestão do recurso hídrico e qualificação de possíveis alterações ambientais. O método utilizado se pautou na identificação dos parâmetros lineares, areais e hipsométricos. Os procedimentos metodológicos se basearam na hierarquização da rede de drenagem a partir de Modelos Numéricos de Terreno em *software* de SIG. Identificou-se que os canais são dentríticos, com tendência a ser retilíneos, a forma da bacia é alongada com baixa densidade de drenagem e canais que apresentam forte dissecação. O gradiente médio dos canais indica caimento suave e de baixa declividade, com topografia suscetível à erosão ao apresentar textura topográfica grosseira. As vertentes são íngremes e longas, e curva hipsométrica indica que mais da metade das áreas das sub-bacias se encontram em altas altitudes.

Palavras-chave: Análise areal, análise linear, análise hipsométrica.

Abstract: Hydrographic basin is an important spatial unit used to manage activity usage and the conservation of natural resources and the morphometric analysis serves as a reference for planning and management. Based on the above, the objective was the physiographic analysis of relief and drainage network of the sub-basins of the city of Colorado do Oeste-RO in order to support the planning of land use and occupation, in addition to providing basic guidelines for the management of water resources and qualification of possible environmental changes. The method used was based on the identification of linear parameters, sand and hypsometric. The methodological procedures were based on the hierarchy of the drainage channels from Numerical Models of Land in SIG software. It was identified that the channels are dendritic, with a tendency to be rectilinear, the form of the drainage-basin elongated with low density and drainage and channels that have strong dissection. The average gradient of channels indicates a soft fall and low declivity, with topography susceptible to erosion by presenting gross topographic texture. The slopes are steep and long, and the hypsometric curve indicates that more than half of the areas of the sub-basins are at high altitudes.

Keywords: areal analysis, linear analysis, hypsometric analysis.

Resumen: Cuenca hidrográfica es una importante unidad espacial utilizada para administrar las actividades de utilización y la conservación de los recursos naturales y el análisis morfométrico sirve como referencial para la planificación y gestión. Con base en lo expuesto, se buscó el análisis fisiográfico del relieve y de la red de drenaje de las subcuenca del municipio de Colorado do Oeste-RO, a fin de promover la planificación de utilización y ocupación del suelo, además de fornecer directrices básicas para la gestión del recurso hídrico y cualificación de posibles alteraciones ambientales. El método utilizado se basó en la identificación de los parámetros lineares, arréales e hipsométricos. Los procedimientos metodológicos se basaron en la jerarquización de la red de drenaje a partir de Modelos Numéricos de Terreno en software de SIG. Se constató que los canales son dendríticos, con tendencia a ser rectilíneos, la forma de la cuenca es alargada con baja densidad de drenaje y canales que presentan rápido proceso de sequía. El gradiente medio de los canales indica bajada suave y de baja declividad, con topografía susceptible a la erosión al presentar textura topográfica espesa. Las vertientes son íngrimas y largas, y la curva hipsométrica indica que más de la mitad de las áreas de las subcuencas se encuentran en altas altitudes.

Palabras-llave: Análisis arréal, análisis linear, análisis hipsométrica.

INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica (BH) ou bacia de drenagem é formada pelo conjunto de canais fluviais, delimitados por terrenos adjacentes mais elevados, os quais formam uma rede de drenagem constituída por diversos tributários e um rio principal, estes canais drenam terras desde suas nascentes, terrenos mais elevados, carreando sedimentos em suspensão de fundo e substâncias orgânicas e inorgânicas dissolvidas para o canal principal (CASTRO; CARVALHO, 2009).

Pissara et al. (2004) cita, ainda, que BH é uma importante unidade espacial utilizada para gerenciar as atividades de uso e a conservação dos recursos naturais. No Brasil, o conceito BH foi instituído pela Lei Nº 9.433/1997 como unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, com o objetivo de assegurar a necessária disponibilidade de água, a utilização racional e a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado.

A morfometria é um tipo de avaliação quantitativa que revela indicadores físicos específicos de forma a qualificar as alterações ambientais que ocorreram e/ou ocorrem. Esses parâmetros servem como referencial para o planejamento ambiental e auxilia na tomada de decisão nos projetos de gestão dos recursos hídricos por corresponder a um conjunto de procedimentos que caracteriza os aspectos geométricos e de composição dos sistemas ambientais (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Desse modo, os estudos relacionados aos cursos fluviais por meio de métodos sistêmicos e racionais como parâmetros quantitativos levam ao esclarecimento de várias questões acerca da morfogênese e morfodinâmica da paisagem (IBGE, 2009). Segundo Antonelli; Thomaz (2007), a combinação dos diversos dados morfométricos permite a diferenciação de áreas homogêneas, além da sua importância nos estudos sobre vulnerabilidade ambiental e nos indicadores para gestão ambiental.

Com base no exposto, objetivou-se realizar a análise dos parâmetros morfométricos das sub-bacias existentes no município de Colorado do Oeste/RO, a fim de que possam subsidiar a compreensão da suscetibilidade aos processos erosionais.

Área de estudo

O município de Colorado do Oeste possui uma área de 1451,50 km², localiza-se ao sul do Estado de Rondônia, aproximadamente 700 km da capital Porto Velho (Figura 1). Esta

cidade está localizada nas coordenadas 13°07'14" de latitude sul e 60°32'37" de longitude oeste.

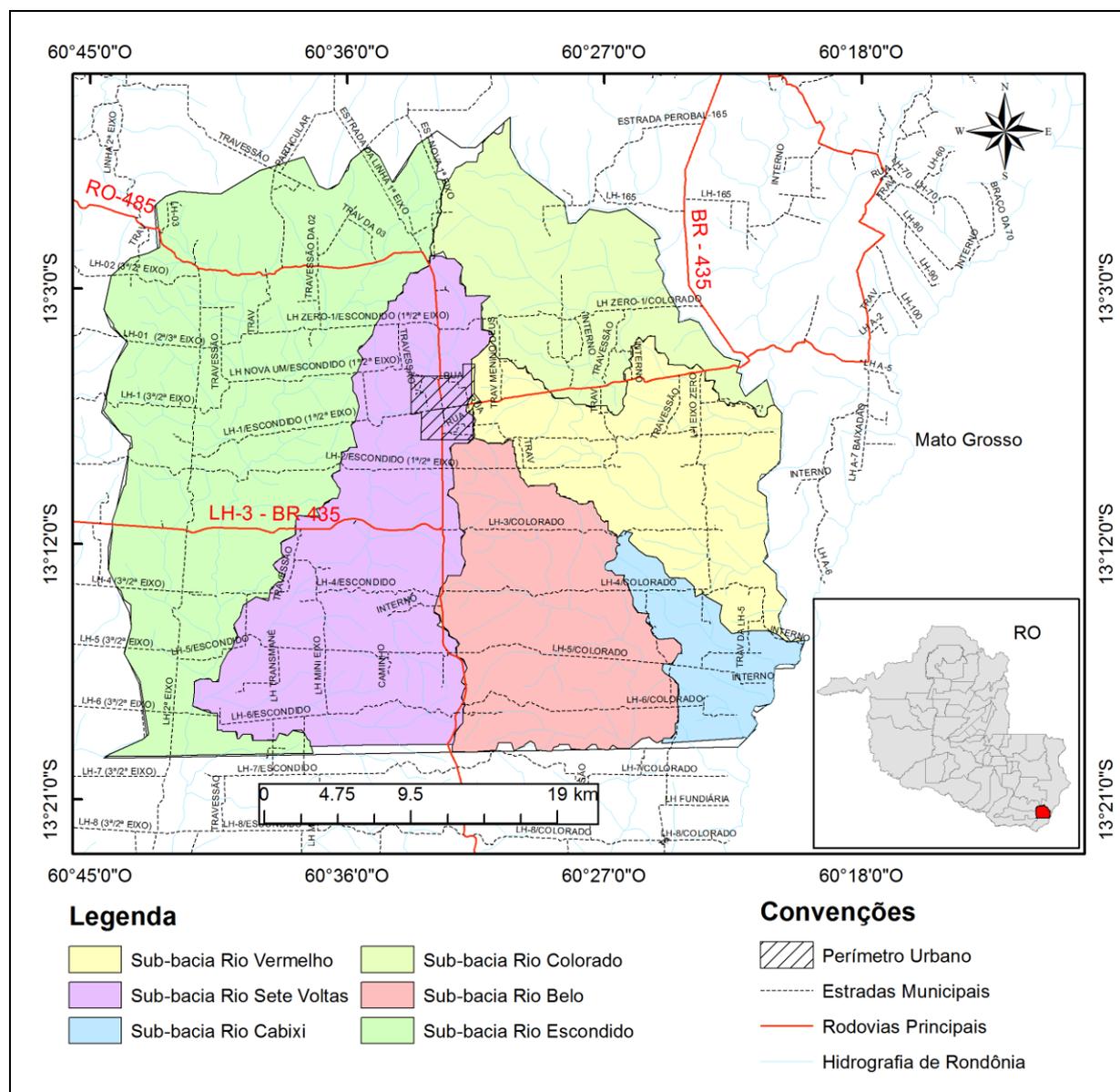


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo

O município abrange terras das sub-bacias do rio Belo, Cabixi, Colorado, Escondido, Sete Voltas e Vermelho. As altitudes variam de 203 m, nos vales mais dissecados no extremo sudoeste do município, até 574 m, cota mais elevada, a nordeste do município que se estende até o sul, sendo, portanto, é este o divisor de águas que separa as três maiores sub-bacias nível 06 de acordo com Agência Nacional de Água (ANA).

O clima da região é do tipo Aw, tropical chuvoso, com duas estações bem definidas uma chuvosa (outubro a abril) e a outra seca (maio a setembro), segundo a classificação de

Köppen. A temperatura média anual é de 24°C, a máxima de 36°C e a mínima de 12°C, com precipitações superiores a 2.200 mm anuais (LIMA et al. 2011).

O substrato geológico do município é constituído em sua maioria por rochas sedimentares e vulcanossedimentares de grau metamórfico baixo a médio, resultante do período Mesoproterozóico e uma pequena porção formada por sedimentos arenosos do Pleistoceno da era Cenozóica. Conferindo a essa região a predominância da classe de solos denominadas Argissolos.

Os solos desta classe têm como característica marcante o aumento de argila do horizonte superficial A para o subsuperficial B que é do tipo textural (Bt). A profundidade dos solos é variável, mas em geral são pouco profundos e profundos (IBGE, 2007). E, em menor representatividade, os Latossolos Vermelho-Amarelo Distrófico de textura argilosa ou muito argilosa e os Cambissolos.

A forma de relevo é basicamente de planaltos e depressões em especial, o planalto do Parecis que se configura como o mais extenso divisor de águas das bacias Amazônica e Platina (MOREIRA; VASCONCELOS 2007), e a depressão do Rio Guaporé mais ao sul que faz parte da Depressão Marginal Sul Amazônica, marcado por formas de relevo de topos levemente convexizados e presença de relevo residuais.

A vegetação é classificada como Floresta Estacional Semidecidual Aluvial e Submontana (IBGE, 2012). A Floresta Estacional Semidecidual está condicionada à dupla estacionalidade climática. É constituída por fanerógamos com gemas foliares protegidas da seca por escamas, tem folhas esclerófilas decíduais (CARVALHO, 2010). O conceito ecológico deste tipo florestal é estabelecido em função da ocorrência de clima estacional que determina semideciduidade da folhagem da cobertura florestal. Além da presença de cerrado na região norte do município.

MATERIAL E MÉTODOS

A delimitação espacial das sub-bacia foi realizada a partir de imagens *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) com a extensão Hidrologia do ArcGIS 10.2.2, utilizando as cartas SD-20-X-B e SD-20-X-D disponibilizadas pela Embrapa Relevo e, adotando escala de trabalho de 1:250.000.

Após a extração da rede de drenagem, realizou-se ordenação dos canais cujos rios de primeira ordem correspondem às nascentes e o volume de água é baixo, os rios de segunda ordem correspondem à junção de dois rios de primeira ordem e, os rios de terceira ordem, a junção de dois de segunda ordem, e, assim sucessivamente, formando uma hierarquia

(CASTRO; CARVALHO, 2009), aplicando, para tanto, a metodologia proposta por Strahler (1957).

A análise morfométrica foi obtida por meio de equações aritméticas seguindo o modelo proposto por Christofletti (1980) que se divide em: análise linear da rede de drenagem, compreendendo as medições efetuadas ao longo das linhas de escoamento; análise areal da bacia hidrográfica, englobando vários índices que utilizam medições planimétricas, além das lineares; e análise hipsométrica, compreendendo a distribuição altimétrica da bacia.

Os parâmetros morfométricos empregados foram:

- Forma da bacia obtida a partir do coeficiente de compacidade (K_c) calculado por meio de divisão da área da sub-bacia (km^2) pelo comprimento do eixo (km) ao quadrado, o valor de K_c é sempre > 1 e quanto menor o índice mais circular é a bacia, e maior a tendência de haver picos de enchente.
- Fator de forma (F_f) calculado a partir da relação entre o perímetro da bacia e a circunferência do círculo, cuja área é igual à da área de drenagem da bacia.
- Relação de bifurcação (R_b) é o resultado da divisão do número de canais de uma dada ordem, pelo número de canais de ordem imediatamente superior.
- Relação dos comprimentos (R_{lm}) é resultado da média dos comprimentos dos rios de uma certa ordem, pela média dos comprimentos dos rios de ordem imediatamente inferior.
- Densidade de drenagem (D_d) obtida pelo comprimento total dos cursos d'água dividido pela área da bacia.
- Densidade de rio (D_r) pela divisão entre número de confluências ou bifurcações apresentadas pela rede de drenagem e a área da bacia.
- Extensão média do escoamento superficial (ℓ) dada como a distância média que a água da chuva teria que escoar sobre os terrenos de uma bacia, caso o escoamento se desse em linha reta.
- Coeficiente de manutenção dos canais (C_m) é uma constante, tem dimensão de comprimento e aumenta em magnitude conforme a área de contribuição aumenta.
- Sinuosidade do curso d'água (I_{sin}) é determinada pela relação do comprimento do rio principal e o comprimento de um talvegue, que seria o seu comprimento reto medido a partir do fundo do seu leito.
- Gradiente do canal principal (G) é o resultado da diferença entre a cota da nascente e a cota da desembocadura, dividida pelo comprimento do canal principal.

- Declividade da bacia foi mensurada por meio da amplitude altimétrica máxima (Hm).
- Índice de rugosidade (Ir) é um valor adimensional do produto da diferença máxima de altitude dentro de uma bacia pela sua densidade de drenagem. Este índice combina as qualidades da declividade e o comprimento das vertentes com a densidade de drenagem e resulta da multiplicação entre a amplitude altimétrica e a densidade de drenagem.
- Relação de relevo (Rr) também um índice adimensional resultado da divisão da amplitude topográfica máxima (m) e o comprimento da bacia (m).
- Textura topográfica (Tt) determinada pela equação: $\log Tt = 0,219649 + 1,115 \log Dd$, onde Dd corresponde a densidade de drenagem.
- Curva hipsométrica por meio da representação gráfica das variações de altitude em relação à área.

Para melhor compreensão da relação entre os parâmetros morfométricos e a suscetibilidade dos processos erosivos foi realizado o mapeamento de uso e ocupação do solo, da cobertura vegetal e geomorfologia do município, a partir de informações do Zoneamento Socioeconômico Ecológico de Rondônia e dos dados do Serviço Geológico do Brasil para o Estado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

1. Mapeamento das sub-bacias

A distribuição das classes de uso e ocupação do solo encontra-se na tabela 1.

Tabela 1: Classes de uso e ocupação do solo de Colorado do Oeste.

Classes	Km²	%
Vegetação Natural	295,69	21,04
Agricultura	21,25	1,51
Cerrado	41,92	2,98
Corpos Hídricos	60,02	4,27
Perímetro urbano	10,23	0,73
Pastagem	976,17	69,46
Total	1.405,29	100,00

Adaptado de Nogueira (2016).

As sub-bacias existentes no município de Colorado do Oeste são predominantemente ocupadas por pastagens. A pecuária de corte e leite é a principal fonte de renda, ocupando aproximadamente 70% da área do município. A agricultura é destinada ao cultivo de lavouras anuais, especialmente soja, arroz e milho safrinha que se concentram a sudoeste do município.

Os corpos hídricos referem-se aos canais existentes, além das represas formadas pelas Pequenas Centrais Hidrelétricas – PCHs totalizando 03 unidades que se concentram na sub-bacia do rio Escondido. A área ocupada com cerrado localiza-se a noroeste da cidade. A vegetação nativa encontra-se intensamente fragmentada e se distribui em apenas 21% do território.

O mapeamento geomorfológico está apresentado nas figuras 2.

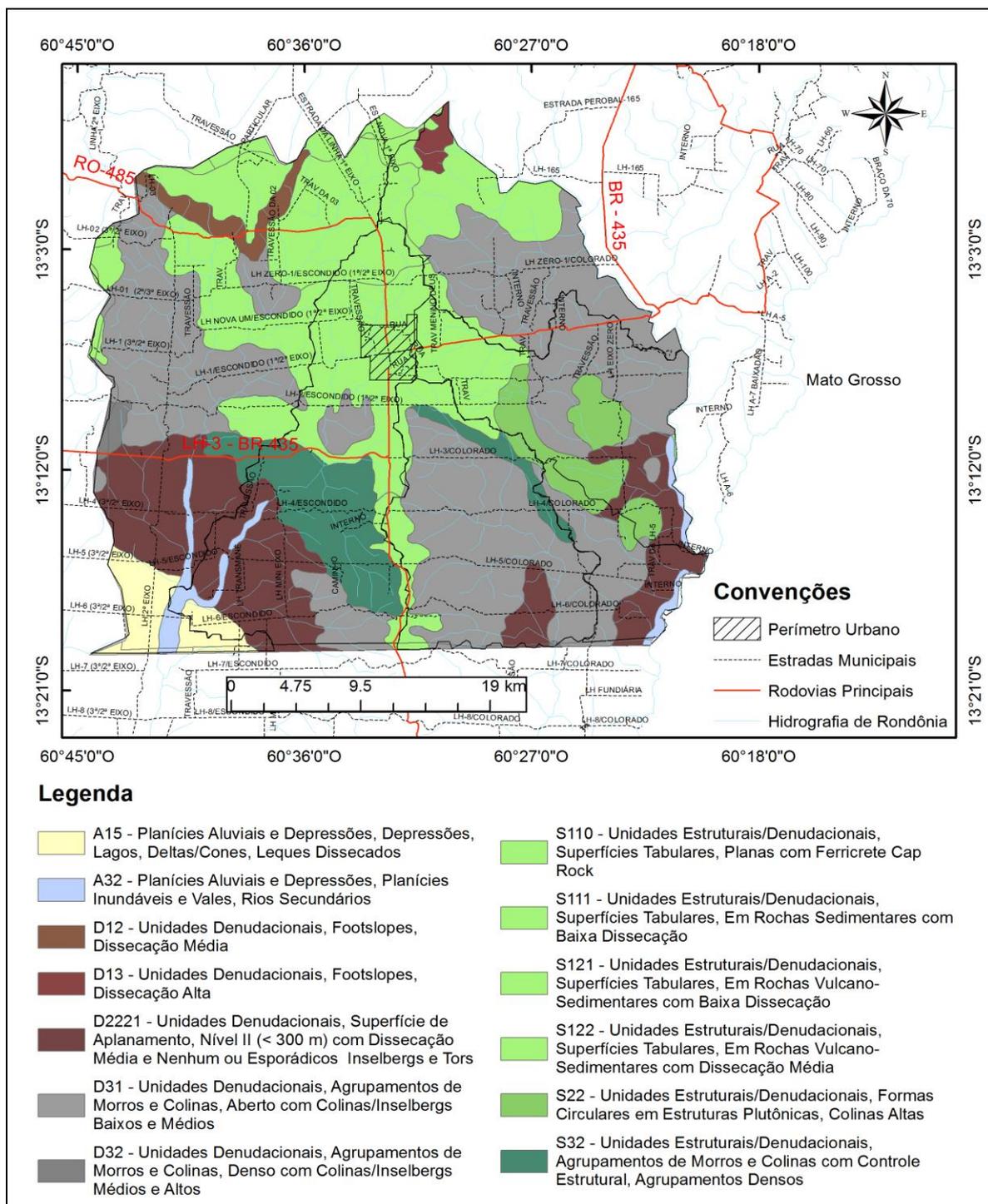


Figura 2. Mapa de geomorfologia do município de Colorado do Oeste
Fonte: PLANAFLORO/RO (2002)

Os percentuais de participação de cada classe encontram-se na tabela 2.

Tabela 2. Participação das classes geomorfológicas de Colorado do Oeste

Classes de geomorfologia	km²	%
A15	39.71	2.73
A32	24.15	1.66
D12	20.52	1.41
D13	8.09	0.55
D2221	206.10	14.20
D31	537.72	37.06
D32	6.47	0.44
S110	34.38	2.37
S111	51.97	3.58
S121	276.21	19.03
S122	90.40	6.23
S22	59.66	4.11
S32	96.07	6.62
Total	1450.83	100

Colorado do Oeste possui 96% de seu território ocupado por unidades geomorfológicas denudacionais, ou seja, a superfície está submetida a um conjunto de processos que levam ao rebaixamento sistemático. O condicionamento natural aos efeitos erosivos, dadas as formas do relevo que a compõem como *inselbergs* baixos e médios, *footslopes* e superfícies tabulares, aumenta a fragilidade da região.

Aproximadamente 37% do município é formado por: Unidades Denudacionais, Agrupamentos de Morros e Colinas, Aberto com Colinas/*Inselbergs* Baixos e Médios. Segundo os dados do Zoneamento Socioecológico de Rondônia, essas áreas representam relevos residuais, associado a diferentes embasamentos litológicos e não possuindo controle estrutural evidente. Este sistema apresenta-se como uma área de colinas e morros dissecados pela ação fluvial, conformando um relevo muito dissecado, circundado por áreas aplanadas. Localmente recebem denominação de serras, em função de desníveis de até 150 metros.

De uma maneira geral, o relevo é marcado por formas de topos levemente convexizados e presença de relevo residuais de topo plano e de morros e colinas abertas. Tais características topográficas influenciam na dinâmica de velocidade das águas de superfície e subsuperfície nas encostas, que em associação aos índices pluviométricos elevados, fomentam o surgimento e a expansão dos processos erosionais observados no município.

A cobertura vegetal da região está representada na figura 3, e sua distribuição por classe encontra-se na tabela 3.

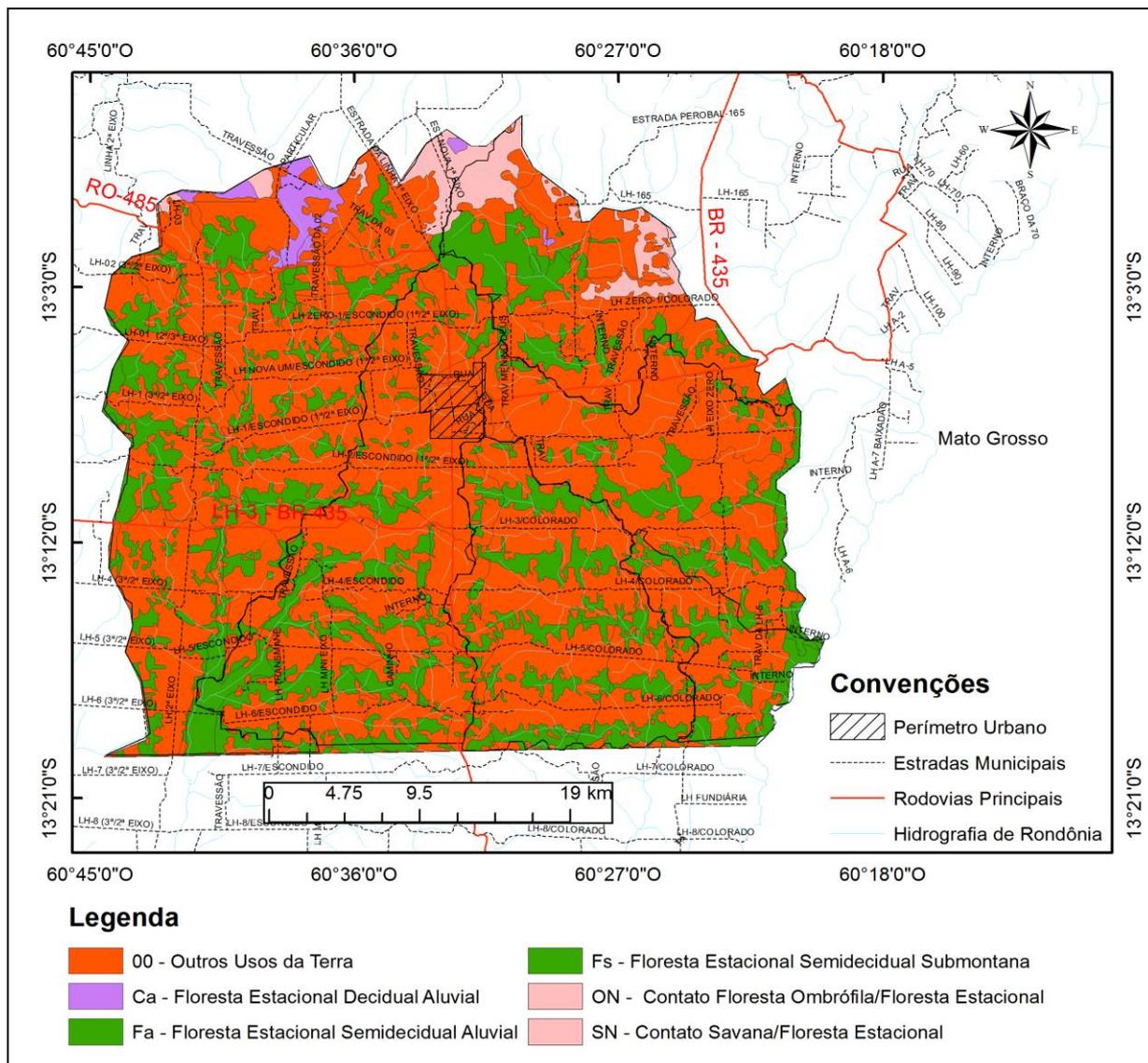


Figura 3. Mapa de cobertura vegetal de Colorado do Oeste
 Fonte: PLANAFLORO/RO (2002)

Tabela 3. Descrição da participação da cobertura vegetal em Colorado do Oeste

Classes	KM2	%
OO	1015.02	69.96
Ca	16.79	1.15
Fa	70.35	4.84
Fs	303.18	20.89
ON	2.13	0.14
SN	43.29	2.98
Total	1450.78	100

Com base no Zoneamento do Estado, a savana arborizada são áreas densamente povoadas por elementos arbóreos formando ilhas ou aglomerados. Somando-se então ao

estrato arbustivo, esta categoria corresponde à forma típica de cerrado. A Floresta Estacional Semidecidual Aluvial forma matas ciliares que ocorrem associadas nas margens dos rios. A Floresta Estacional Semidecidual Submontana cresce em solos rasos e rochosos, geralmente argissolos, nas encostas e planaltos de serras muito antigos. As áreas de contato caracterizam-se pela ocorrência conjunta de espécies e feições em mosaico de florestas.

Colorado do Oeste é composto predominantemente por outros usos da terra com representação de 69,96% no ano de 2015. De acordo com os dados do Planaflo (2002), outros usos da terra são áreas antropizadas que correspondem à vegetação secundária, onde houve intervenção humana para o uso da terra, seja com finalidade mineradora, agrícola ou pecuária, descaracterizando a vegetação primária.

São áreas formadas principalmente por pastagens com graus diversos de degradação. Ocorrem desde capim extremamente degradados com baixa altura de forragem, baixa população, presença de invasoras e cupins, alta pressão de pastejo e má formação do pasto, até pastagens não degradadas com bom vigor vegetativo, boa qualidade de forragem, baixa presença de invasoras, área piquetiada, irrigação e adubação de reposição (NOGUEIRA, 2016).

Concomitante à existência de pastagens degradadas, observa-se a formação de processos erosionais, cuja suscetibilidade está relacionada à perda da proteção natural do solo, que tem a função de amenizar o impacto das gotas de chuvas, permitir a maior taxa de infiltração e reduzir a quantidade e a velocidade das enxurradas.

2. Descrição dos parâmetros morfométricos

A delimitação automática de vertentes constatou que o município apresenta duas sub-bacias de terceira ordem: sub-bacia do rio Cabixi e rio Vermelho com 20 e 76 canais respectivamente; duas sub-bacias de quarta ordem: sub-bacia do rio Belo e rio Sete Voltas com 64 e 81 canais; e duas de quinta ordem: sub-bacia do rio Colorado e rio Escondido com 90 e 215 canais, totalizando 06 sub-bacias.

A drenagem é dendrítica em um sistema exorréico, composta, em sua maioria, por canais de 1ª ordem (67,39%) e grande parte fluem diretamente para o rio principal. São pequenos e apresentam pouca vazão, suscetíveis, portanto, a pressão antrópica podendo deixar de existir com o manejo inadequado das atividades agropecuárias e com a ausência de mata ciliar.

Os canais de 1ª ordem exercem papel ecológico importante nas sub-bacias de Colorado do Oeste por regularem tanto a quantidade como a qualidade da água disponível nos

rios das ordens subsequentes. Nesse sentido, Pires et al. (2002) afirmam que esses canais controlam as inundações, regulam as enchentes e vazantes do rio principal, além de promover o seu abastecimento.

O comprimento médio dos canais por ordem estão disponíveis na figura 4.

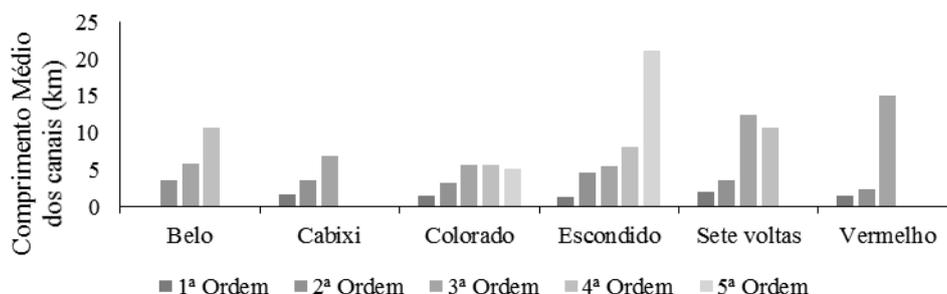


Figura 4. Comprimento médio dos canais das sub-bacias de Colorado do Oeste.

Os canais de 1ª ordem possuem comprimento inferior a 05 km. Em média, possuem 1,58 km de comprimento, indicando que estes percorrem grandes distâncias para encontrar outro canal e assim passar a ordem subsequente.

Na tabela 4, estão relacionados os dados referentes à análise da relação de bifurcação; relação entre os comprimentos médios dos canais e extensão do percurso superficial.

Tabela 4. Análise areal das sub-bacias do município de Colorado do Oeste

Ordem	Belo	Cabixi	Colorado	Escondido	Sete Voltas	Vermelho
	Valor de R_b					
1ª	4,36	5,33	4,18	6,16	4,50	5,72
2ª	2,75	3	4	3,60	4,66	5,5
3ª	4	-	2	2,5	3	-
4ª	-	-	2	2	-	-
5ª	-	-	-	-	-	-
Valor de R_{lm}						
1ª	-	-	-	-	-	-
2ª	0,51	0,39	0,48	0,54	0,39	0,28
3ª	0,61	0,63	0,45	0,32	0,76	1,18
4ª	0,45	-	0,48	0,59	0,28	-
5ª	-	-	0,45	1,29	-	-

R_b = relação de bifurcação; R_{lm} = relação entre os comprimentos médios de canais;

As sub-bacias apresentam alto valor de R_b em todas as ordens analisadas, isso significa que a maior parte dos canais apresenta forte dissecação. Segundo Silva et al. (2007),

o valor desse parâmetro é maior para áreas amorreadas com bacias de drenagem muito dissecadas com Rb de 3 a 4, e em áreas colinosas somente 2. As informações referentes Rb estão consoantes ao observado na figura 2 sobre os aspectos geomorfológicos da região.

Os valores obtidos indicam que a maioria dos canais estão presentes em áreas em que há relevo com intensa ação dos agentes erosivos como o clima (temperatura, umidade, chuva, fenômenos elétricos, vento e etc.), animais e o homem. O menor valor de Rb ($Rb = 2$) obtido na 4ª ordem na sub-bacia do Rio Colorado e Escondido indica que boa parte do rio principal está localizada em áreas onde o relevo é menos acidentado, com menores amplitudes altimétricas e com menor intensidade dos processos erosivos.

A fragilidade natural está associada ao intenso trabalho dos agentes erosivos, exigindo maiores cuidado em relação ao tipo de cobertura vegetal e com as atividades desenvolvidas a fim de evitar os fenômenos da perda de solos.

O valor de Rb é também indicador do formato das sub-bacias. Strahler (1964) constatou que onde há valores extremamente altos podem ser esperados em regiões de vales rochosos escarpados e vão sugerir bacias alongadas e geralmente apresentam numerosos tributários de pequena extensão (WISLER; BRATER, 1964 apud BORSATO; MARTONI, 2004).

As sub-bacias do rio Escondido e Vermelho apresentaram relação entre os comprimentos médios dos canais acima de 01. Quanto menor o valor apresentado para Rlm , maior é o comprimento dos canais da ordem inferior. Essa relação tende a apresentar valores que crescem progressivamente ou que diminuem com o aumento da classe hierárquica.

Contudo, as sub-bacias não apresentaram progressão indicando que o número de canais de uma ordem para ordem subsequente apresenta queda, característico de bacias alongadas. Nesse sentido, Borsato; Martoni (2004) apresentaram resultados que também não obtiveram aumento segundo essa progressão, dada a tendência de a bacia ser mais longa e estreita.

Os valores do gradiente do canal principal, índice de sinuosidade e extensão do percurso superficial, estão descritos na tabela 5.

Tabela 5. Parâmetros linear das sub-bacia hidrográficas de Colorado do Oeste

Parâmetro	Valor					
	Belo	Cabixi	Colorado	Escondido	Sete Voltas	Vermelho
G (%)	0,85	0,62	0,68	0,66	0,64	0,35
$Isin$	0,83	1,30	1,33	1,14	1,26	1,21

ℓ (km)	0,71	0,75	0,72	0,76	0,75	0,84
Comp. canal principal (km)	18,31	18,66	32,88	48,06	42,06	28,87

G = Gradiente do canal principal; I_{sin} = Índice de sinuosidade; ℓ = Extensão do percurso superficial

O valor de G médio das sub-bacias foi de 0,63%. De uma forma geral, o município apresenta caimento suave e de baixa declividade, sendo este um parâmetro hidrológico importante, especialmente para as bacias pequenas porque a declividade é a principal reguladora da velocidade do escoamento superficial.

Os valores máximo e mínimo para gradiente de canal foram obtidos pela sub-bacia do rio Belo (0,85) e sub-bacia do rio Vermelho (0,35) respectivamente. Particularmente indica que as diferentes sub-bacias de Colorado do Oeste necessitam de manejos distintos.

Contudo, considerando apenas o G e as classes de declividade da sub-bacia, composta em sua maioria por relevo suave e suave ondulado (Tabela 6), há uma tendência de redução da velocidade no deslocamento do fluxo de água.

Tabela 6. Distribuição das classes de declividade em porcentagem

Declividade (%)	Relevo	km ²	%
0 – 3	Suave	70.35	21.16
3 – 8	Suave ondulado	157.77	47.45
8 – 20	Ondulado	85.78	25.80
20 – 45	Forte ondulado	18.18	5.46
45 – 75	Montanhoso	0.34	0.10

O I_{sin} médio para o município foi de 1,17, indicando que os rios principais que compõem as sub-bacias possuem a tendência a ser retilíneo. De acordo com Riccomini et al. (2000), canais que apresentam índices de sinuosidade superior ou igual a 1,5 são considerados meândricos. Feitosa et al. (2011) afirma ainda que o I_{sin} próximo a 1 indica que os canais tendem a serem retilíneos, já os valores superiores a 2,0 indicam que os canais tendem a ser tortuosos e os valores intermediários indicam formas transicionais, regulares e irregulares.

Os canais que apresentam tendências retilíneas têm capacidade de transportar carga em suspensão ou mista em uma velocidade maior. Essa capacidade maior de transporte de sedimento aliada à falta de vegetação natural ao longo do curso de água pode resultar no assoreamento do canal por sedimentos oriundos das vertentes ocupadas, em sua maioria, por atividades agropecuárias e, conseqüentemente, haver redução na vazão dos rios.

Contudo, os canais retilíneos são capazes de promover a diminuição da capacidade de inundação por promover o rápido escoamento superficial, previsto também na análise do índice forma e da extensão do percurso da água na superfície.

A sub-bacia do rio Belo apresentou o menor valor de I_{sin} (0,83), logo os tributários que compõem a rede hidrográfica são mais retilíneos que os demais tributários encontrados. Essa característica associada ao G evidencia a maior suscetibilidade aos processos de carreamento de materiais sólidos, capazes de gerar transtornos de ordem econômica e social por afetar a disponibilidade de água para o abastecimento das populações rurais residentes e dos animais domésticos na bacia em questão.

O valor médio de ℓ para Colorado do Oeste foi de 0,73, isso quer dizer que, em média, a água da chuva deveria percorrer uma distância de 730 m, desde o ponto de precipitação até o canal, caso o escoamento se desse em linha reta. Este é um importante indicador da distância média percorrida pela água precipitada e permite inferir se a bacia hidrográfica apresenta ou não risco de inundação. Como a água nas sub-bacias percorre uma distância considerável até atingir o canal, o risco de inundação é baixo.

O ℓ apresenta correspondência inversamente proporcional com a densidade de drenagem, ou seja, quanto menor a densidade de drenagem, maior a distância que a água deve percorrer até o leito do rio. Portanto, o valor encontrado está consoante com as informações sobre a densidade média de drenagem de $0,65 \text{ km km}^{-2}$.

Santos; Lima (2009) relacionaram o valor da extensão do percurso superficial à textura topográfica, afirmando que este índice é capaz de caracterizar a textura da bacia hidrográfica. Isso ocorre porque uma bacia com textura topográfica classificada como grosseira possui um espaçamento maior entre os cursos de água, corroborando os resultados obtidos, dada à baixa densidade de drenagem.

A análise areal das sub-bacias envolve diversos índices que estão dispostos na tabela 7.

Tabela 7. Parâmetros areal das sub-bacias hidrográficas de Colorado do Oeste

Parâmetro	Valor					
	Belo	Cabixi	Colorado	Escondido	Sete Voltas	Vermelho
A (km^2)	211,18	67,03	277,25	458,45	332,42	245,93
P (km)	73,98	51,56	87,81	137,84	110,14	140,59
Max (m)	564	402	564	568	206	471
Min (m)	233	217	252	207	572	224

<i>Hm</i>	331	185	312	361	366	247
<i>L</i> (km)	22,02	14,27	24,72	41,99	33,15	23,69
<i>Ff</i> (ad.)	0,45	0,33	0,45	0,31	0,32	0,43
<i>Dr</i> (rios km ⁻²)	0,22	0,23	0,24	0,24	0,24	0,25
<i>Dd</i> (km km ⁻²)	0,70	0,66	0,69	0,65	0,66	0,59
<i>Cm</i> (m ² m ⁻¹)	1428,57	1515,15	1449,27	1538,46	1515,1	1694,91
<i>Kc</i> (adimensional)	1,45	1,76	1,47	1,80	1,69	2,51

A = área; P = perímetro; Max = altitude máxima; Min = altitude mínima; *Hm* = amplitude altimétrica; *L* = comprimento longitudinal da sub-bacia; *Ff* = fator forma; *Dr* = densidade de rio; *Dd* = densidade de drenagem; *Cm* = coeficiente de manutenção; *Kc* = índice de compactidade.

As áreas das sub-bacias mostraram-se bem distintas. A sub-bacia do rio Escondido apresentou maior extensão com 458,45 km², correspondendo a 28,79% da área do município e a sub-bacia do rio Cabixi a menor extensão com 67,03 km² equivalente a 4,20 %. Porém, de uma maneira geral, todas as sub-bacias apresentam tamanho mediano, conforme o proposto por Borsato; Martoni (2004), em que, em bacias médias, a área varia de 3 km² a 1000 km².

A área da bacia tem influência sobre a quantidade de água produzida como deflúvio, pois há uma relação entre o volume de água precipitado e o volume de água escoado pelo exutório. Considerando o volume anual de chuva para o município de Colorado do Oeste de aproximadamente 2000 mm (Figura 5), pode-se inferir que as sub-bacias apresentam deflúvio considerável.

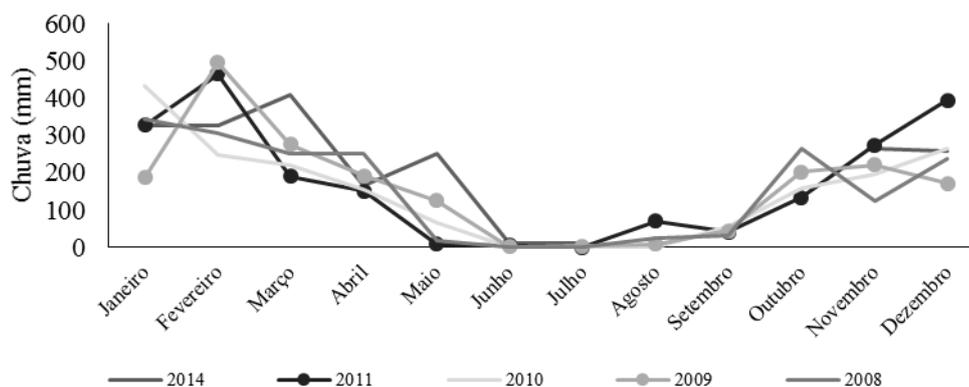


Figura 5. Registro histórico de precipitação no município de Colorado do Oeste.
Fonte: ANA/CPRM (Estação Colorado do Oeste)

O deflúvio associado à ausência de cobertura vegetal natural pode acarretar no aumento da taxa de transporte de sedimento, na perda de solo produtivo, na redução da vazão dos canais e na perda da qualidade da água.

Considerando, ainda, que a principal atividade econômica é a pecuária extensiva, essas características podem afetar a produção e o rendimento das atividades desenvolvidas, uma vez

que essa deterioração pode provocar uma série de mudanças físicas, químicas, biológicas e hidrológicas no solo.

O F_f apresentou valor médio para as sub-bacias de 0,38, indicando que seu formato é alongado. Quanto menor o F_f , mais comprida é a bacia e, portanto, menos sujeita a picos de enchente, pois a mesma possui menor tempo de concentração que é dado como o tempo, a partir do início da precipitação, necessário para que toda a bacia contribua com a vazão na seção de controle, com isso, fica difícil uma mesma chuva intensa abranger toda a bacia.

Estudos semelhantes foram realizados por Lira et al. (2010) na BH do Igarapé Judia que apresentou também baixo valor de forma (0,590), revelando menor probabilidade de enchentes, assim como, Soares; Souza (2012), com valor de 0,24 com baixa propensão à ocorrência de enchentes. Isso ocorre porque o formato geométrico de uma bacia hidrográfica pode determinar a possibilidade de seus fluxos provocar enchentes.

As sub-bacias de Colorado do Oeste apresentam baixa probabilidade de sofrerem enchentes, corroborando, ainda, os valores obtidos por Tonello et al. (2006) ao estudar a morfometria da BH da Cachoeira das Pombas-MG com $F_f = 0,409$. Ainda, de acordo com Nunes et al. (2006), bacia com F_f baixo é menos sujeita às enchentes do que outra bacia com F_f maior, devido às menores probabilidades de ocorrerem chuvas intensas em todos os pontos de uma bacia comprida e estreita.

A D_r apresentou valor médio de $0,23 \text{ km}^{-2}$. Segundo Christofolletti (1980), o cálculo da densidade de rios é importante porque representa a capacidade de gerar novos cursos de água. A baixa capacidade de gerar novos canais está relacionada à baixa densidade de drenagem com valor médio de $D_d = 0,65 \text{ km km}^{-2}$. Segundo Pissara et al. (2004), a densidade de drenagem pode variar de $0,5 \text{ km km}^{-2}$ para mal drenadas a $3,5$ para bacias excepcionalmente bem drenadas.

Segundo Christofolletti (1980), existe uma forte ligação entre a litologia e a hidrografia, pois a primeira responde pelo fator permeabilidade que, conseqüentemente, irá interferir na segunda e que esta variável representa o grau de dissecação topográfica em paisagens elaboradas pela atuação fluvial. A D_d revela também a relação inversa com o comprimento dos rios, pois quanto maior o valor numérico da densidade, menor o tamanho dos cursos d'água.

O valor médio de C_m para as sub-bacias foi de 1523,57 metros para manter 01(um) metro linear de rio, este índice tem o objetivo de fornecer a área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento. Portanto, baixa densidade de drenagem demanda coeficiente de manutenção alto.

O mesmo foi observado por Machado et al. (2011) ao analisar a bacia do rio Jacuípe/BA e detectar que a densidade de drenagem de 0,852 km km⁻², considerada muito baixa, demanda um coeficiente de manutenção de 1.173,47m² m⁻¹, levando a maior preocupação com a conservação das áreas de recarga e com as matas ciliares.

A *Hm* média do município foi de 300 m e que apesar de ser considerável, as sub-bacias apresentaram o gradiente de canal baixo, devido ao formato longo e estreito. A declividade é um dos fatores principais que regulam a velocidade desse escoamento e exerce grande influência nos processos de erosão e infiltração.

A tabela 8 apresenta os dados de hipsometria das sub-bacias hidrográficas.

Tabela 8. Análise hipsométrica das sub-bacias hidrográficas de Colorado do Oeste

Parâmetros	Valor					
	Belo	Cabixi	Colorado	Escondido	Sete Volts	Vermelho
<i>Ir</i> (ad.)	0,231	0,12	0,21	0,234	0,14	0,14
<i>Tt</i> (ad.)	2,46	2,63	2,50	2,68	2,63	2,98
<i>Rr</i> (km km ⁻²)	15,03	12,96	12,62	8,59	8,70	10,42

Ir = índice de rugosidade, *Tt* = textura topográfica; *Rr* = relação de relevo.

As sub-bacias apresentaram *Ir* médio de 0,18. O índice é indicador de vertentes íngremes e longas. Christofolletti (1980) atesta que os valores extremamente altos do índice de rugosidade ocorrem quando ambos os valores são elevados, ou seja, a densidade e a amplitude altimétrica.

O valor *Tt* da sub-bacia de 2,63 confirma a textura topográfica grosseira, confirmando o valor obtido da densidade de drenagem, que havia evidenciado o maior distanciamento entre os tributários.

A figura 6 apresenta a curva hipsométrica para as sub-bacias analisadas.

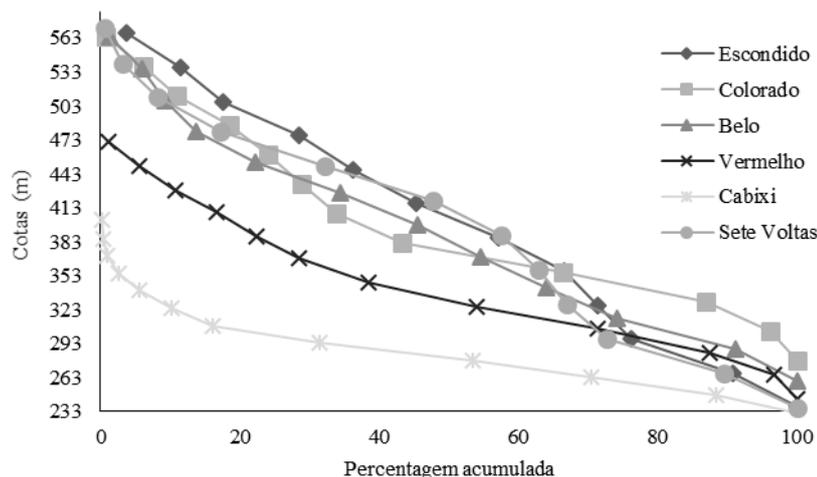


Figura 6. Curva hipsométrica das sub-bacias do município de Colorado do Oeste.

A curva hipsométrica representa graficamente o relevo médio e sua construção gráfica. Esta é feita em termos da porcentagem da área de drenagem acima ou abaixo das variações de altitude. As informações estão relacionadas à precipitação e temperaturas e exercem influência sobre as perdas de água na forma de evaporação e transpiração e sobre o escoamento superficial (BORSATO; MARTONI, 2004).

CONCLUSÕES

As análises indicaram que as sub-bacias hidrográficas de Colorado do Oeste apresentam alta suscetibilidade aos processos erosionais e, na avaliação, constatou-se que a perda é influenciada não somente pelo próprio solo, mas também pela associação deste com os demais fatores naturais atuantes, assim como, pelos diferentes tipos de uso e manejo realizados.

A região apresentou maior suscetibilidade ao desprendimento e transporte de partícula nas áreas que foram ocupadas atividades antrópicas, especialmente por pecuária.

Os parâmetros indicaram que o comportamento do volume anual precipitado possibilita o planejamento das atividades de contenção de perda de solo, cujas medidas devem levar em consideração a sazonalidade do período chuvoso para que sejam eficientes nos meses em que a precipitação é maior.

Sugere-se, portanto, que medidas imediatas sejam tomadas a fim de proteger a existência dos canais, especialmente de 1ª ordem, que necessitam da recomposição da Área de Preservação Permanente. Além disso, recomenda-se a recuperação das áreas ocupadas com

pastagens muito degradadas a fim de evitar a exposição do solo aos impactos das chuvas e o consequente arraste de sedimentos para os canais e o surgimento de ravinas e voçorocas.

REFERÊNCIAS

ANTONELI, V; THOMAZ, E.L. Caracterização do meio físico da bacia do Arroio Boa Vista, Guamiranga-PR. **Revista Caminhos da Geografia**, Uberlândia, v.8, n.21, p46-58. 2007.

BORSATO, F.H.; MARTONI, A.M. Estudo da fisiografia das bacias hidrográficas urbanas no Município de Maringá, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum**. Human and Social Sciences Maringá, v. 26, n.2, p. 273-285, 2004.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Embrapa Informação Tecnológica. Brasília, DF. 644p. 2010.

CASTRO, S.B.; CARVALHO, T.M. Análise morfométrica e geomorfologia da bacia hidrográfica do rio Turvo-GO, através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. **Scientia plena**, v.5, n.2. 2009.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 256p. 1999.

CHRISTOFOLETTI, A., **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 188p. 1980.

FEITOSA, A. SANTOS, B.; ARAÚJO, M.S.B. Caracterização Morfométrica e identificação de Áreas Susceptíveis a Erosão na Bacia do Rio Pajeú, PE: o Estudo de Caso da Bacia do Rio Pajeú/PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.4, p.820-836. 2011.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manuais Técnicos em Geociências**. ISSN 0103-9598, 2ª edição, 316p., 2007.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de Geomorfologia**. 2. ed. - Rio de Janeiro: IBGE, 2009.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico Vegetação Brasileira**. 2. Ed. – Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

LIMA, A.A. et al. Desempenho e produtividade de genótipos de cebola em argissolo na região sul de Rondônia. **Revista Brasileira Agrociência**. v.17, n.2-4, p.185-192, 2011.

LIRA, E. M. et. al. Correção da Rede de Drenagem e Morfometria da Bacia do Igarapé Judia – Acre – Brasil. In: VIII Simpósio Nacional de Geomorfologia, Recife: Universidade Federal do Recife, **Anais...** p. 606-616.set. de 2010.

MACHADO, R.A.S. et al. Análise morfométrica de bacias hidrográficas como suporte a definição e elaboração de indicadores para a gestão ambiental a partir do uso de geotecnologias. **Anais...** XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, INPE p.1441-1448.30 abr. a 05 mai. 2011.

MOREIRA, M.L.C.; VASCONCELOS, T.N.N. **Mato Grosso: solos e paisagens**. Cuiabá: Entrelinhas, 272p. 2007.

NOGUEIRA, W.K.S. **Aplicação do NDVI na detecção de degradação de pastagens cultivadas**. Monografia (Curso de Agronomia). Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia, 2016.

NUNES, F.G.; RIBEIRO, N.C.; FIORI, A.P. Propriedades morfométricas e aspectos físicos da bacia hidrográfica do Rio Atuba: Curitiba-Paraná. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia, Goiânia. **Anais...** Goiânia: UFG, n.6, 6-10 set. de 2006.

PIRES, J.S.R.; SANTOS, J.E.; DEL PRETTE, M.E. **A Utilização do Conceito de Bacia Hidrográfica para a Conservação dos Recursos Naturais**. In: Conceitos de Bacias Hidrográficas. Ilhéus, Ba, Editus, 293p. 2002.

PISSARA, T.C.T., POLITANO, W.E FERRAUDO, A.S. Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, Jaboticabal-SP. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n.2, p. 297- 305, 2004.

RICCOMINI, C.; GIANNINI, P.C.F.; MANCINI, F. **Decifrando a Terra/** organizadores: Wilson Teixeira (et al). São Paulo: Oficina de Textos, 568p., 2000.

RONDONIA, Secretaria de Estado do Planejamento. **Plano agroflorestal e Pecuária de Rondônia – PLANAFLORO (bando de dados geográfico)**. Porto Velho, 2002. Disponível em: <<http://www.sedam.ro.gov.br/index.php/component/content/article/109-cogeo/168-acervo-tecnico>>. Acessado em 20 de junho de 2015.

SANTOS, J.M. e LIMA, K.C. Análise da Rede de Drenagem em Bacias Hidrográficas Tropicais: bacia do Riacho Grande - Bahia - Brasil. In: PEREIRA, D.; PEREIRA, P.; ALVES, I. C.; HENRIQUES, R.; GONÇALVES, L. (Org.). **Geomorfologia 2008**. 1ª ed. Braga – Portugal, APGEOM, v. 6, p. 77-82. 2009.

SILVA, A.M.; SCHULZ, H.E.; CAMARGO, P.B. **Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas**. São Carlos: 2ª Ed. Editora Rima, 158p., 2007.

SOARES, M. R. G. J.; SOUZA, J. L. M. Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Pequeno em São José dos Pinhais (PR). **Geografia** (Londrina), v. 21, n. 1, p. 19-36, 2012.

TONELLO, K.C.; et al. Morfometria da Bacia Hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhões – MG. **Revista Árvore**, v.30, n.5, p.849-857, 2006.