

## ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DA HIDROGRAFIA

### 1.0. Introdução

O **ciclo hidrológico**, se considerado de maneira global, pode ser visto como um **sistema hidrológico fechado**, uma vez que a quantidade total da água existente em nosso planeta é constante. Entretanto, é comum o estudo, pelos hidrólogos, de subsistemas abertos.

A **bacia hidrográfica** destaca-se como região de efetiva importância prática devido a simplicidade de que oferece na aplicação do **balanço hídrico**.

### 2.0. A bacia hidrográfica

“Bacia hidrográfica é uma área definida topograficamente, drenada por um curso d’ água ou um sistema conectado de cursos d’ água, dispendo de uma simples saída para que toda vazão efluente seja descarregada (VIESSMAN, HARBAUGH e KNAPP (1972))”

### 2.1. Divisores de água

O que é um divisor de águas????

“Linha de separação que divide as precipitações em bacias vizinhas, encaminhando o escoamento superficial para um ou outro sistema fluvial”

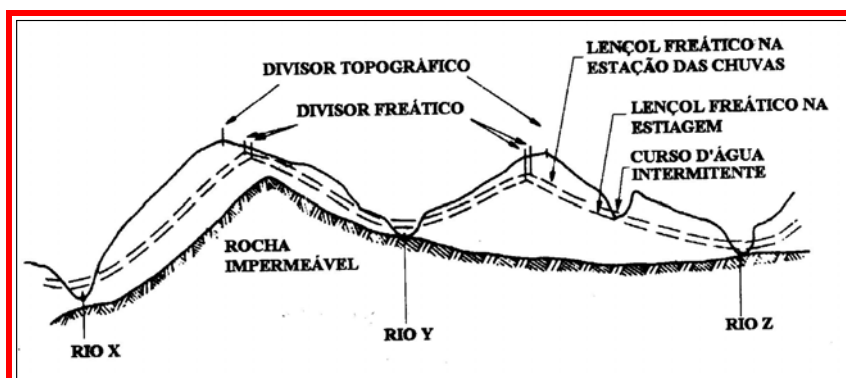


Figura 1. Esquema de uma bacia hidrográfica com o seu divisor topográfico e freático.

São 3 os divisores de uma bacia (Figura 1):

- Geológico
- Freático
- Topográfico

Dadas as dificuldades de se efetivar o traçado limitante com base nas formações rochosas (os estratos não seguem um comportamento sistemático e a **água precipitada pode escoar antes de infiltrar**) e no nível freático (devido as alterações ao longo das estações do ano), o que se faz na prática é **limitar a bacia a partir de curvas de nível**, tomando pontos de cotas mais elevadas para comporem a linha da divisão topográfica.

## 2.2. Características físicas de uma bacia

As características físicas de uma bacia compõem importante grupo de fatores que influem no **escoamento superficial**. A seguir, faremos, de forma sucinta, uma abordagem de efeitos relacionados a cada um deles, tendo como exemplo os dados da **Bacia do Rio Turvo Sujo**, pertencente à bacia hidrográfica do Rio Doce, compreendida entre as coordenadas geográficas **42°40'** e **43°00'** de longitude Oeste e **20°39'** e **20°55'** de latitude Sul, abrangendo parte dos municípios de **Viçosa, Cajuri, Coimbra, Teixeiras e Guaraciaba, no Estado de Minas Gerais** (Figura 2 e 3). Esta bacia foi utilizada pelo professor Alexandre Rosa dos Santos para a realização de sua **tese de Doutorado** (**“Caracterização morfológica, hidrológica e ambiental da bacia hidrográfica do Rio Turvo Sujo, micro-região de Viçosa, MG”**).

### 2.2.1. Área de drenagem

A área de uma bacia é a **área plana inclusa entre seus divisores topográficos**. É obtida com a utilização de um planímetro ou por meio de um SIG. A bacia do Rio Turvo Sujo tem uma área de **406.437 Km<sup>2</sup>**.

## 2.2.2. Forma da bacia

Após ter seu contorno definido, a bacia hidrográfica apresenta um formato. É evidente que este formato tem uma influência sobre o escoamento global; este efeito pode ser mais bem demonstrado através da apresentação de **3 bacias de formatos diferentes**, porém de mesma área e sujeitas a uma **precipitação de mesma intensidade** (Figura 4). Dividindo-as em segmentos concêntricos, dentro dos quais todos os pontos se encontram a uma mesma distância do ponto de controle, a bacia de **formato A** levará **10 unidades de tempo** (digamos horas) para que todos os pontos da bacia tenham contribuído para a descarga (**tempo de concentração**). A bacia de **formato B** precisará de **5 horas** e a **C**, de **8,5 horas**. Assim a água será fornecida ao rio principal mais rapidamente na bacia **B**, depois em **C e A**, nesta ordem.

Exprimir satisfatoriamente a forma de uma bacia hidrográfica por meio de índice numérico não é tarefa fácil. Apesar disto Gravelius propôs dois índices:

✚ **Coeficiente de compacidade (Kc)**

✚ **Fator de forma (Kf)**

### 2.2.2.1 Coeficiente de compacidade (Kc)

É a relação entre os **perímetros da bacia e de um círculo de área igual a da bacia**:

$$K_c = \frac{P}{2\pi r} \quad \text{eq.1}$$

com,

$$\pi r^2 = A \quad \therefore \quad r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} \quad \text{eq. 2}$$

Substituindo eq.2 na eq. 1, temos:

$$K_c = \frac{P}{2\pi \sqrt{\frac{A}{\pi}}} \quad \therefore \quad K_c = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad \text{eq. 3}$$

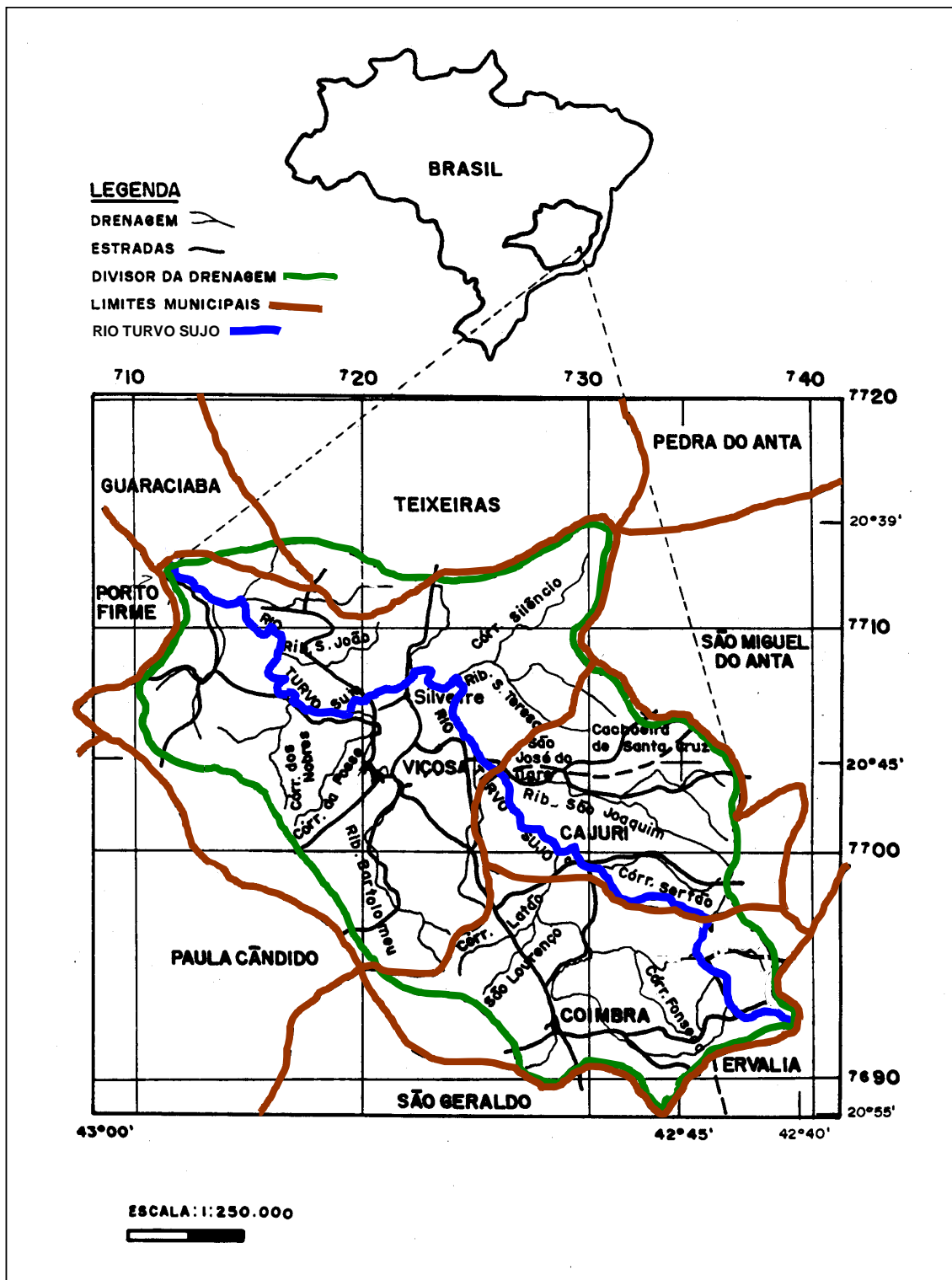


Figura 2. Localização da bacia hidrográfica do rio Turvo Sujo.

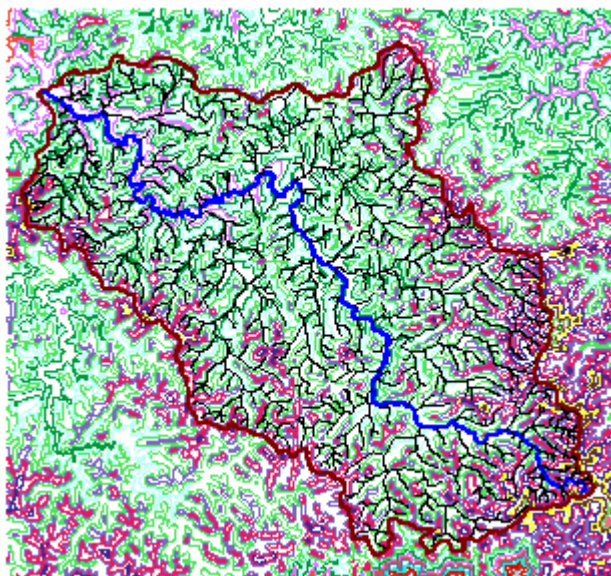


Figura 3. Bacia hidrográfica do Rio Turvo Sujo, micro-região de Viçosa, MG.

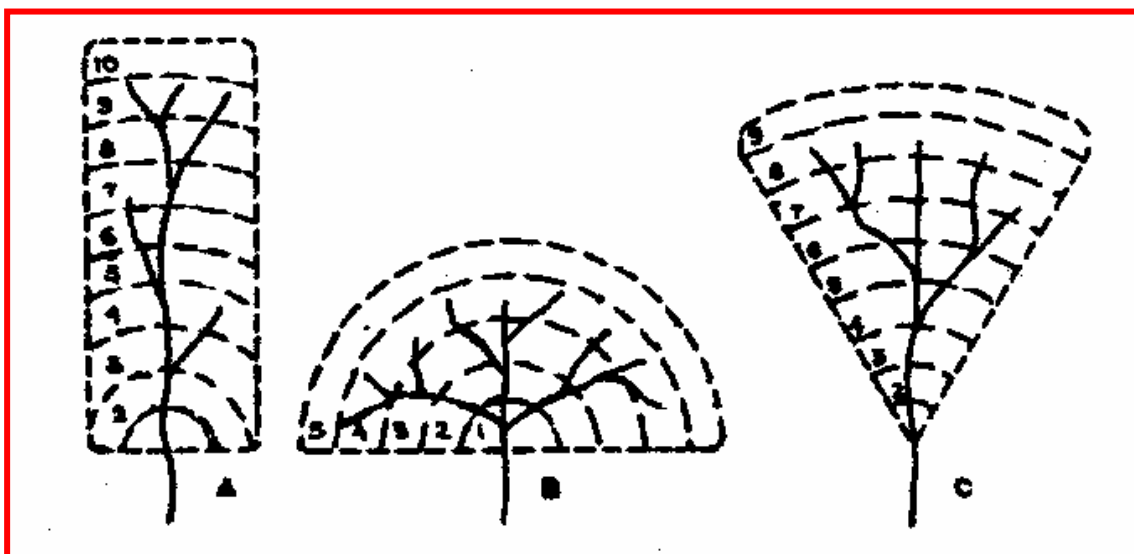


Figura 4. O efeito da forma da bacia hidrográfica (Fonte: WILSON, 19569).

Em que,

P = Perímetro (medido com o curvímetro ou um SIG e expresso em Km);

A = Área da bacia (medida com o planímetro ou um SIG, expressa em Km<sup>2</sup> ).

Um **coeficiente mínimo igual a 1** corresponderia à **bacia circular**; portanto, **inexistindo outros fatores, quanto maior o Kc menos propensa à enchente é a bacia.**

A bacia hidrográfica do Rio Turvo Sujo apresenta os seguintes dados:

$$A = 406,437 \text{ Km}^2$$

$$P = 140,930 \text{ Km}^2$$

Assim,

$$Kc = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}} = 0,28 \frac{140,930}{\sqrt{406,437}} = 1,957$$

Concluiu-se, então que esta bacia **não é susceptível a enchentes**.

### 2.2.2.2 Fator de forma (Kf)

É a relação entre a **largura média da bacia ( $\bar{L}$ )** e o **comprimento axial do curso d' água (L)**. O comprimento "L" é medido seguindo-se o curso d' água mais longo desde a cabeceira mais distante da bacia até a desembocadura. A largura média é obtida pela divisão da área da bacia pelo comprimento da bacia.

$$Kf = \frac{\bar{L}}{L}, \text{ mas } \bar{L} = \frac{A}{L}$$

eq. 4

Então,

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

eq. 5

Este índice também indica a maior ou menor tendência para enchentes de uma bacia. **Uma bacia com Kf baixo, ou seja, com o L grande, terá menor propensão a enchentes que outra com mesma área, mas Kf maior.** Isto se deve a fato de que, numa bacia estreita e longa (Kf baixo), haver menor possibilidade de ocorrência de chuvas intensas cobrindo simultaneamente toda a sua extensão.

A bacia hidrográfica do Rio Turvo Sujo apresenta os seguintes dados:

$$A = 406,437 \text{ Km}^2$$

$$L = 145,857 \text{ Km}$$

Assim,

$$Kf = \frac{A}{L^2} = \frac{406,437}{145,857^2} = 0,019$$

Concluiu-se, então que esta bacia **não é susceptível a enchentes**.

### 2.2.3. O sistema de drenagem

O sistema de drenagem de uma bacia **é constituído pelo rio principal e seus efluentes**; o padrão de seu sistema de drenagem tem um efeito marcante na taxa do **“runoff”**. Uma bacia bem drenada tem menor tempo de concentração, ou seja, o escoamento superficial concentra-se mais rapidamente e os picos de enchente são altos. A Figura 5 os tipos de densidade de drenagem.

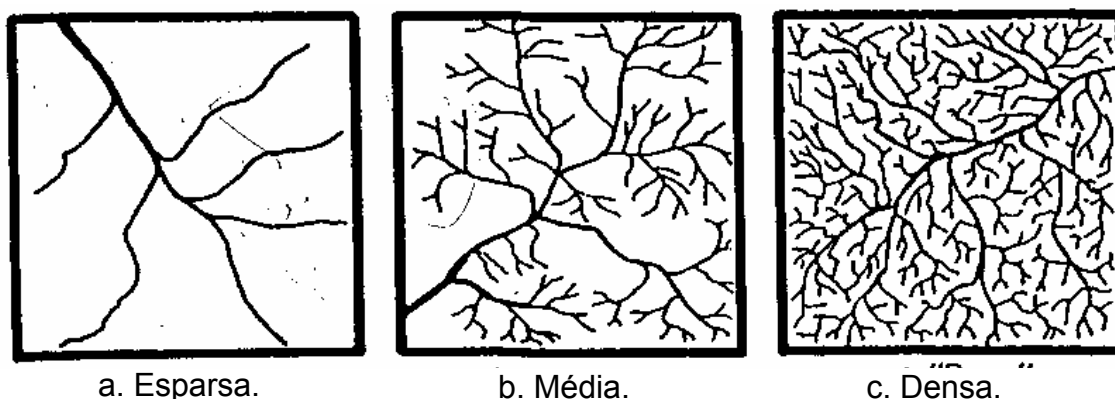


Figura 5. Densidade de drenagem.

Existe uma grande variedade de padrão de drenagem, ocasionando assim uma grande confusão para sua classificação. Pode-se dividir os padrões de drenagem em três grupos diferentes (Figura 6):

- **Terrenos aluviais;**
- **Zonas de erosão**, onde se observa pouco ou nada da influência estrutural sobre a rede de drenagem;
- **Zonas de erosão**, onde a influência estrutural é evidente.

As características de uma rede de drenagem podem ser razoavelmente descritos pela **ordem dos cursos d' água, densidade de drenagem, extensão média do escoamento superficial e sinuosidade do curso d' água**.


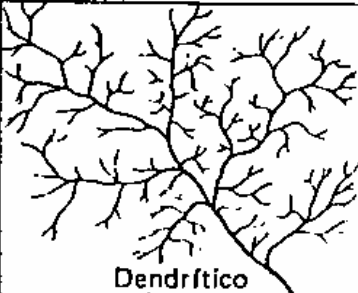
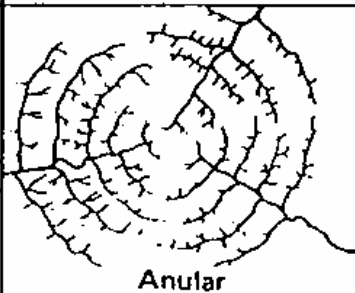

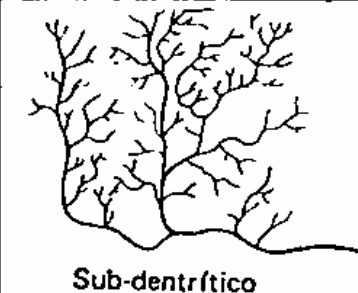
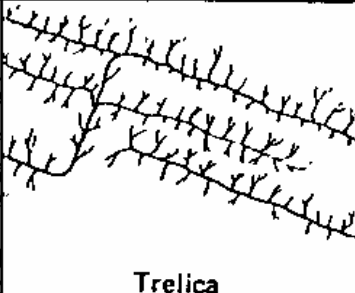
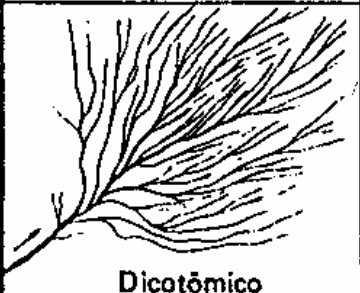
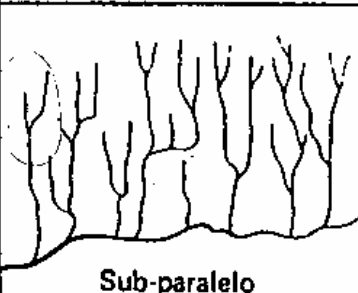
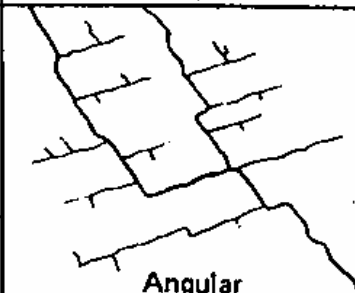
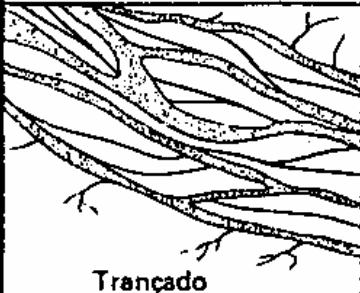
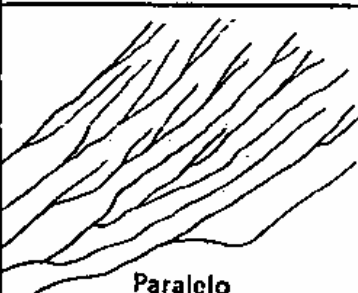
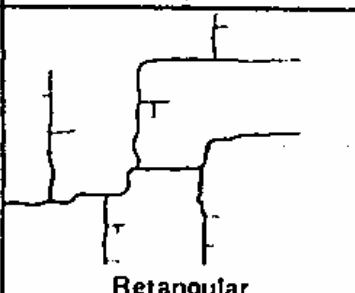
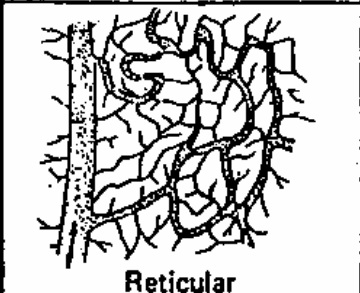
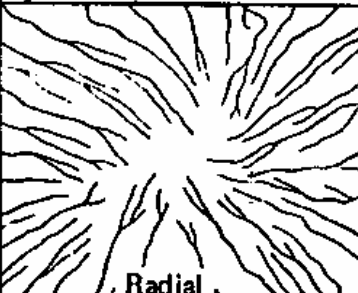
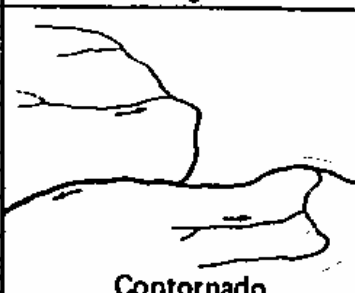
Terrenos aluviais	Zonas de erosão	
	Desenvolvimento livre	Influência estrutural
 Anastomático	 Dendrítico	 Anular
 "Yazoo"	 Sub-dendrítico	 Treliça
 Dicotômico	 Sub-paralelo	 Angular
 Trançado	 Paralelo	 Retangular
 Reticular	 Radial	 Contornado

Figura 6. Os principais padrões de drenagem.

### 2.2.3.1. Ordem dos cursos d' água

A ordem dos rios é uma classificação que reflete o grau de ramificação dentro de uma bacia. Existe dois critérios para se determinar a ordem dos cursos d'água:

**a) Classificação proposta por HORTON (1945):** nesta classificação os canais de primeira ordem não possuem tributários, os canais de segunda ordem têm afluentes de primeira ordem, os canais de terceira ordem recebem afluentes de canais de segunda e podem receber diretamente canais de primeira ordem e assim por diante. Nesta classificação, **a maior ordem é atribuída ao rio principal**, valendo esta designação em todo o seu comprimento, desde o exutório da bacia até sua nascente (Figura 7).

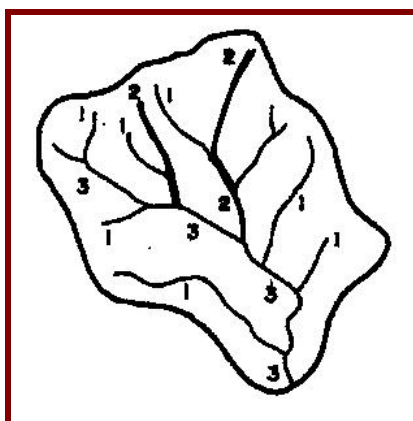


Figura 7. Classificação hierárquica da rede de drenagem de acordo com o critério de HORTON (1945).

**b) Classificação proposta por HORTON e modificado por Strahler:** designam-se todos os afluentes que não se ramificam (podendo desembocar no rio principal ou em seus ramos) como sendo de primeira ordem. Os cursos d' água que somente recebem afluentes que não se subdividem são de segunda ordem. Os de terceira ordem são formados pela reunião de dois cursos d' água de segunda ordem, e assim por diante (Figura 8).

A Figura 9 apresenta o mapa de hidrografia (classificação de HORTON, 1945) da bacia hidrográfica do rio Turvo Sujo. Observa-se que o rio principal (ordem 6)

aparece em destaque, sendo que seu movimento se dá da **direção Sudeste para Noroeste** da bacia.

A ordem do rio principal mostra a extensão da ramificação da bacia.

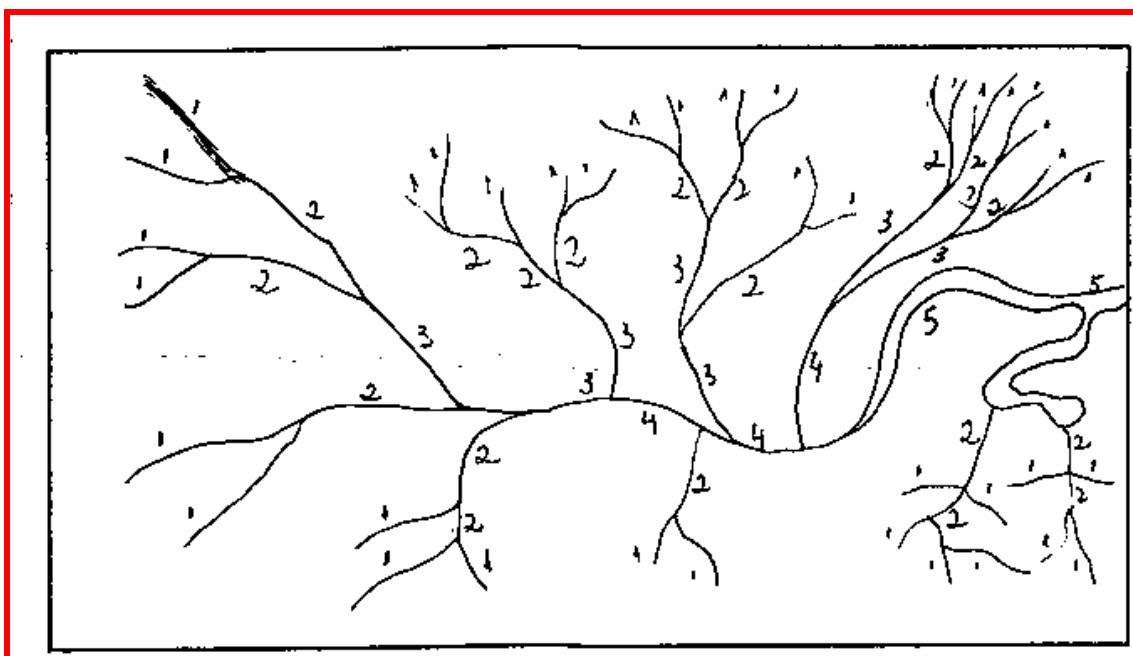


Figura 8. Classificação proposta por Strahler.

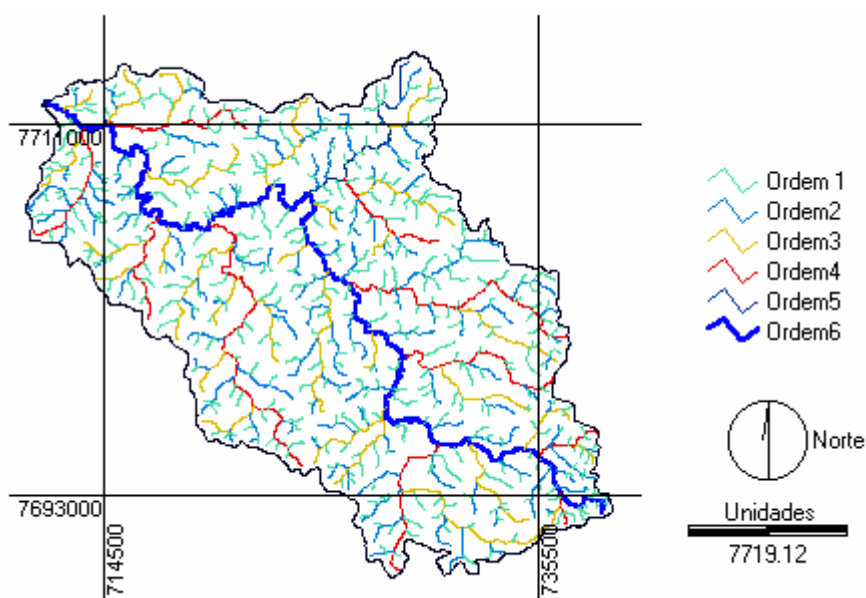


Figura 9. Hidrografia da bacia hidrográfica do rio Turvo Sujo, micro-região de Viçosa, MG.

### 2.2.3.2. Densidade de drenagem (Dd)

A densidade de drenagem (Dd) é o índice que indica o grau de desenvolvimento do sistema de drenagem, ou seja, fornece uma indicação da eficiência da drenagem da bacia. A densidade de drenagem é definida pela relação entre o somatório dos comprimentos de todos os canais da rede e a área da bacia. Segundo VILLELA & MATTOS (1975), este índice varia de 0,5 km/km<sup>2</sup> para bacias com drenagem pobre a 3,5 ou mais para bacias bem drenadas. Este índice pode ser determinado utilizando-se da seguinte equação:

$$Dd = \frac{L_t}{A} \quad \text{eq. 6}$$

Em que,

$L_t$  = somatório dos comprimentos de todos os canais da rede (Km).

Para a bacia hidrográfica do Rio Turvo Sujo, temos os seguintes dados:

$$L_t = 1883,336 \text{ Km};$$

$$A = 406,437 \text{ Km}^2.$$

Então,

$$Dd = \frac{L_t}{A} = \frac{1883,336}{406,437} = 4,634 \text{ Km/Km}^2$$

Conclui-se que a bacia hidrográfica do Rio Turvo Sujo apresenta uma boa densidade de drenagem.

### 2.2.4 Curva hipsométrica de uma bacia hidrográfica

Representa o estudo da variação da elevação dos vários terrenos da bacia com referência ao nível do mar. Esta curva é traçada lançando-se em sistema cartesiano a cota versus o percentual da área de drenagem com cota superior; para isto deve-se fazer a leitura planimétrica parceladamente. Os dados serão dispostos em um quadro de distribuição de freqüência.

O Quadro 1 mostra os resultados dos cálculos necessários para a geração da curva hipsométrica da bacia hidrográfica do Rio Turvo Sujo mostrada na Figura 10.

Quadro 1. Curva hipsométrica da bacia hidrográfica.

1	2	3	4	5	6	7
COTAS	Ponto médio (m)	Área (km <sup>2</sup> )	Área acumulada (km <sup>2</sup> )	%	% acumulada	Coluna 2 X Coluna 3
939 – 920	930	0,076	0,076	0,019	0,019	70,680
919 – 900	910	0,084	0,160	0,021	0,040	76,440
899 – 880	890	1,195	1,355	0,294	0,334	1063,550
879 – 860	870	2,197	3,552	0,541	0,874	1911,390
859 – 840	850	2,458	6,010	0,605	1,479	2089,300
839 – 820	830	9,288	15,298	2,285	3,764	7709,040
819 – 800	810	7,484	22,782	1,841	5,606	6062,040
799 – 780	790	42,717	65,499	10,510	16,116	33746,430
779 – 760	770	52,941	118,440	13,026	29,141	40764,570
759 – 740	750	39,979	158,419	9,836	38,978	29984,250
739 – 720	730	85,623	244,042	21,067	60,045	62504,790
719 – 700	710	33,782	277,824	8,312	68,356	23985,220
699 – 680	690	67,465	345,289	16,599	84,955	46550,850
679 – 660	670	40,808	386,097	10,040	94,996	27341,360
659 – 640	650	20,340	406,437	5,004	100,000	13221,000
<b>TOTAL</b>		<b>406,437</b>				<b>297080,910</b>

$$\text{Altitude média} = \frac{297080,910}{406.437} = 730,940 \text{ m}$$

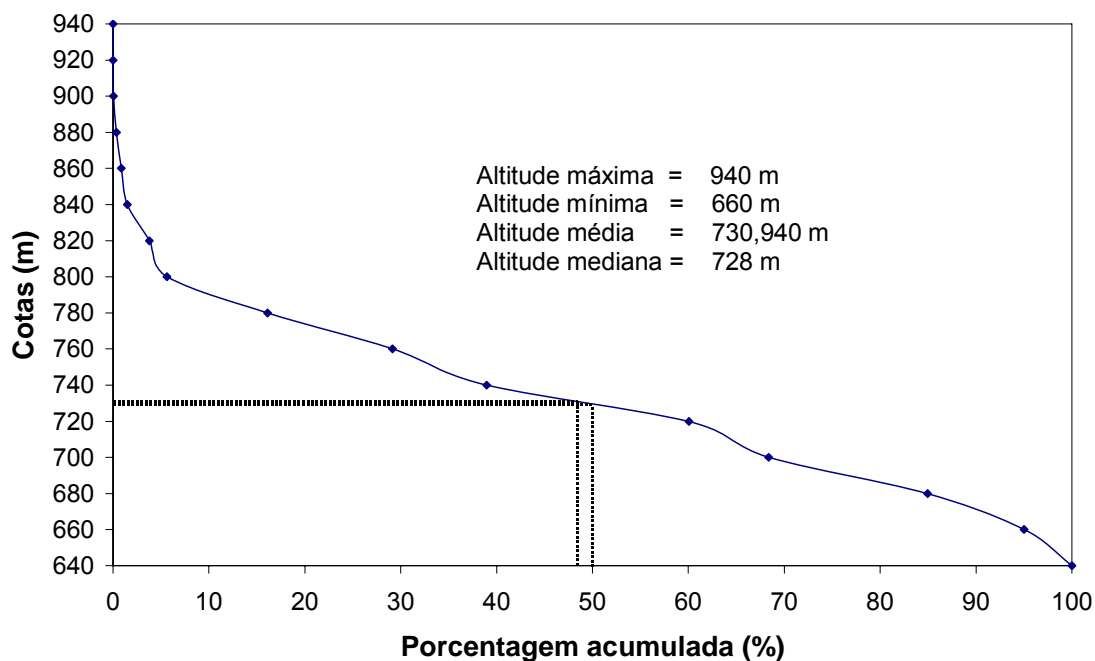


Figura 10. Curva hipsométrica da bacia hidrográfica.