



---

## Mapeamento das Unidades de Relevo, com Base em Parâmetros Morfométricos, no Alto Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Itu, RS.

Romário TRENTIN<sup>1</sup>  
Bernadete Weber RECKZIEGEL<sup>2</sup>  
Ana Paula DAL'ASTA<sup>2</sup>  
Luís Eduardo de Souza ROBAINA<sup>3</sup>

### Resumo

O presente trabalho trata da elaboração de um mapeamento de unidades homogêneas de relevo, na montante da bacia hidrográfica do rio Itu, localizada nos municípios de Santiago, Unistalda e São Francisco de Assis/RS. Para a definição e mapeamento das unidades de relevo, que constituem o documento cartográfico, utilizou-se parâmetros morfométricos da bacia hidrográfica como a altitude, declividade, topografia e rede de drenagem. A interpretação destas informações permitiu a diferenciação de sete unidades de relevo. Este documento cartográfico serve como base para estudos geoambientais e são auxiliares em propostas de gestão.

Palavras chave: Morfometria, Geomorfologia, Bacia Hidrográfica.

### Eixo 4: Cartografia Geomorfológica

#### 1 – Introdução

O estudo de bacias hidrográficas tem um papel de grande importância na caracterização do relevo, por serem unidades naturalmente delimitadas e pelo fato da rede de drenagem ser um agente de destaque na esculturação das formas de relevo através do processo de escavação e deposição dos rios.

A análise morfométrica das bacias hidrográficas apresenta-se como um recurso para o levantamento e quantificação dos parâmetros areais, lineares e hipsométricos dessas bacias hidrográficas. Cooke & Doornkamp (1974) evidenciam que a morfometria é uma importante ferramenta de análise.

Os estudos morfométricos ligados a Geomorfologia, surgiram inicialmente para se desenvolver análises das formas de relevo, com o emprego de técnicas e procedimentos

---

<sup>1</sup> Bolsista FAPERGS/Acadêmico de Geografia da Universidade Federal de Santa Maria/LAGEOLAM/

<sup>2</sup> Acadêmicas de Geografia da Universidade Federal de Santa Maria/LAGEOLAM

<sup>3</sup> Professor do Departamento de Geociências/Universidade Federal de Santa Maria/LAGEOLAM



sistemáticos e racionais. Trabalhos desenvolvidos por HORTON (1945) apud CHRISTOFOLETTI (1974), precursor da análise quantificada das bacias hidrográficas, marcaram uma nova fase da morfometria através do emprego de vários aspectos de finalidade analítica das bacias hidrográficas, levando também a um maior interesse em se desenvolver novas técnicas de análise hidrográfica.

O Laboratório de Geologia Ambiental (LAGEOLAM/UFSM), em suas linhas de pesquisa vem realizando estudos morfométricos na região SW do Rio Grande do Sul. Dentre os trabalhos desenvolvidos destaca-se o de SANGOI et al (2003), que elaborou um mapeamento de Landforms na bacia hidrográfica do Arroio Inhacundá, em São Francisco de Assis/RS, utilizando metodologias semelhantes às empregadas neste trabalho; CARDOSO (2003) realizou o mapeamento de unidades geomorfológicas, nas bacias hidrográficas do arroio São João e Sanga da Divisa, no município Alegrete-RS.

O presente trabalho tem por objetivo utilizar-se de parâmetros morfométricos para estudar as características da porção montante da bacia hidrográfica do Rio Itu, localizada no sudoeste do Rio Grande do Sul, entre as coordenadas geográficas de latitude de 29° 02' 30" a 29° 14' 12" Sul e entre as longitudes 54° 50' 00" e 55° 10' 00" Oeste, pertencentes aos municípios de Santiago, Unistalda e São Francisco de Assis (Figura 1).

## 2 - Metodologia

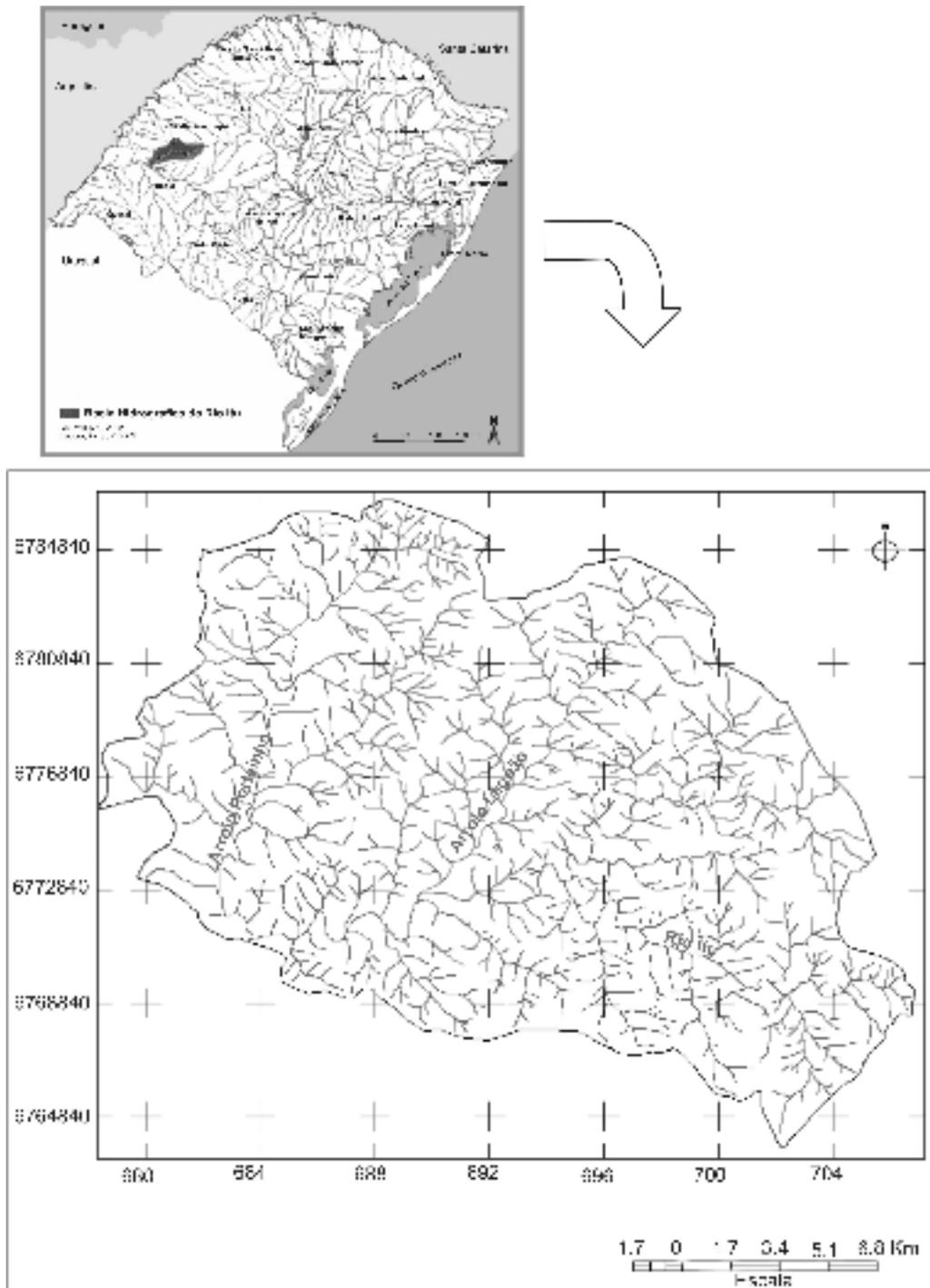
A delimitação da área de estudo teve como referencial o divisor d'água do setor mais a montante da bacia hidrográfica do Rio Itu, estendendo-se até a junção com seu afluente da margem esquerda, o Arroio Porteirinha, onde juntamente com o arroio Lagoão, foram estudados e caracterizados como o alto curso do Rio Itu.

A Magnitude e o Padrão de Drenagem da bacia hidrográfica foram definidos através do método proposto por STRAHLER apud CHRISTOFOLETTI (1974), que define o número de canais da bacia hidrográfica e o seu comportamento quanto à linha geral de escoamento em relação à inclinação das camadas geológicas.

Para a análise da densidade de drenagem foi utilizado o método proposto por HORTON apud CHRISTOFOLETTI (1974) que é definido através da relação entre o comprimento total dos canais de escoamento e a área total da bacia hidrográfica, sendo definida pela expressão:  $Dd = L/A$ ; onde,  $Dd$  é a densidade da drenagem;  $L$  é o comprimento total dos canais de drenagem, e  $A$  é a área da bacia hidrográfica.



FIGURA 1: Localização da Área de Estudo



Org: TRENTIN, R.; RECKZIEGEL, B. W.; DAL'ASTA, A. P.

Quanto à identificação da forma da bacia hidrográfica, foram analisadas as três sub-bacias que constituem a área de estudo, utilizando-se dois índices: o Fator Forma e o Coeficiente de Compacidade. O *fator forma* é determinado pela relação entre a largura média e o comprimento axial da bacia hidrográfica. A largura média é determinada pela



divisão da área desta pelo seu comprimento. O comprimento da bacia corresponde à extensão do canal principal, desse modo, o fator forma é representado pela expressão  $K_f = A/L^2$ , onde  $A$  é a área da bacia hidrográfica em quilômetros quadrados e,  $L$  é o comprimento do canal principal, dado em quilômetros.

O *coeficiente de compacidade* é obtido através da razão entre o perímetro da bacia hidrográfica e a área de um círculo de mesma área da bacia, é calculado através da expressão:  $K_c = 0,28.P/(VA)$ , onde  $P$  é o perímetro da bacia, em quilômetros;  $(VA)$  é a raiz quadrada da área de um círculo igual à área da bacia em quilômetros quadrados. O valor obtido indica, que quanto mais próximo de 1 (um) mais circular será a bacia hidrográfica.

A análise topográfica da área se baseou principalmente nas cartas topográfica em escala 1:50000, de Unistalda, Santiago, Vila Kramer e Nova Esperança. Segundo CASTRO (2002), o estudo de uma bacia hidrográfica começa, obrigatoriamente, pela carta topográfica, pois, além de possibilitar a delimitação, apresenta elementos de localização como os sistemas de projeções, caracterizados pelas coordenadas esféricas e planas, além de elementos de sistematização e proporção, como a escala.

O mapa de declividade da bacia hidrográfica foi elaborado através da definição de três limites de declividade, constituindo quatro classes: < 2%; 2 a 5%; 5 a 15% e > 15%.

Os limites escolhidos foram:

- 2% - áreas muito planas, quando ocorrem junto às drenagens formam áreas de inundação;
- 5% - áreas planas onde se registram alguns processos deposicionais. A partir desta inclinação o processo erosivo começa a ser significativo. O IPT apud OLIVEIRA (1998), usa este limite na definição de formas de relevo.
- 15% - limite máximo para uso de mecanização agrícola e, áreas propícias à ocorrência de processos de movimentos de massa e escorregamentos. Limite usado pelo IPT para a definição de unidades de relevo.

A análise hipsométrica da área deu-se a partir da interpretação do comportamento espacial das curvas de nível e pontos cotados, o que possibilitou a definição de três classes altimétricas: altitudes inferiores a 220 metros (140 – 220 metros), altitudes entre 220 – 380 metros e altitudes superiores a 380 metros (380 – 437 metros).

Segundo GOULART (2001), as unidades de relevo são o conjunto de formas semelhantes, geneticamente homogêneas, individualizadas em razão de suas características morfológicas e morfográficas. Na área de estudo, a individualização dessas unidades foi obtida através da interpretação dos mapas: topográfico, de declividade e hipsométrico, e da



rede de drenagem. Através da análise destas informações e de cruzamentos entre os mapas, foram definidas sete unidades homogêneas de relevo.

Para a elaboração dos mapas e interpolação dos dados, utilizou-se o software Spring 4.0 desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e Corel DRAW 10, desenvolvido pela Corel Inc.

### **3 - Discussão dos Resultados**

#### **3.1 – Drenagem**

A área de estudo pertence à bacia hidrográfica do rio Itu, apresenta uma área total de 383,39 Km<sup>2</sup>, e o perímetro é de 95,98 Km, estendendo-se no sentido leste oeste.

Nesta bacia hidrográfica, a hierarquia fluvial, é de 5<sup>a</sup> ordem, sendo que o canal principal segue ainda um longo percurso constituindo a bacia hidrográfica do rio Itu, até desaguar no rio Ibicuí.

O comportamento da rede hidrográfica com relação à linha geral de escoamento e a inclinação das camadas geológicas pode ser considerada como uma rede subsequente, devido ao leito principal obedecer à linhas de fraqueza geológica do terreno, como define CHRISTOFOLETTI ( 1974, p.83-84).

Segundo CHRISTOFOLETTI (1949), a densidade da rede de canais, desde a longo tempo é reconhecida como variável das mais importantes na análise morfométrica das bacias de drenagem, representando o grau de dissecação topográfica em paisagens elaboradas pela atuação fluvial, ou expressando a quantidade disponível de canais de escoamento. O comportamento hidrológico das rochas repercute na densidade de drenagem, uma vez que as rochas de pouca infiltração, permitem um maior escoamento superficial, possibilitando a formação de canais. Desta forma identificou-se um comprimento total dos cursos d'água de 835,24 Km, distribuídos por uma magnitude de 640 canais, apresentando uma densidade de drenagem total de 2,17 Km/Km<sup>2</sup>.

A densidade de drenagem fornece uma avaliação do potencial da bacia hidrográfica, que permite maior ou menor escoamento superficial da água, o que conseqüentemente conduzirá a uma maior ou menor intensidade dos processos erosivos na esculturação dos canais, BELTRAME, apud RIZZI et al (1999).

Assim sendo, identificou-se a densidade de drenagem da bacia hidrográfica em estudo na sua totalidade, como já foi citado, e também em cada ordem de drenagem, bem



como o levantamento do comprimento total e médio dos cursos d'água, como pode-se identificar na Tabela 1.

TABELA 1: Parâmetros da rede de drenagem

Hierarquia dos Rios	Número de Canais	Comprimento Total (Km)	Comprimento Médio (Km)	Densidade de Drenagem (Km/Km <sup>2</sup> )
1 <sup>a</sup>	640	484,13	0,75	1,26
2 <sup>a</sup>	159	169,90	1,06	0,44
3 <sup>a</sup>	41	84,27	2,05	0,21
4 <sup>a</sup>	07	61,89	8,84	0,16
5 <sup>a</sup>	02	35,05	17,52	0,09
<b>Total</b>	<b>849</b>	<b>835,24</b>	<b>0,98</b>	<b>2,17</b>

Org: TRENTIN, R.; RECKZIEGEL, B. W.; DAL'ASTA, A. P.

A densidade de drenagem com valores entre dois e quatro Km/Km<sup>2</sup> aponta para uma bacia hidrográfica relativamente bem drenada. VILLELA e MATTOS apud RIZZI (1999) de maneira quantitativa, indicaram que o índice de 0,5 Km/Km<sup>2</sup> representa bacias com drenagem pobre, e o índice 3,5 Km/Km<sup>2</sup> ou mais indica bacias excepcionalmente bem drenadas.

Desta forma a densidade de drenagem pode ser considerada bem drenada, visto que seu índice de drenagem é superior a 2 Km/Km<sup>2</sup>, além de apresentar um total de 849 canais fluviais com um comprimento médio de 0,98 Km/Km<sup>2</sup>.

O padrão da drenagem, que se constitui no arranjo espacial dos cursos fluviais pela bacia hidrográfica, pode ser influenciado em sua morfogenética por algumas características naturais da área, entre as quais destacam-se: a disposição das camadas rochosas, a resistência litológica variável, as diferenças de declividade e a evolução geomorfológica da região, CHRISTOFOLETTI (1974).

A bacia hidrográfica em estudo apresenta um padrão de drenagem predominantemente retangular, pois suas drenagens obedecem às linhas das falhas e fraturas geológicas que condicionam um forte controle estrutural da região.

A forma da bacia hidrográfica segundo OLIVEIRA et al (1998) é utilizada para se saber o tempo com que a água leva para percorrer a distância entre o ponto mais afastado da bacia e o seu exutório (tempo de concentração).

Assim sendo a partir do fator forma e do coeficiente de compacidade, que determinam a circularidade de uma bacia hidrográfica, foram analisadas as três sub-bacias:



Arroio Porteirinha, Lagoão e da nascente do rio Itu. No arroio Porteirinha, para o coeficiente de compacidade e fator forma, encontrou-se os valores de 1.44 e 0,20 respectivamente. O arroio Lagoão apresenta 1.40 e 0.19 para os mesmos índices, e a sub-bacia da nascente do rio Itu, tem a importância de 1.59 para o coeficiente de compacidade e 0.12 para o fator forma.

A partir destes valores pode-se dizer que na área de estudo as sub-bacias apresentam uma baixa circularidade, apresentando-se com uma forma estreita e alongada. Em um comparativo entre as três, identifica-se ainda que as mesmas apresentam uma grande semelhança quanto à forma da bacia. Esses valores representam o escoamento com um controle estrutural onde a drenagem está encaixada em zonas de falhas e fraturas, o qual não contribui para a concentração de águas que possibilitem cheias.

### **3.2 – Análise das Altitudes na Bacia**

Conforme o comportamento topográfico e das curvas de nível, identificou-se que a bacia hidrográfica em estudo apresenta uma amplitude altimétrica de 297 metros. Desta forma, esta, foi dividida em três áreas de altitudes distintas, diferenciadas ao longo de sua extensão.

A primeira é uma área de altitude inferior a 220 metros, estendendo-se desde o exutório da bacia hidrográfica onde se encontram as menores altitudes, em torno de 140 metros. Esta área é caracterizada por um comportamento topográfico suavemente ondulado, ocupando a porção mais a jusante da bacia hidrográfica em estudo, compreendendo uma área de 52,44 Km<sup>2</sup>, ou seja, 13,67% da área de estudo.

A segunda área apresenta altitudes entre 220 a 380 metros, estende-se pelo médio curso da bacia hidrográfica e é caracterizada por uma topografia mais íngreme. Esta porção ocupa a maior parte da bacia hidrográfica, se estendendo por 283,07 Km<sup>2</sup>, cerca de 74% da área total.

Na terceira área, a altitude se encontra acima dos 380 metros, apresentando ainda alguns pontos cotados que atingem os 437 metros de altitude, ocupa essencialmente a porção mais a montante da bacia hidrográfica em estudo. Esta porção é caracterizada por uma topografia suave a plana, com uma área de 48,06 Km<sup>2</sup>, representando cerca de 12% da área total da bacia hidrográfica.

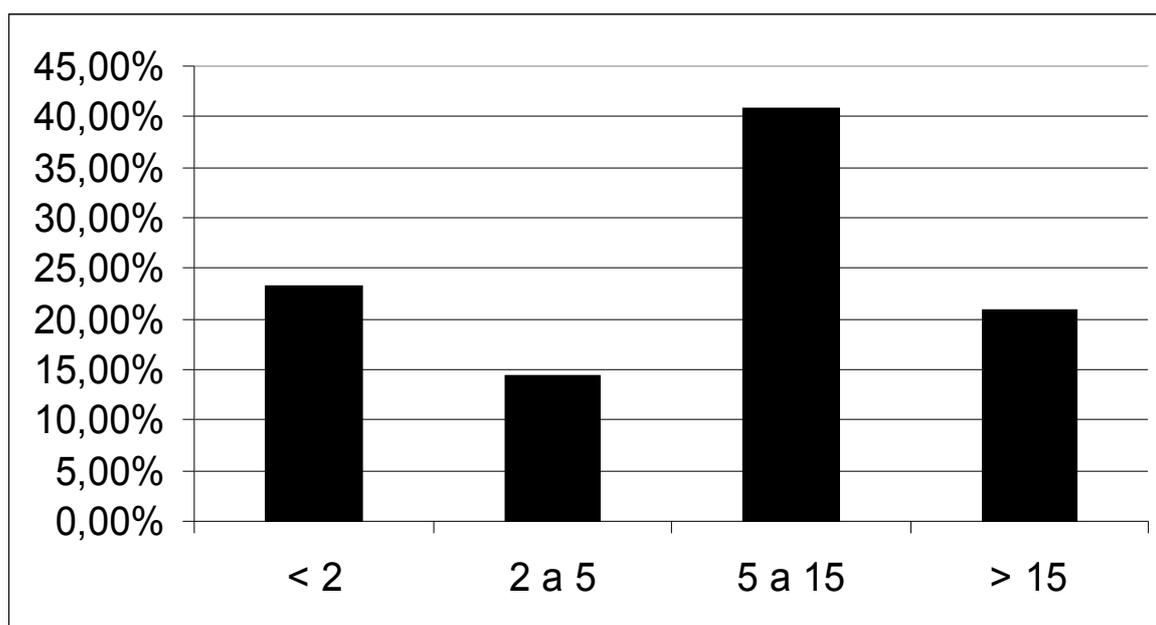


### 3.3 – Análise das Vertentes

#### 3.3.1 – Declividade

Com a individualização de quatro classes de declividade, pode ser observada na Figura 2, a porcentagem de área ocupada por cada classe:

FIGURA 2: Porcentagem das classes de declividade



Org: TRENTIN, R.; RECKZIEGEL, B. W.; DAL'ASTA, A. P.

As declividades menores que 2% ocupam uma área de 89,43 Km<sup>2</sup>, sendo a segunda maior classe, e representa as partes mais planas da bacia hidrográfica. Esta classe de declividade é encontrada por toda a bacia hidrográfica, mas principalmente no baixo curso do arroio Porteirinha, onde se encontram áreas planas próximas as drenagens. Na porção mais a montante da bacia hidrográfica em estudo, também é registrada a ocorrência de grandes áreas com declividades inferiores a 2%, em topos planos de colinas suavemente onduladas.

As declividades entre o intervalo de 2 a 5% compreendem uma área de 55,75 Km<sup>2</sup>, constituindo-se na classe que ocupa a menor área da bacia hidrográfica. Esta classe ocorre predominantemente na porção mais a montante da bacia hidrográfica em estudo.

Ocupando, principalmente o médio curso da bacia hidrográfica, ocorre a classe que ocupa a maior área, com declividades de 5 a 15 %, 156,95 Km<sup>2</sup> da área total.



As inclinações superiores a 15% ocupam uma área de 80,88 Km<sup>2</sup>, e constituem a classe de declividade que se estende ao logo da rede de drenagem formando junto aos cursos d'água uma porção de vales encaixados com encostas íngremes e escarpadas, na porção de médio curso da bacia.

### 3.3.2 - Comprimento de Rampa e Amplitude

A análise das vertentes a partir de seus comprimentos de rampa, medidas do topo das colinas até os interflúvios que as circundam, foi possível dividir em quatro classes, conforme seus comprimentos e frequência de ocorrência na bacia hidrográfica, como pode-se observar na Tabela 2.

TABELA 2: Classes de comprimento de rampas e ocorrência na bacia hidrográfica

<b>Classes</b>	<b>Variação de comprimento</b>	<b>Frequência de um total de 90 vertentes medidas</b>
1	200 a 700 metros	47
2	700 a 1200 metros	20
3	1200 a 1700 metros	10
4	Maior que 1700 metros	13

Org: TRENTIN, R.; RECKZIEGEL, B. W.; DAL'ASTA, A. P.

A área apresenta o comprimento das vertentes de uma maneira geral bastante variados, mas com uma frequência média em todas as classes estabelecidas, apresentando-se rampas com alongamento de apenas 250 metros, mas vertentes que atingem um comprimento de até 3750 metros.

A análise da tabela 2 permite identificar que os comprimentos de rampa entre 200 e 700 metros, são os mais importantes, compreendendo 52% da bacia, indicando a predominância de vertentes curtas.

As demais classes de comprimento de rampa ocorrem em menor frequência, ao longo da bacia hidrográfica, apresentando associadas às colinas da área.

Quanto à amplitude as vertentes, não apresentam grande variação ao longo da bacia hidrográfica, uma vez que variam entre 70 a 90 metros de altura.

### 3.4 - Compartimentação e Mapeamento das Unidades de Relevô



A individualização e mapeamento das unidades de relevo, definem as áreas com características morfométricas homogêneas.

Conforme LOLLO apud RODRIGUES (1992) existem duas maneiras distintas de serem realizadas as análises para a definição das unidades de relevo: o enfoque Fisiográfico, e o Paramétrico. O enfoque paramétrico tem por objetivo definir áreas diferenciadas usando elementos representativos, como a declividade, a amplitude, a extensão e parâmetros da rede de drenagem.

Seguindo-se esta linha do enfoque paramétrico, o mapa de unidades de relevo da porção montante da bacia hidrográfica do rio Itu, foi elaborado a partir da interpretação e cruzamento das informações obtidas, o que permitiu a individualização de sete unidades homogêneas de relevo conforme pode-se identificar na Figura 3, que são:

Unidade I: esta unidade é uma área de vales encaixados, caracterizando-se por suas vertentes escarpadas com o predomínio de declividades superiores a 15%. Esta unidade ocupa 89,31 Km<sup>2</sup>, cerca de 23% do total da bacia hidrográfica e estende-se principalmente pelo médio curso, junto às drenagens. É a segunda maior unidade em extensão na bacia hidrográfica e é uma área que se destaca das demais devido as suas grandes declividade, constituindo uma porção sem grandes possibilidades de uso a não ser a preservação da vegetação.

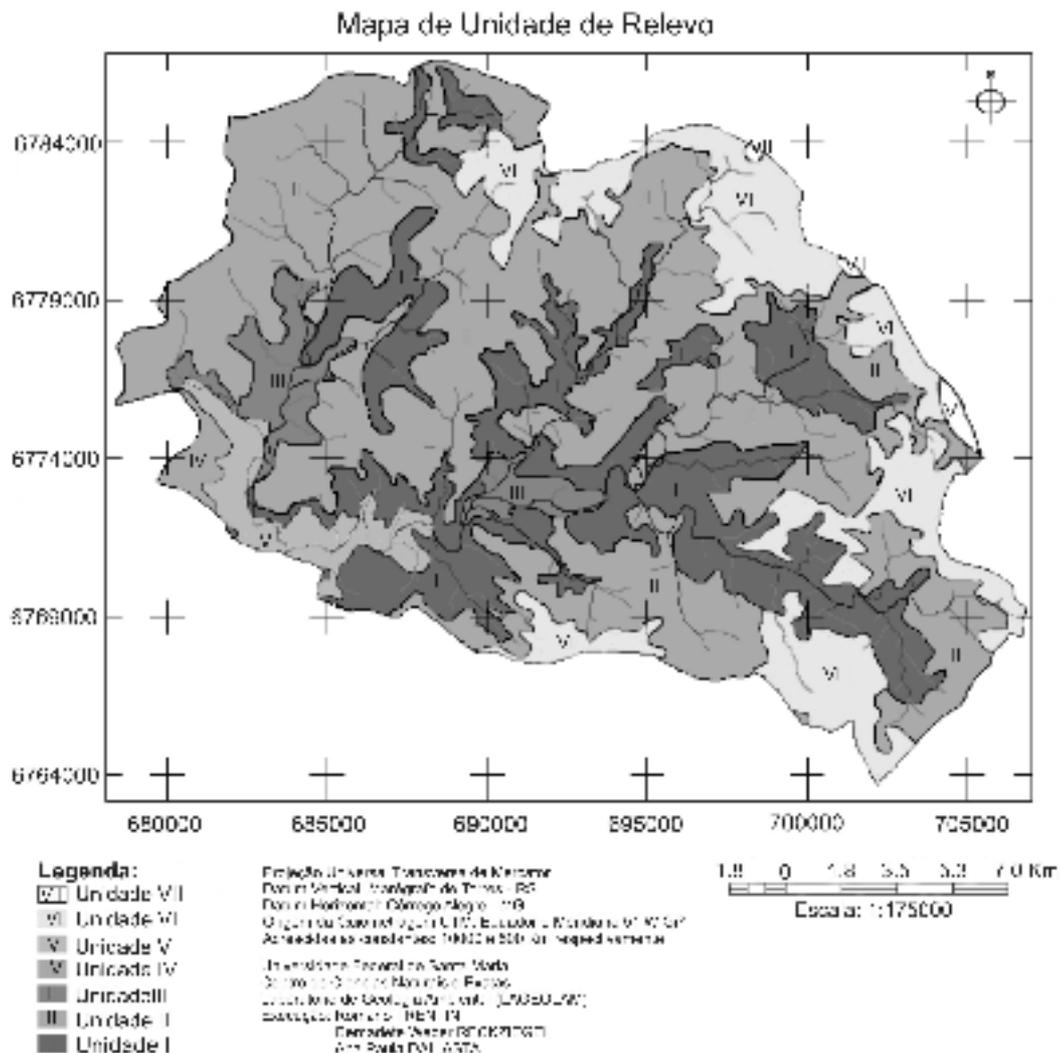
Unidade II: é uma área de colinas onduladas, o intervalo de declividades predominante de 5 a 15%, entretanto com várias vertentes com inclinação > 15%, e a altitude superior a 220 metros. Corresponde a unidade que ocupa a maior área na bacia hidrográfica com 195,84 Km<sup>2</sup>, mais da metade da área total, cerca de 51%.

Unidade III: área de colinas onduladas, com declividades predominantes entre 5 e 15%, e secundariamente com declividades > 15%. Esta unidade diferencia-se da anterior por ocorrer nas altitudes mais baixas, entre 140 e 220 metros. Ocupa 16,16 Km<sup>2</sup>, cerca de 4% da área total da bacia hidrográfica. É uma unidade associada à rede de drenagem, com locais onde esta encontra-se encaixada.

Unidade IV: colina suavemente ondulada, com declividades predominantes entre o intervalo de 5 a 15%, mas com grande ocorrência de declividades < 5%, e altitudes superiores a 220 metros. Esta unidade compreende uma área de apenas 3,43 Km<sup>2</sup> e localiza-se junto ao divisor d'água próximo da jusante da bacia hidrográfica em estudo, onde apresentam-se colinas com vertentes pouco inclinadas, mas a altitude da área superior a 220 metros.



Figura 3: Mapa de Unidades de Relevo da Área em Estudo



Org: TRENTIN, R.; RECKZIEGEL, B. W.; DAL'ASTA, A. P.

Unidade V: colina suavemente ondulada, com atitudes inferiores a 220 metros, e com as declividades não ultrapassando a 15%, sendo esta a diferenciação da unidade III. Esta unidade apresenta uma topografia constituída por colinas com vertentes de média a baixa inclinação, ocupa uma área de 13,21 Km<sup>2</sup>, cerca de 3,5% do total da bacia hidrográfica e está localizada nas menores altitudes, sendo esta unidade posicionada na porção mais a jusante, junto às drenagens que chegam até a foz da bacia hidrográfica em estudo.

Unidade VI: colinas de topos planos e vertentes suaves, onde as declividades predominantes são inferiores a 5% e as altitudes são superiores a 380 metros. Esta unidade ocupa 62,47 Km<sup>2</sup>, cerca de 16% da área da bacia hidrográfica e posiciona-se sobre a porção mais a montante.



Unidade VII: áreas constituídas por morrotes, onde as declividades são superiores a 15% e se encontram em altitudes superiores a 380 metros. Esta é a unidade que ocupa a menor áreas na bacia hidrográfica com apenas 1,67 Km<sup>2</sup>, tendo sido individualizada por apresentar-se na forma de morrotes isolados formados por vertentes fortemente inclinadas sobre altitudes superiores aos 380 metros. São especificamente três pequenas porções, localizadas a montante da bacia hidrográfica, junto ao divisor d'água que delimita a área de estudo.

#### 4 – Considerações Finais

O desenvolvimento de análise morfométricas é de grande importância para o estudo de bacias hidrográficas, pois tais estudos quantitativos fornecem situações concretas de interpretações.

Com o uso das técnicas de quantificação das informações e da síntese cartográfica, o presente trabalho conseguiu definir sete unidade homogêneas de relevo.

A síntese cartográfica representada pelas unidades de relevo é um elemento base para o desenvolvimento de trabalhos geoambientais. Além disso, propostas de gestão devem ter informações sobre o relevo, permitindo estabelecer e compreender os processos de dinâmica superficial.

#### 5 - Referência Bibliográfica

CARDOSO, C. B.; ROBAINA, L. E. S; MEDEIROS, E. R. Mapeamento de Unidades Geomorfológicas: Bacias Hidrográficas Arroio São João e Sanga da Divisa, Alegrete-RS. **Ciência e Natura**. Santa Maria, v. 25, p.129-148, dez. 2003.

CASTRO, J. F. M.; VIADANA, A. G. A Relevância da Cartografia nos Estudos de Bacias Hidrográficas: O Exemplo da Bacia do Rio Corumbataí. **Geografia**, São Paulo: Ed Associação de Geografia Teorética, v. 27, n. 3, dez. 2002.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, Ed da Universidade de São Paulo, 1974.

\_\_\_\_\_. A Análise da Densidade de Drenagem e suas Implicações Geomorfológicas. **Geografia**. São Paulo, Rio Claro. v. 4, n. 8, out. 1949.

COOKE, R.U. & DOORNKAMP, J.C. **Geomorphology in Environmental Management- An Introduction**. Oxford: Clarendon Press, 1974.



GOULART, A. C. O. Relevo e Processos Dinâmicos. **Geografares**, Vitória, n.2, jun. 2001.

OLIVEIRA, A. M. S. et al. **Geologia de engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998.

RIZZI, N. E. et al. **Caracterização Ambiental da Bacia do Rio Canguiri – Região Metropolitana de Curitiba-PR**. Curitiba, 1999.

RODRIGUES, E. B.A. A importância dos Landforms na elaboração de cartas de susceptibilidade aos movimentos de massa na região de Águas de Lindóia/SP. **III Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica**. São Paulo, 1992.

SANGOI, D. S.; et al. Mapeamento de “Landforms” na Bacia do Rio Inhacundá, São Francisco de Assis/RS. **Geosul**, Florianópolis, v. 17, n.36, jul.-dez. 2003.