



## COMPARTIMENTAÇÃO MORFOLÓGICA COM BASE EM DADOS SRTM: ESTUDO DE CASO BACIA DO RIO UBERABINHA, UBERLÂNDIA-MG.

### MORPHOLOGICAL COMPARTMENTS BASED ON SRTM DATA: A CASE STUDY IN UBERABINHA BASIN, UBERLÂNDIA-MG

Thiago Campos Nogueira  
Bacharel em Geografia - UFU  
nogueiratc@yahoo.com.br

José Fernando Pinese Júnior  
Graduando em Geografia - UFU  
zefernandopj@yahoo.com.br

Silvio Carlos Rodrigues  
Prof. Dr. do Instituto de Geografia - UFU  
silgel@ufu.br

#### RESUMO

O mapeamento geomorfológico ganha cada vez mais importância nos trabalhos de planejamento ambiental e urbano. Qualquer intervenção no espaço requer um levantamento da organização, disposição e estruturação do relevo, para que os resultados desejados sejam alcançados com sucesso. As técnicas para elaboração de um mapeamento geomorfológico são diversas, porém o resultado deve ser sempre um material de fácil interpretação e que represente de maneira clara e com fidelidade a área de estudo. O grande desafio do presente trabalho é fazer uma interface do mapeamento geomorfológico com as tecnologias disponíveis nos SIGs (sistema de informações geográficas) em especial a modelagem numérica de terreno (MNT), utilizando como base no uso dados da missão SRTM.

**Palavras-chave:** Mapeamento geomorfológico; modelagem numérica de terreno; compartimentação morfológica.

#### ABSTRACT

The geomorphologic mapping is receiving more importance day after day in works related to environmental and urban planning. Any intervention in the landforms needs a relief identification, showing its organizations and structures, which will help to get the objectives planned. There are a lot of techniques to elaborate geomorphologic maps. At the same time it is necessary to remember that the results have to be of easy interpretation and that represents the results in clear way, showing the real forms of the relief. The biggest challenger of this research is to make an interface of the geomorphologic mapping with the technologies available in GIS (Geographical Information System), especially that one related to Digital Terrain Model (DTM), using as a base the data collected by the mission SRTM.

**Keywords:** Geomorphologic mapping; Digital Terrain Model; Morphological compartments.



## 1. INTRODUÇÃO

O entendimento das questões relativas ao relevo e sua evolução deu-se principalmente a partir de meados do séc. XIX. Segundo Penck (1953, *apud* ROSS 1992), as formas atuais do relevo da superfície da terra são resultados das forças antagonistas dos processos endógenos e exógenos, ou seja, da ação das forças procedentes do interior da crosta terrestre de um lado e das forças impulsionadas através da atmosfera pela ação climática, atual e do passado.

Baseados neste princípio teórico dos processos endógenos e exógenos, Meczerjakov (1968) e Gerasimov (1968) desenvolvem os conceitos de morfoestrutura e morfoescultura, sendo que o primeiro sustenta o relevo por uma estrutura geológica e o segundo mostra um aspecto escultural que é decorrente da ação climática atual e pretérita.

Dentro destas perspectivas, o mapeamento geomorfológico surge como um importante instrumento de pesquisa do relevo, cabendo a ele apresentar elementos de descrição do relevo, identificar a natureza geomorfológica de todos os elementos do terreno e datar as formas encontradas. (Tricart, 1963, *apud* Ross 2001).

Segundo Troppmair (1970, *apud* Carrijo 2000) a necessidade de um documento cartográfico que retratasse o relevo é oriunda do começo do século XX quando geógrafos, ao consultar as cartas topográficas, dispunham somente de dados altimétricos, sem ter uma noção das declividades e da forma das vertentes.

De acordo com a escola francesa de geomorfologia, preconizada por Tricart (1963, *apud* Ross 2001), os elementos de descrição do relevo, indispensáveis na elaboração dos mapas geomorfológicos, são informações que devem ser retiradas das cartas topográficas (morfometria); associados às informações morfográficas, fenômeno e origem da forma do relevo; morfogenéticas, gênese do relevo; e cronologia, idades das formas.

Nesta perspectiva de Demek (1967, *apud* Ross 2001) propõe que as cartas geomorfológicas de detalhe devem utilizar-se de três unidades básicas de taxonomia representadas pelas: superfícies geneticamente homogêneas; formas de relevo; e tipos de relevo.

No Brasil, Ab'Saber na década de 60, fundamentou uma proposta de mapeamento do relevo brasileiro baseada na compartimentação topográfica, estrutura superficial e fisiologia da paisagem, determinando assim os Domínios Morfoclimáticos do Brasil. (Ross, 2001).

Ainda no Brasil, em meados da década de 70 e 80, inspirados nas concepções de morfoestrutura e morfoescultura de Gerasimov e Meschericov, e na proposta de Demek de níveis taxonômicos, foram realizados uma série de mapeamentos geomorfológicos do território brasileiro, desenvolvidos pelo Projeto RADAMBRASIL (Ross, 2001).

Nesta oportunidade Ross (1992) levanta uma proposta taxonômica e de representação cartográfica do relevo. Trata-se de uma proposta apropriada na representação dos fatos geomórficos de grandes dimensões e em escalas pequenas e médias. Os níveis taxonômicos definidos por Ross são os seguintes: (Tabela 1)

**Quadro 1-** Definição os níveis taxonômicos de acordo com Ross, 1992. Fonte: Modificada de Ross (1992).

Táxons	Descrição
1º táxon	Unidades Morfoestruturais - É o maior taxon correspondente às macroestruturas geológicas que definem e sustentam um determinado padrão de formas grandes do relevo;
2º táxon	Unidades Morfoesculturais - Correspondem aos compartimentos e subcompartimentos do relevo pertencentes a uma determinada morfoestrutura gerados a partir de alterações climáticas. Obrigatoriamente são menores e mais jovens que as unidades morfoestruturais as quais pertencem;
3º táxon	Unidades Morfológicas ou de padrões de formas semelhantes (modelado) - São conjuntos menores de formas do relevo. Apresentam um padrão de semelhança entre si em função da rugosidade topográfica, bem como do formato de topos, vertentes e vales de cada padrão. Neste taxon os processos morfoclimáticos atuais são mais facilmente notados podendo-se identificar os agrupamentos de formas de agradação (relevo de acumulação) e formas de denudação (relevo de dissecação);
4º táxon	Tipos de formas de relevo ou conjuntos de formas semelhantes - Corresponde às tipologias de modelado. Formas aguçadas, convexas, tabulares, aplainadas em relevos de agradação e de denudação, planícies fluviais e flúvio-lacustres;
5º táxon	Tipos de vertentes - São as vertentes ou setores das vertentes, dimensões menores do relevo, quer sejam do tipo convexas, retilíneos, aguçados, planos, abruptos, etc.
6º táxon	Formas menores de relevo ou de Processos atuais - Último e menor táxon.



Nesta perspectiva taxonômica fica claro o tamanho da escala varia de acordo com o que será representado. Feições pequenas do modelado exigem uma escala grande, em contra partida, unidades maiores como, por exemplo, as Bacias Sedimentares e os Planaltos Dissecados exigem uma escala pequena. (Rodrigues, 2000, Souza, 2006). Os materiais utilizados o mapeamento geomorfológico como: cartas topográficas, imagens de satélite, dados de radar e fotos aéreas, devem ser selecionados e utilizados de acordo com o que se quer representar na carta geomorfológica. A taxonomia proposta por Ross (1992) segue esse padrão, quanto maior o nível de detalhe da interpretação do relevo, maior o táxon e maior a escala de trabalho.

Os processos geomorfológicos em geral têm alguns de seus elementos constituintes conhecidos, e também sua dinâmica estudada em vários aspectos. A entrada de energia nos sistemas naturais em ambientes tropicais úmidos é dada principalmente pela força da gravidade e água das chuvas (em ambiente tropical), e em menor escala, ou de maneira menos visível, pela insolação, ventos e outros fatores de significado pouco conhecidos ou estudados (Grigoriev, 1968; Tricart, 1977).

A dinâmica dos diversos processos geomorfológicos atuantes sobre uma forma de relevo é inter-relacionada e pode-se afirmar que vários processos atuam simultaneamente sobre uma vertente, sejam eles físicos ou químicos. Assim, tem-se processos de intemperismo, o rastejo, o escoamento superficial, a infiltração, a ação biológica atuando concomitantemente. Os processos geomorfológico dominantes que ocorrem em sistemas geomorfológicos específicos acabam por conferir o predomínio de certos limites superiores e inferiores de declividades padrões.

Desta forma, a idéia de limite de declividade pode ser associada a um limiar técnico, de base geométrica, onde certos processos atuam. Assim, os ângulos limites são aqueles que definem o campo dentro do qual ocorrem tipos particulares de superfícies ou operam certos processos de denudação. A definição destes ângulos, a princípio, depende das condições locais da litologia, do material de alteração, da vegetação e das condições climáticas, ou seja para as vertentes naturais são os ângulos acima dos quais movimentos rápidos de massa ocorrem de tempos em tempos e abaixo do qual o material da vertente é estável com respeito aos processos de perda de massa rápido.

O posicionamento topográfico é reconhecidamente um atributo para a identificação de compartimentos geomorfológicos. As superfícies regionais de aplanamento recobrem extensas áreas, onde o nível topográfico dos topos encontra-se aproximadamente nos mesmos níveis topográficos. Outros sistemas, como as depressões periféricas, bacias de sedimentação também apresentam situações topográficas que podem ser identificadas através de um regime topográfico padrão.

Desta forma, a identificação de níveis topográficos e de agrupamentos específicos de declividade serve como parâmetros que auxiliam o pesquisador na definição de grandes compartimentos de relevo. Logicamente a definição do tipo genético das formas carece de uma avaliação dos materiais superficiais e processos atuantes atualmente, bem como as heranças dos processos pretéritos. Neste sentido o mapa geomorfológico deve preocupar-se com o reconhecimento das formas que ocorrem na área mapeada, e realizar uma análise com o propósito de o estabelecimento de mensurações quantitativas e a qualificação de cada forma, bem como elucidar da gênese da forma por meio da determinação das relações entre materiais, processos e idade do modelado e também reconhecer dos arranjos espaciais e as relações mutuas entre os sistemas.

O objetivo geral deste trabalho consiste na realização do mapeamento geomorfológico da Bacia do Rio Uberabinha tendo como base a utilização, exclusivamente, dos dados da Missão SRTM. Neste sentido busca-se também gerar um mapa hipsométrico tendo como base de dados o MNT refinado com resolução de 10 metros, gerar um mapa de declividade tendo como base de dados o MNT refinado com resolução de 10 metros, elaborar um cruzamento dos mapas hipsométrico e de declividade, gerando, finalmente, o mapa de compartimentos morfológicos da Bacia do Rio Uberabinha.



## 2. MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO COM BASE EM SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS E MATERIAIS DE SENSORIAMENTO REMOTO.

Materiais de Sensoriamento Remoto são de extrema importância para a realização de mapeamentos geomorfológicos, independente se a escala de análise é a nível regional ou local.

As imagens de satélite, foto aéreas e dados de radar são essenciais na elaboração de cartas geomorfológicas, tendo em vista que representam a realidade da paisagem física como ela é. Através destes materiais é possível identificar feições geomorfológicas em diversas escalas de generalização a escalas de grandes detalhes.

Argento (2001) argumenta que: “O uso de meios como o geoprocessamento por experimentos estatísticos, a cartografia computadorizada, os mais variados *hardwares* e *softwares*, já existentes no mercado nacional e internacional, os diferentes usos de sensoriamento remoto e o emprego de Sistemas de Informação Geográfica – SIGs revestem-se, hoje, de apoio fundamental para a elaboração de mapeamentos geomorfológicos.”

Até mesmo antes dos avanços das pesquisas envolvendo os SIGs, o sensoriamento remoto já era utilizado para fins de mapeamento como no projeto RADAMBRASIL, que usa o sensor radar como ferramenta para imageamento da superfície terrestre através do sensoriamento remoto e já mapeou a Amazônia na década de 1980. (RADAMBRASIL, 1982).

Nesta perspectiva, Souza (2006) coloca que: “Se o processo tecnológico, por um lado facilitou o desenvolvimento desses sistemas, também permitiu aperfeiçoar os mecanismos de aquisição de dados georreferenciados. Com isto, aumentaram a complexidade da coleta, armazenamento, manipulação e visualização dos dados em função do seu volume, variedade e heterogeneidade.”

No que tange aos objetivos deste trabalho, a partir dos dados SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission) é possível, utilizando *softwares* de SIGs, a construção de MNTs (modelos numéricos de terreno), e com base nestes dados, a extração de variáveis que nortearam o mapeamento geomorfológico.

A representação das feições do relevo terrestre é sempre realizada em planta (projeção horizontal) ou em perfil (projeção vertical) sobre uma folha de papel, que possui apenas duas dimensões. Entretanto, para representar a forma do relevo, que é tridimensional, utiliza-se as curvas de nível, que são linhas formadas por pontos (x,y) com uma mesma cota (z). Esta percepção tem sido ultimamente muito auxiliada pelo uso, em meio computacional, dos chamados Modelos Numéricos de Terreno – MNT, uma vez que técnicas a eles aplicadas permitem uma visualização mais integrada do espaço tridimensional. (Kohler, 2002).

Os modelos numéricos de terreno são utilizados como representação quantitativa de uma grandeza que varia continuamente no espaço. Normalmente são associados à altimetria (modelos em três dimensões), mas também podem ser utilizados para modelar informações relativas à unidades geológicas e propriedades de solo e subsolo (Camara e Medeiros, 1998). De acordo com Pettinati (1983) *apud* Câmara e Medeiros (1998) a criação de modelos matemáticos de uma superfície consiste no agrupamento de amostras (x, y, z) que descrevem a superfície real. Pensando em um plano cartesiano, os pontos x e y representam as coordenadas em um plano bidimensional e o z representa as variações contínuas da superfície, porém em uma terceira dimensão.

Atualmente no mercado existem vários *softwares* de SIG que executam trabalhos com MNTs como, por exemplo, o ArcInfo, IDRISI e SPRING. O SPRING (Sistema para Processamento de Informações Georeferenciadas) é um sistema de informação geográfica de 2ª geração, desenvolvido pelo INPE e distribuído gratuitamente ([www.dpi.inpe.br/spring](http://www.dpi.inpe.br/spring)). Seus objetivos são integrar as tecnologias de Sensoriamento remoto e Geoprocessamento e oferecer aos seus usuários um ambiente interativo para visualizar, manipular, editar imagens e dados geográficos. Por ser de acesso gratuito, o SPRING foi o *software* escolhido para realizar os procedimentos técnicos deste trabalho.



### 3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Rio Uberabinha está localizado na região do Triângulo Mineiro no Estado de Minas Gerais. A área de sua bacia é de aproximadamente 2.195 km<sup>2</sup>, drena os municípios de Uberaba, onde esta sua nascente; Uberlândia, médio curso; e Tupaciguara, onde encontra sua foz na margem esquerda do Rio Araguari. Possui uma extensão de 142,7 km e situa-se entre o par de coordenadas 18° 36' e 19° 21' Sul, 47° 51' e 48 33' Oeste. (Figura 1).

Suas nascentes estão na cota aproximada de 1000 metros de altitude localizadas na porção norte do município de Uberaba, atravessa o município de Uberlândia no sentido SE-NO, e deságua no município de Tupaciguara, em sistema de remanso devido ao represamento da UHE de Itumbiara, na cota de 550 metros de altitude. (Duarte, 2005)

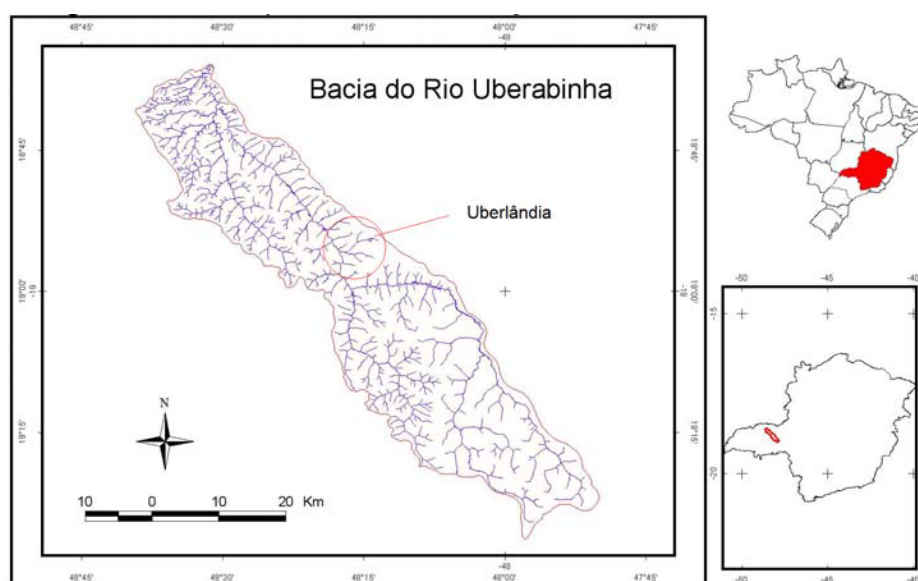
A litologia da Bacia está representada pela ocorrência de aluviões holocênicos e cobertura dentrítico-laterítica do Cenozóico, além de arenitos imaturos e conglomerados da Formação Marília e os basaltos da Formação Serra Geral. “No vale do Rio Uberabinha podem ser evidenciados pelo menos três derramamentos de lava basáltica, fato comprovado pela existência de patamares esculpidos ao longo dos planos que separam os derrames” (Nishiyama, 1989).

O relevo da área de estudo está associado à Bacia Sedimentar do Paraná, com fisionomia relativamente homogênea, apresentando amplos chapadões separados por vales profundos e largos com vertentes altamente dissecadas, como o vale dos Rios Araguari, Jordão, Rio Claro e também o Uberabinha. A morfologia da Bacia do Rio Uberabinha é representada por áreas de relevo de topo plano e áreas de relevo com vertentes de levemente a intensamente dissecadas. (Baccaro, 1989).

O clima da região é o Tropical, caracterizado pela alternância de estações úmidas e secas, por influencia sazonal de massas de ar. A estação chuvosa se concentra nos meses de novembro a fevereiro, e a estação seca dos meses de março a outubro. A temperatura média da região está em torno de 22° C. e umidade relativa do ar média de 71.2%. (Feltran Filho, 1997 e Rosa, 1991, *apud* Brito 2001).

De acordo com EMBRAPA (1982) os solos de maior participação na região são os do tipo Latossolo Vermelho Distroférrico que surgem nas vertentes e interflúvios do baixo curso do Rio Uberabinha e os do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo que são encontrados nas áreas correspondentes às chapadas.

Schneider (1996) coloca que com relação ao uso e ocupação da Bacia de Rio Uberabinha, têm ocorrido rápidas transformações quanto à utilização agrícola do solo. Da pecuária extensiva, que até a década de 1960 se desenvolvia em pastagens naturais de campo cerrado e campos hidromórficos, passou, na década de 1970, pela implantação de extensas florestas homogêneas, de pinus e eucalipto, que, a partir da década de 1980 vem cedendo lugar à moderna agricultura comercial de grãos, especialmente a soja.



**Figura 1** - Mapa de Localização da Área de Estudo. Nogueira 2005.



#### 4. MATERIAIS E PROCEDIMENTOS TÉCNICOS

Para realização do trabalho foram utilizados os seguintes materiais e dados:

- Microcomputador com processador Pentium 4 de 2.4 Gb, memória RAM de 512 Mb, HD de 80 Ghz e monitor de 15 polegadas;
- *Software* SPRING 4.1 e 4.2;
- Cartas topográficas do IBGE na escala de 1:100.000 de Tupaciguara (Folha SE-22-Z-B-V; MI 2450), de Uberlândia (Folha SE-22-Z-B-VI; MI 2451), de Miraporanga (Folha SE-22-Z-D-III; MI 2488) e Nova Ponte (Folha SE-23-Y-C-I; MI 2489);
- Mosaico de Imagens Missão SRTM adquirida no site [http://www.ecologia.ufrgs.br/labgeo/srtm\\_zip\\_rar\\_geotiff.php](http://www.ecologia.ufrgs.br/labgeo/srtm_zip_rar_geotiff.php), em formato TIFF, com MNT (modelo numérico de terreno) em grade regular.

Todos os procedimentos técnicos realizados para este trabalho foram executados no *software* SPRING 4.1 e 4.2, observando-se as fases de Criação do banco de dados, Definição do projeto: Refinamento do MNT, Criação do Mapa Hipsométrico, Criação do mapa de Declividade, Criação da imagem sombreada e Cruzamento dos mapas Hipsométrico e de Declividade.

#### 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

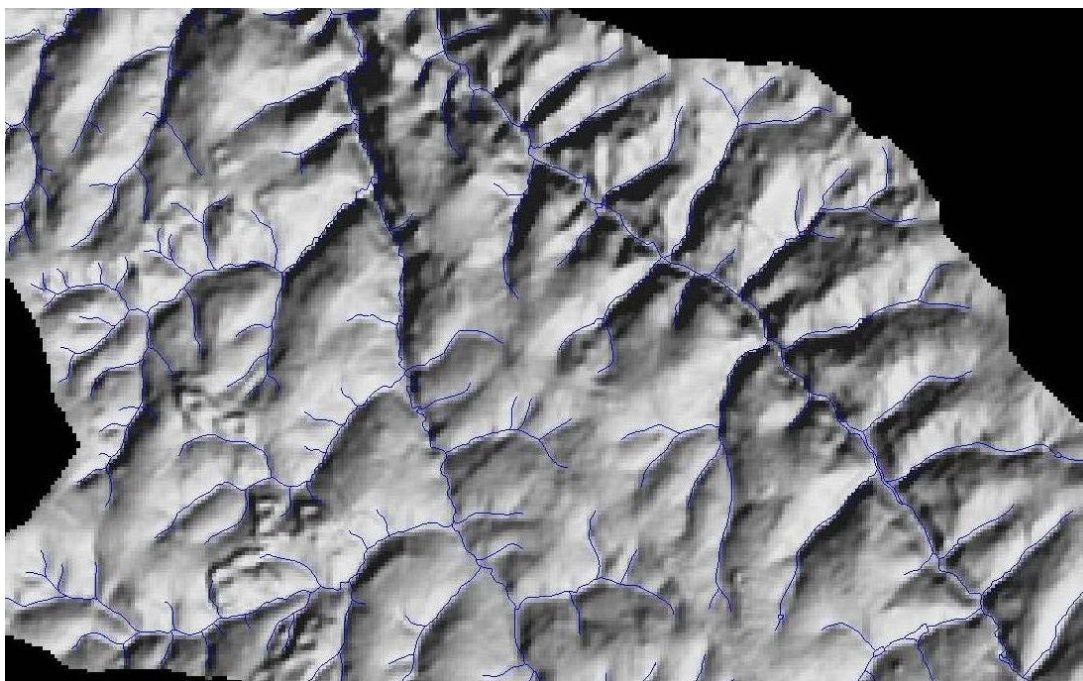
A compartimentação morfológica da Bacia do Rio Uberabinha já é bastante conhecida, principalmente através dos trabalhos de Schneider (1996), Baccaro (1989) e até mesmo da Prefeitura Municipal de Uberlândia (2002). O intuito deste trabalho não foi propor uma nova interpretação para a geomorfologia da Bacia do Uberabinha, mais sim incorporar novas possibilidades metodológicas para estudos desta natureza.

Os resultados obtidos foram satisfatórios na medida em que atenderam as expectativas do início da pesquisa. Todos os objetivos foram alcançados, e os procedimentos técnicos aqui descritos com certeza poderão nortear pesquisas futuras, visto que a metodologia aplicada com a manipulação dos dados e *software* foram descritas passo a passo, e qualquer pessoa com o mínimo de domínio da temática abordada consegue obter os mesmos resultados aqui apresentados.

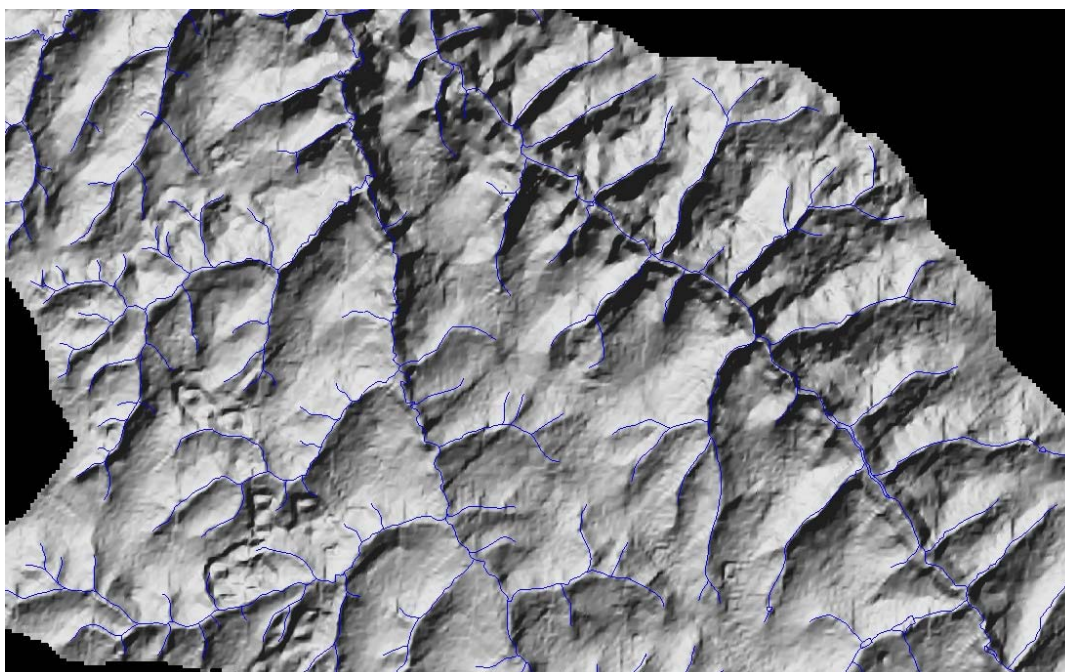
A utilização do *software* SPRING, assim como dos dados SRTM devem ser consideradas bastante importante, pois tratam de ferramentas e dados adquiridos gratuitamente da internet e de fácil acesso a qualquer pessoa. Sendo assim este trabalho pode ser executado sem qualquer ônus.

##### 5.1. REFINAMENTO DOS DADOS SRTM PARA MELHORIA DA RESOLUÇÃO ESPACIAL DA GRADE E IMAGEM DISPONIBILIZADA DE 90 METROS PARA 10 METROS.

As imagens SRTM originais apresentam restrições de uso já apresentadas neste trabalho. Portanto existiu a necessidade de se fazer um pré-tratamento destes dados para posterior utilização. As figuras 2 e 3 trazem uma comparação da imagem sombreada com resolução de 90 metros e 10 metros.



**Figura 2** - Recorte da imagem sombreada da Bacia do Rio Uberabinha gerada a partir dos dados originais da missão SRTM com resolução espacial de 90 metros



**Figura 3** - Recorte da imagem sombreada da Bacia do Rio Uberabinha gerada a partir dos dados SRTM tratados por interpolação bicúbica com resolução espacial de 10 metros.



De acordo com estas figuras, fica claro visualmente a melhoria da resolução espacial da imagem. Além disso, os mapas gerados com base nestes dados refinados, como o mapa de declividade, apresentam resultados condizentes com a realidade. Existe a necessidade de realizar comparações com mapas de declividade confeccionados seguindo outras metodologias, além de dados levantados em trabalhos de campo, para definir a veracidade dos resultados obtidos a partir dos dados SRTM. As metodologias para o uso e aplicabilidades destes dados já são bastante discutidas nas obras de autores como Crepani (2004) e Valeriano (2004).

## 5.2. MAPA HIPSOMÉTRICO TENDO COM BASE DE DADOS O MNT REFINADO COM RESOLUÇÃO DE 10 METROS

O mapa hipsométrico é bastante usual, pois suas cores representando as classes de altitude tornando de fácil leitura e interpretação para qualquer tipo de usuário. O objetivo principal deste trabalho foi realizar uma compartimentação morfológica da Bacia do Rio Uberabinha, desta forma a amplitude de altitudes do relevo da bacia representada pelo mapa hipsométrico foi de fundamental importância para se chegar ao resultado final.

A título de comparação de resultados, foram gerados dois mapas hipsométricos, o primeiro com classes de 100 em 100 metros e o segundo com classes de 25 em 25 metros. O resultado do segundo mapa foi mais satisfatório, pois apresentou uma maior divisão do relevo (20 classes), além de conter, dentro destas vinte classes, a divisão de 100 em 100 metros, entretanto ficou difícil de selecionar vinte cores diferentes para representar cada classe deste mapa, assim o mapa escolhido para apresentação final foi o com classes de 100 em 100 metros.

Tratando da utilização do mapa hipsométrico para compartimentação morfológica, foram feitos testes com os dois mapas para comparação dos resultados. No primeiro foram escolhidas as divisões de classe de 900 e 700 metros como limites de cada compartimento, e no segundo mapa as divisões de 925 e 725 metros. Figura 4. Estas classes foram escolhidas com base na ruptura de declives da bacia, por isso nas duas situações as classes escolhidas são bastante próximas.

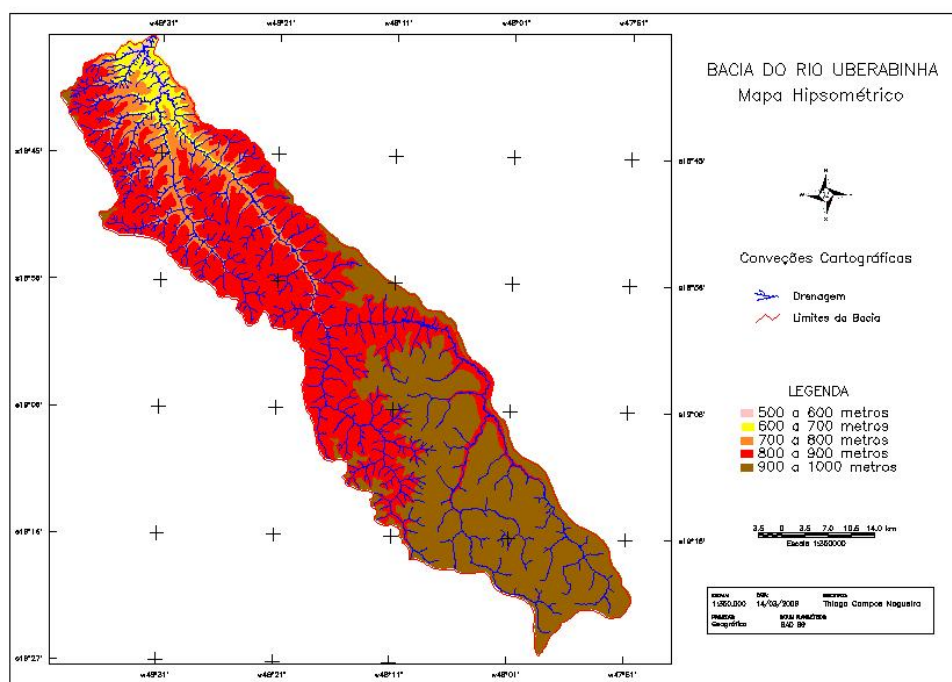


Figura 4 – Mapa Hipsométrico da Bacia hidrográfica do Rio Uberabinha.





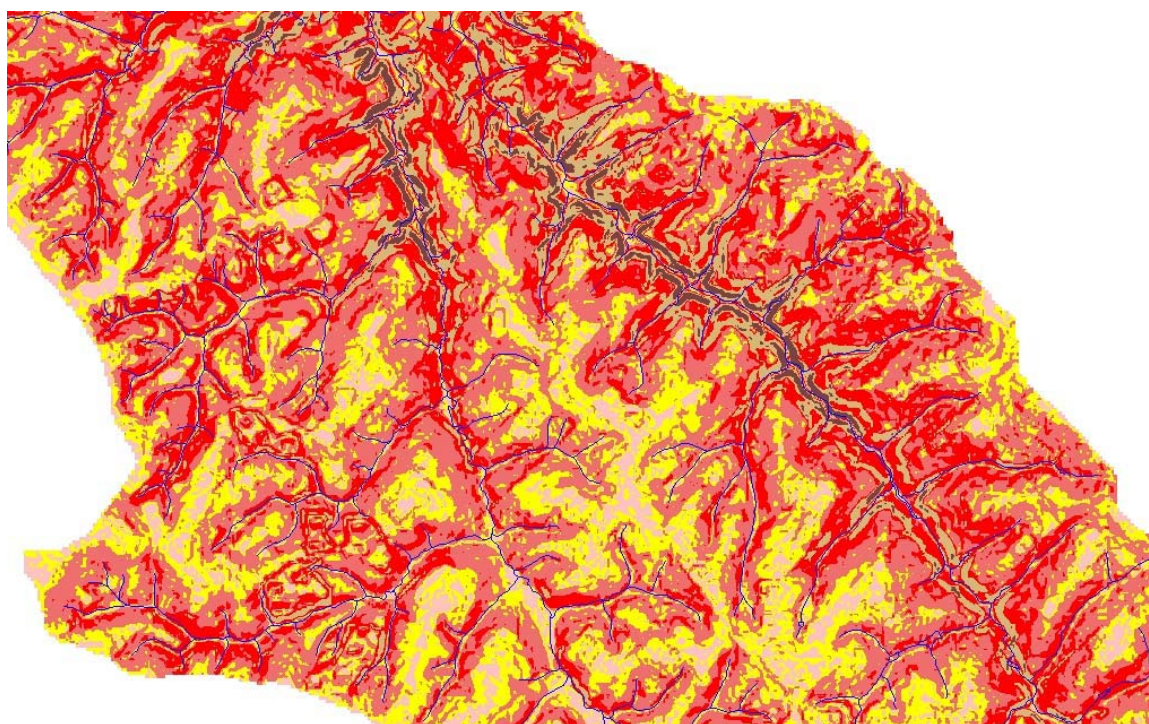
### 5.3. MAPA DE DECLIVIDADE TENDO COMO BASE DE DADOS O MNT REFINADO COM RESOLUÇÃO DE 10 METROS

As declividades são bastante importantes no estudo morfológico de um terreno. A partir da divisão de declividade é possível determinar índices de dissecação do relevo, capacidade de uso do terreno, além de outros parâmetros em uma análise geomorfológica. No presente estudo, o mapa de declividade, assim como o hipsométrico, foi de fundamental importância na identificação dos compartimentos morfológicos da Bacia do Rio Uberabinha.

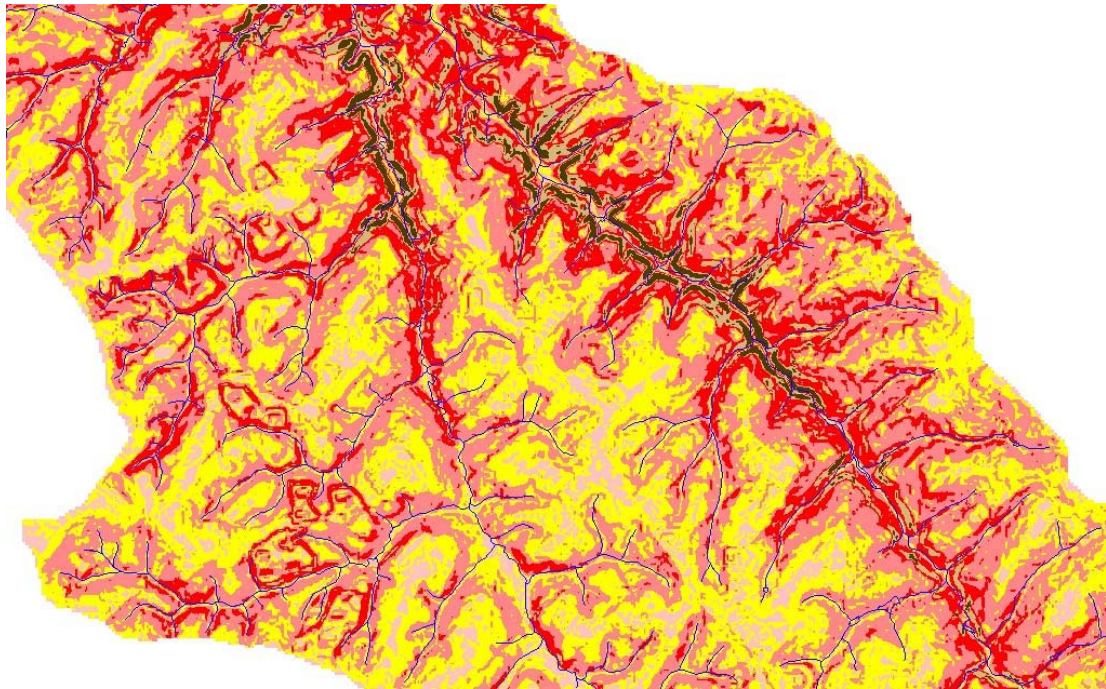
A título de comparação para escolha do resultado que melhor representasse o objetivo principal deste trabalho, foram gerados dois mapas de declividade da área de estudo. Buscou-se utilizar critérios que estejam descritos na bibliografia geomorfológica ou de ciências da terra, ou em recomendações técnicas para mapeamentos. A escolha deste valores levou em consideração o relevo regional, que apresenta padrões de vertentes com declividades que dificilmente ultrapassam os 30% de inclinação.

Neste sentido utilizou-se primeiramente classes de declividades apontados por Rodrigues (2000) com as classes (0 a 2%, 2 a 4%, 4 a 8%, 8 a 16% e 16 a 30%) (Figura 5), e o segundo, seguindo os já consagrados estudos de índice de dissecação do relevo (Ross, 2001), com as classes (0 a 2%, 2 a 5%, 5 a 10%, 10 a 20%, 20 a 30% e >30%) (Figura 6). Desta forma, comparando os resultados, evitou uma arbitrariedade na escolha da situação que melhor representasse a compartimentação morfológica da Bacia.

Os mapas de declividade gerados foram cruzados com os hipsométricos de acordo com as classes destes selecionadas. Por fim, foi determinado o mapa de compartimentos morfológicos com base no cálculo da porcentagem de ocorrência de declividades em cada classe.



**Figura 5** - Recorte do mapa de declividade onde: rosa – 0 a 2%; amarelo – 2 a 4%; vermelho claro – 4 a 8%; vermelho escuro – 8 a 16%; bege – 16 a 30%; marrom - >30%.



**Figura 6** - Recorte do mapa de declividade onde: rosa – 0 a 2%; amarelo – 2 a 5%; vermelho claro – 5 a 10%; vermelho escuro – 10 a 20%; bege – 20 a 30%; marrom - >30%.

#### **5.4. CRUZAMENTO DOS MAPAS HIPSOMÉTRICO E DE DECLIVIDADE, GERANDO O MAPA DE COMPARTIMENTOS MORFOLÓGICOS DA BACIA DO RIO UBERABINHA.**

O objetivo principal e resultado final deste trabalho foi o mapa de Compartimentos Morfológicos da Bacia do Rio Uberabinha. A compartimentação morfológica de uma área, na perspectiva metodológica de Ross (1992), dentro do 3º táxon correspondente a unidades morfoesculturais, pode ser identificada delimitando-se padrões semelhantes do relevo.

A imagem sombreada gerada com base nos dados SRTM sobreposta às classes hipsométricas, levando em consideração as rupturas de declive, serviu como controle na divisão dos compartimentos, (Figura 7).

Com as classes de altitude escolhidas sobrepostas aos mapas de declividade gerados, calculou-se a porcentagem de cada classe de declividade em cada compartimento. Assim originou quatro situações que foram comparadas e posteriormente escolhidas a que apresentara um resultado mais uniforme com relação à ocorrência de declividade em cada classe. Explicar a escolha das classes de declividade.

Na situação 01 o compartimento Planalto com Superfícies Aplainadas, apresentou aproximadamente 67% de suas declividades entre 0 e 4%. O compartimento Planalto Levemente Dissecado apresentou 67% de suas declividades entre 2 e 8% e por fim o compartimento Planalto Medianamente Dissecado apresentou aproximadamente 75% de suas declividades entre 8 e >30%, (Tabela 1).

Na situação 2 o compartimento Planalto com Superfícies Aplainadas, apresentou aproximadamente 78% de suas declividades entre 0 e 5%. O compartimento Planalto Levemente Dissecado apresentou 76% de suas declividades entre 2 e 10% e por fim o compartimento Planalto Medianamente Dissecado apresentou aproximadamente 63% de suas declividades entre 10 e >30% (Tabela 02).



Na situação 3 o compartimento Planalto com Superfícies Aplainadas, apresentou aproximadamente 74% de suas declividades entre 0 e 4%. O compartimento Planalto Levemente Dissecado apresentou 69% de suas declividades entre 2 e 8% e por fim o compartimento Planalto Medianamente Dissecado apresentou aproximadamente 77% de suas declividades entre 8 e >30%, (Tabela 3).

E finalmente na situação 4 o compartimento Planalto com Superfícies Aplainadas, apresentou aproximadamente 82% de suas declividades entre 0 e 5%. O compartimento Planalto Levemente Dissecado apresentou 78% de suas declividades entre 2 e 10% e por fim o compartimento Planalto Medianamente Dissecado apresentou aproximadamente 64% de suas declividades entre 10 e >30% (Tabela 4).



**Figura 7** - Imagem sombreada da Bacia do Rio Uberabinha. Em vermelho a divisão do compartimento Planalto com Superfícies Aplainadas com a cota 900 metros e em verde com a cota 925 metros.



**Tabela 1** - Porcentagem de ocorrência de declividade em cada compartimento onde: classes de declividade (0 a 2%, 2 a 4%, 4 a 8%, 8 a 16% e 16 a 30%) e divisões de compartimentos 900 e 700 metros.

	Área total (Km <sup>2</sup> )	Área por Declividades (Km <sup>2</sup> )	Altitudes no Compartimento (m)
Planalto com Superfícies Aplanadas	866,270	0 a 2%: 34,81%	1000 a 900
		2 a 4%: 32,28%	
		4 a 8%: 25,32%	
		8 a 16%: 6,96	
		16 a 30%: 0,35%	
	> 30%: 00%		
Planalto Levemente Dissecado	1228,990	0 a 2%: 11,74%	900 a 700
		2 a 4%: 27,09%	
		4 a 8%: 40,53%	
		8 a 16%: 17,47%	
		16 a 30%:2,77%	
	> 30%: 0,37%		
Planalto Medianamente Dissecado	95,690	0 a 2%: 2,13%	700 a 500
		2 a 4%: 4,74%	
		4 a 8%: 17,75%	
		8 a 16%: 40,21%	
		16 a 30%: 25,90%	
	> 30%: 9,25		

**Tabela 2** - Porcentagem de ocorrência de declividade em cada compartimento onde: classes de declividade (0 a 2%, 2 a 5%, 5 a 10%, 10 a 20%, 20 a 30% e >30%) e divisões de compartimentos 900 e 700 metros.

	Área total (Km <sup>2</sup> )	Área por Declividades (Km <sup>2</sup> )	Altitudes no Compartimento (m)
Planalto com Superfícies Aplanadas	866,270	0 a 2%: 34,81%	1000 a 900
		2 a 5%: 42,94%	
		5 a 10%: 18,87%	
		10 a 20%: 3,47%	
		20 a 30%: 0,06%	
	> 30%: 00%		
Planalto Levemente Dissecado	1228,990	0 a 2%: 11,74%	900 a 700
		2 a 5%:40,19%	
		5 a 10%: 36,33%	
		10 a 20%: 10,09%	
		20 a 30%: 1,25%	
	> 30%: 0,37%		
Planalto Medianamente Dissecado	95,690	0 a 2%: 2,13%	700 a 500
		2 a 5%: 7,98%	
		5 a 10%: 27,22%	
		10 a 20%: 38,23%	
		20 a 30%: 15,18%	
	> 30%: 9,25		



**Tabela 3** - Porcentagem de ocorrência de declividade em cada compartimento onde: classes de declividade (0 a 2%, 2 a 4%, 4 a 8%, 8 a 16% e 16 a 30%) e divisões de compartimentos 925 e 725 metros.

	Área total (Km <sup>2</sup> )	Área por Declividades (Km <sup>2</sup> )	Altitudes no Compartimento (m)
Planalto com Superfícies Aplainadas	648,730	0 a 2%:40,85% 2 a 4%: 33,02% 4 a 8%: 21,11% 8 a 16%:5,14% 16 a 30%:0,30% > 30%: 00%	1000 a 925
Planalto Levemente Dissecado	1390,370	0 a 2%: 11,99% 2 a 4%: 28,01% 4 a 8%: 41,06% 8 a 16%: 16,73% 16 a 30%:2,09% > 30%:0,11%	925 a 725
Planalto Medianamente Dissecado	115,660	0 a 2%: 1,95% 2 a 4%: 4,38% 4 a 8%: 16,62% 8 a 16%: 39,97% 16 a 30%: 26,78% > 30%: 10,05	725 a 500

**Tabela 4** - Porcentagem de ocorrência de declividade em cada compartimento onde: classes de declividade (0 a 2%, 2 a 5%, 5 a 10%, 10 a 20%, 20 a 30% e >30%) e divisões de compartimentos 925 e 725 metros.

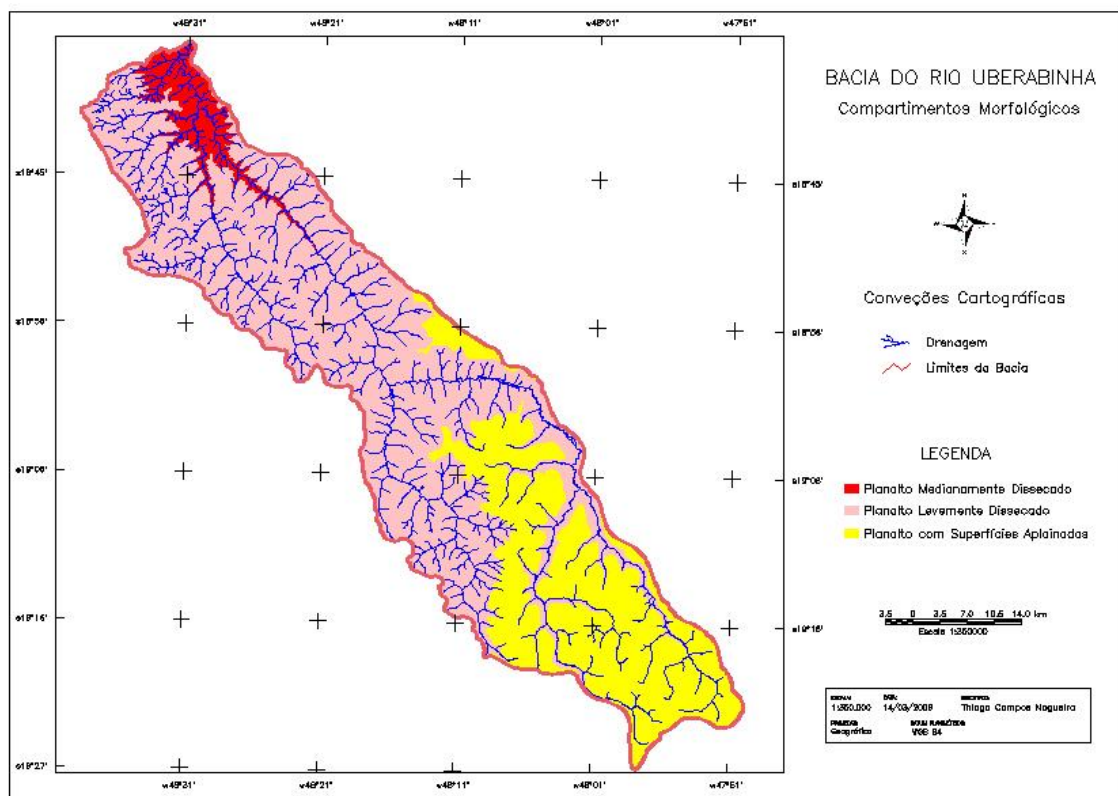
	Área total (Km <sup>2</sup> )	Área por Declividades (Km <sup>2</sup> )	Altitudes no Compartimento (m)
Planalto com Superfícies Aplainadas	648,730	0 a 2%: 40,85% 2 a 5%: 41,53% 5 a 10%: 14,99% 10 a 20%:2,56% 20 a 30%: 0,05% > 30%: 00%	1000 a 925
Planalto Levemente Dissecado	1390,370	0 a 2%: 11,99% 2 a 5%:41,53% 5 a 10%: 36,22% 10 a 20%: 9,30% 20 a 30%: 0,84% > 30%: 0,11%	925 a 725
Planalto Medianamente Dissecado	115,660	0 a 2%: 1,95% 2 a 5%: 7,41% 5 a 10%: 26,24% 10 a 20%: 38,34% 20 a 30%: 15,98% > 30%: 10,05	725 a 500



Comparando as quatro situações, mesmo levando em consideração que a porcentagem de declividade em cada classe não foi muito discrepante entre elas, optou-se pela escolha da situação 4, ou seja aquela onde foi usada as classes de declividade de (0 a 2%, 2 a 5%, 5 a 10%, 10 a 20%, 20 a 30% e >30%) e divisões dos compartimentos nas altitudes 925 e 725, como representativa da compartimentação morfológica da Bacia do Rio Uberabinha. (Figura 8). Esta escolha foi baseada na melhor referencia em relação ao aspecto visual encontrado na comparação com a imagem de controle (Figura 7), pois nesta identifica-se que as bordas das superfícies aplanadas estão mais ajustadas a valor da cota de 925 metros.

Por outro lado, os valores de declividade usados apresentam pouca diferença estatística entre os valores encontrados para cada compartimento, mas na situação 4, escolhida para composição do mapa final, os valores de declividades mais acentuadas, ou seja acima de 30% estão identificados mais claramente.

Os resultados encontrados evidenciam que, para a área de estudo, a combinação das variáveis hipsometria e declividade apresentam um resultado satisfatório para a identificação do melhor posicionamento dos limites entre os diferentes compartimentos de relevo anteriormente definidos para a região. Deve-se, entretanto ressaltar que a grande diferenciação entre os compartimentos, um com características de superfícies de aplainamento, um segundo com suave dissecação e um terceiro em forma de *canyon* com média a forte dissecação, bem como os mapeamentos prévios da região, facilitam a escolha dos níveis altimétricos que se devem comparar no intuito de obter uma melhor resposta do ponto de vista altimétrico.



**Figura 8** - Mapa de Compartimentos de Relevo da Bacia Hidrográfica do Rio Uberabinha.



## 6. CONCLUSÕES

O trabalho apresentado pautado em seus procedimentos técnicos, resultados e discussões foram de grande valia visto que, pode ser aproveitado por outros pesquisadores na utilização do *software* SPRING e dos dados SRTM.

As utilizações dos dados SRTM ainda necessitam de estudos e testes, pois apresenta algumas deficiências principalmente com relação à escala de trabalho. Seu uso com fins para a compartimentação morfológica foi satisfatório, pois se tratou de uma análise em pequena escala, generalizando as feições morfológicas.

Valeriano (2004) coloca nas conclusões de seu trabalho as seguintes orientações para o uso dos dados SRTM: “Não se recomenda a utilização dos dados SRTM originalmente disponibilizadas para a América do Sul devido a sua resolução espacial para a interpretação visual em escalas de 1:250.000 a menores em terrenos com alta frequência de feições (interflúvios de 100 m a 400 m, por exemplo) e pequenas amplitudes (10 m a 30 m); em terrenos de relevo mais pronunciados, pode-se avançar a interpretação de algumas feições que permanecem visíveis a escala maiores, até 1:100.000.”

Neste sentido o refinamento da grade dos dados SRTM com o *software* SPRING é aconselhável, pois ela realiza um realce da morfologia do terreno podendo ser aplicado na geração de mapas de declividade e na geração de isolinhas de altitude (curvas topográficas).

Tratando da compartimentação da Bacia do Rio Uberabinha, os resultados aqui obtidos devem ser comparados com outros mapeamentos realizados na região utilizando de outras metodologias, além de trabalhos de campo que não foram realizados nesta oportunidade, para checar sua suas falhas e acertos.

O mapa de compartimento geomorfológico gerado mostrou claramente que a bacia hidrográfica possui três compartimentos de relevo a saber: Planalto Levemente Dissecado, Planalto Medianamente Dissecado e Planalto com Superfície Aplainadas, distinguidos através da combinação das informações topográficas com os dados de declividades médias. Estes resultados são totalmente compatíveis com o mapa apresentado por Baccaro (1989), que foi elaborado utilizando-se de metodologia de interpretação de cartas topográficas, imagens de satélite, fotografias aéreas e controle de campo, mostrando que o uso deste procedimento chega a resultados semelhantes, porém em um tempo de processamento de informações muito menor.

A bacia hidrográfica tem 65% de sua área compreendida entre altitudes superiores a 725 m e inferiores a 925 metros, o que configura o Planalto Dissecado com valores suaves de dissecação, fato comprovado também pelos valores predominantes de declividade baixas a médias (variando entre 2 e 20%), compatível com o relevo de baixas colinas que ocorre neste compartimento. Do restante da bacia, 30% encontram-se acima de 925 metros de altitude, compreendendo a superfície de aplanamento, onde 82,38% da área encontra-se com declividades inferiores a 5%, enquanto apenas 5% da área da bacia encontra-se na área de Planalto Medianamente Dissecado, onde as declividades entre 10 e 30% perfazem 54,32% da área da bacia.

Mostrou-se através dos procedimentos adotados nesta pesquisa, que é possível identificar compartimentos de relevo utilizando-se dos dados de interferometria propiciados pelos produtos SRTM. A geração das cartas de declividade, associado ao fatiamento e geração de mapas hipsométricos, propicia a possibilidade de delimitar com razoável grau de precisão, compartimentos de relevo posicionados a certos intervalos topográficos e com características de formas de relevo peculiares.

Sendo assim, o uso dos dados SRTM vem a preencher uma lacuna no mapeamento topográfico e geomorfológico do território brasileiro, pois estes ainda são escassos em algumas regiões do país por falta de levantamentos em campo. Desta forma, como os dados da missão SRTM estão disponíveis para todo o território brasileiro, o uso da metodologia de refinamento dos dados e extração de variáveis morfométricas e altimétricas pode sanar esta falta de dados para o país.



## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Argento, M.S. 2001. Mapeamento Geomorfológico. In: Guerra, A.J.T.; Cunha, S.B. (Org.). Geomorfologia; Uma atualização de bases e conceitos. 4ª ed. Rio de Janeiro; Bertrand Brasil, p.365-392.
- Baccaro, C.A.D. 1989. Estudos geomorfológicos do município de Uberlândia. Sociedade e Natureza, Uberlândia, 1(1): p.17-21, junho.
- Brasil. 1982. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. Projeto RADAMBRASIL - Levantamento de Recursos Naturais. Rio de Janeiro, v.29, 1 mapa, color. Folha SD. 23/Brasília; Escala 1:1.000.000.
- Brito, J.L.S. 2001. Adequação das potencialidades do uso da terra na bacia do ribeirão Bom Jardim no Triângulo Mineiro (MG): ensaio da geoprocessamento. 2001. 184 p. Tese (Tese de Doutorado) – Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas/Departamento de Geografia/USP, São Paulo.
- Câmara, G.; Medeiros, J.S. 1998. Princípios Básicos do Geoprocessamento. In: Assad, E.; Sano, E.E.(eds.), Sistema de Informações Geográficas. Aplicações na Agricultura. Brasília, DF, EMBRAPA.
- Carrizo, B. R. 2000. Vale do Rio Araguari: recordações de um rio que não existe mais. Relatório de Qualificação (Pós-Graduação em Geografia –UFU). Instituto de Geografia. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 101p.
- Crepani, E; Medeiros, J.S. 2004. Imagens Fotográficas derivadas de MNT do Projeto SRTM para Fotointerpretação na Geologia, Geomorfologia e Pedologia. São José dos Campos, INPE. 38p.
- Duarte, W.O; Brito, J.L.S. 2005. Mapeamento da Terra e Cobertura Vegetal da Bacia do Rio Uberabinha Utilizando Imagens dos Satélites LANDSAT 7 e CBERS 2. Iniciação Científica. Uberlândia, 21p. (não publicado)
- EMBRAPA. 1982. Levantamento de Reconhecimento de Média Intensidade dos Solos e Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras do Triângulo Mineiro. Rio de Janeiro, 526p.
- Gerassimov, I.P., Mecerjakov, J.A. 1968. Morphostructure. Fairbridge, R.W. (ed). The Encyclopedia of Geomorphology, Reinhold Book, NY.
- Kohler, H.C. 2002. A escala na Análise Geomorfológica. Revista Brasileira de Geomorfologia, Ano 3, Nº 1, p.21-31.
- Mecerjakov, J.P. 1968. Les concepts de morphostruture et morphoesculture: un nouvel instrument del'analyse geomorphologique. Annales de Geographie. Paris, n.423, set/out, p.539-552.
- Nishiyama, L. 1989. Geologia do município de Uberlândia (MG) e áreas adjacentes, Revista Sociedade & Natureza, Uberlândia, EDUFU, 1(1), p.09-16.
- Nogueira, T.C.; Rodrigues, S.C. 2005. Comparação entre um Mapeamento Geomorfológico Tradicional, com base na Interpretação de Imagem de Satélite e Mapeamento através da análise de um Modelo Numérico de Terreno (MNT). XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, Anais. São Paulo.
- PMU. 2002. Prefeitura Municipal de Uberlândia. Estudos de inventário hidrelétrico da bacia do rio Uberabinha 2002. Projeto de Pesquisa. Uberlândia. Não publicado.
- Rodrigues, S.C. 2000. Análise da fragilidade do relevo. Abordagem empírico-experimental. Revista Sociedade & Natureza. Uberlândia, 12 (23). janeiro/junho, p.167-189.
- Ross, J.L.S. 1992. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. Revista do Departamento de Geografia. São Paulo: Edusp. n.6, p.17-30.
- Ross, J.L.S. 2001. Geomorfologia: Ambiente e Planejamento. São Paulo: Editora Contexto, p.85.
- Schneider, M.O. 1996. Bacia do Rio Uberabinha: uso agrícola do solo e meio ambiente. 1996. Tese (Tese de Doutorado) – Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas/USP, São Paulo. 157p.
- Souza, L.H.F. 2006. Representação gráfica de feições lineares do relevo: proposta de aplicação de simbologia linear digital na cartografia geomorfológica, 2006. Mestrado em Geografia. Universidade Federal de Uberlândia.
- Valeriano, M. M. 2004. Modelo Digital de Elevação com dados SRTM disponíveis para a América do Sul. São José dos Campos. INPE, 72 p.