

A ATUALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA DA REDE DE DRENAGEM E A ANÁLISE MORFOMÉTRICA DO RELEVO

Andréa Aparecida Zacharias Augusto
Maria Isabel C. de Freitas Viadana

Universidade Estadual Paulista – UNESP¹
Av. 24-A, 1515 – 13506-900, Rio Claro (SP) – Caixa Posta 178
e-mail: aaza@caviar.igce.unesp.br

ABSTRACT

The topographic mapeament is less than expectative in relation necessities of the country due to problems of update. This fact that is viable the cause of development of methodology of update topographic maps. This way, a purpose on second that come being very diffused means of the advantages is present is the use the images by digital way. Using this purpose, this work has a objective tests thecniques update of drainage (rivers, stream, lakes and represas) of a sector topographic maps from IBGE 1:50.000, Botucatu leaf, through of using orbitais images, Sistem IDRISI version 4.1 and AutoCAD R.12. Knowing the importance of drainage in elaboration for morfometric documents, is also the objective of this work to carry out a study comparitive of morfometric analisys of the reliev based on maps of drainage original and in mapas of drainage that vent update.

1. Introdução

A Cartografia, de acordo com Pezzotti et alii (1994), surgiu da necessidade do homem em conhecer mais detalhadamente o mundo onde vivia, e documentá-lo, a fim de transmitir esse conhecimento a outros membros de seu grupo. Pode ser definida como a ciência, a técnica e a arte de representação espacial das alterações dos fenômenos da natureza e da sociedade ao longo do tempo. Os objetivos que a norteiam são a elaboração e preparo de cartas, mapas e outras formas de representação cartográfica, bem como sua utilização, conforme definição da UNESCO de 1966 (FERREIRA, 1988).

Neste contexto as Cartas Topográficas constituem-se em documentos extremamente importantes, pois ao corresponderem a relação entre as informações da verdade terrestre e sua representação no papel, possibilitam à apreensão de elementos da paisagem como: relevo, altitude, declividade, sítio urbano, utilização do solo, drenagem etc., além de serem ferramentas essenciais para o desenvolvimento de pesquisa de campo e gabinete relacionadas às mais variadas áreas do conhecimento.

Apesar desta conhecida importância, o seu uso atual deve ser precedido de cautela visto que as Cartas Topográficas no Brasil estão com sérios problemas de desatualização. No Estado de São Paulo, por exemplo, as fotografias aéreas tomadas para elaboração de Cartas Topográficas IBGE na escala 1:50.000 são datadas de 1965, apresentando uma defasagem de conteúdo correspondente a mais de 30 anos.

Por outro lado FERREIRA (1988), salienta ainda que, segundo o Plano Cartográfico Nacional elaborado pela Comissão de Cartografia do Ministério da Ciência e Tecnologia, o mapeamento topográfico brasileiro, ainda está aquém das expectativas em relação às necessidades do país. Em termos quantitativos, até 1987 os vazios eram da ordem de 42% na escala de 1:500.000, 31% na de 1:250.000, 35% na de 1:100.000, 87% na de 1:50.000 e 96% na de 1:25.000.

Desta maneira, o desenvolvimento de metodologias de atualização de Cartas Topográficas torna-se fundamental e essencial sendo necessário estruturar quais as melhores a serem empregadas para

que os resultados possam apresentar-se dentro dos padrões de qualidade exigidos para as diferentes escalas, quanto a precisão geométrica e conteúdo informativo.

Uma proposta alternativa para atualização de dados cartográficos, que vem sendo bastante difundida, em função da vantagem que apresenta, é a comparação de imagens orbitais em meio digital. VIADANA (1995) destaca que a transferência das informações de uma imagem para um mapa em meio digital envolve dados na forma de arquivos digitais onde, por comparação, pode-se detectar as mudanças e efetuar as alterações a qualquer momento.

2 Objetivos

Fundamentado na metodologia de comparação de imagens orbitais em meio digital, o presente trabalho tem como objetivo principal testar técnicas de atualização da rede de drenagem, de um setor da Carta Topográfica do IBGE 1:50.000, , através de recursos de sensoriamento remoto e cartografia digital utilizando-se os sistemas IDRISI versão 4.1 e AutoCAD R.12.

Em função da importância da análise morfométrica para os estudos ambientais, e sabendo da importância da rede de drenagem na elaboração de documento com essa característica, após a atualização da rede de drenagem optou-se por elaborar Cartas Morfométricas tecendo um estudo comparativo da morfometria resultante da Carta de Drenagem Original, com a Carta Síntese da Rede de Drenagem, após o processo de atualização.

3. Localização da Área de Estudo

O presente trabalho foi desenvolvido em um setor da carta topográfica do IBGE, folha SF-22-R-IV-3, denominada Botucatu, escala 1:50.000. Trata-se de uma carta produzida na projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), contida no Fuso 22 do Esferóide Internacional, Datum horizontal Córrego Alegre (MG) e Datum vertical marégrafo de Imbituba (SC).

A área de estudo, que é um setor desta carta, localiza-se entre as coordenadas 22°52'30"S e 22°58'50"S e 48°25'38"W e 48°30'W correspondendo a um retângulo de 8.850m X 11.000m.

4. Materiais Utilizados

Para a realização deste projeto foram necessários os seguintes materiais:

4.1 Documentos Cartográficos:

- uma carta topográfica (IBGE) - SF-22-R-IV-3, folha Botucatu, baseada em fotografias aéreas de 1965,65, primeira edição 1969, escala 1:50.000, projeção UTM, Datum Horizontal: Córrego Alegre (MG), Datum Vertical: marégrafo de Imbituba (SC);
- seis cartas topográficas (IGC), baseadas em fotografias áreas de 1977, primeira edição 1978, escala 1:10.000, projeção UTM, Datum Horizontal: Córrego Alegre (MG), Datum Vertical: marégrafo de Imbituba (SC). Estas denominam-se:
Folha Botucatu III - SF-22-Z-B-VI-3-SO-A; Folha Botucatu IV - SF-22-Z-B-VI-3-SO-B;
Folha Aeroporto Botucatu-SF-22-Z-B-VI-3-SO-C; Folha Fazenda Segrede - SF-22-Z-B-VI-3-SO-D;
Folha Fazenda Albelina - SF-22-Z-B-VI-3-SO-E; Folha Recanto Zodíaco - SF-22-Z-B-VI-3-SO-F.

4.2 Imagens Orbitais

- uma imagem SPOT-HRV-Pancromática, nível 1B, no formato digital, localização K712/J396, datada de 21.05.1991 (estação do ano: outono);
- imagens LANDSAT-TM (6 bandas espectrais), no formato digital, Órbita 220/Ponto 76A, datada de 14.10.1991 (estação do ano: primavera);

4.3 Equipamentos:

- um microcomputador 486-50MHZ com monitor SVGA e periféricos;
- uma Mesa Digitalizadora Digigraph – Ao e Numonics GRID Master – A2;
- Traçador Gráfico - Plotter Digicon.

4.4 Programas Computacionais (Software)

- AutoCAD R.12, utilizado para a geração do arquivo digital correspondente à carta topográfica 1:50.000 e para a edição final das cartas atualizadas;
- IDRISI V. 4.1 - Sistema de Informação Geográfica que opera no modo matricial (*raster*) com a possibilidade de entrada de dados vetoriais, para o processo de atualização das feições correspondente a Rede de Drenagem;
- ROOTSPRO, utilizado como programa intermediário no processo de exportação das feições digitalizadas no AutoCAD para o Sistema IDRISI.

5. Metodologia Proposta e Adotada

Em função dos objetivos propostos, a metodologia neste projeto seguiu três etapas:

5.1 Atualização da Rede de Drenagem:

Trata-se de uma metodologia alternativa para microcomputadoreas proposta por VIADANA (1995), que envolve a geração de um arquivo digital do documento, utilizando de técnicas de Sensoriamento Remoto e Cartografia Digital através dos sistemas IDRISI versão 4.1 e AutoCAD R. 12. A metodologia, nesta primeira etapa, seguiu a seqüência abaixo:

5.1.1 Digitalização da Carta Topográfica Original, Edição e Importação dos Dados para o IDRISI:

Utilizando o programa AutoCAD R.12 constituiu em digitalizar o setor da Carta Topográfica, escala 1:50.000, procurando extrair as feições correspondentes a rede de drenagem, tais como: rios, córregos, represas e lagoas. Após, efetuou-se edição dos dados e a importação para o SIG adotado.

A importação dos dados para o IDRISI, deu-se através da geração de arquivos DXF. Utilizou-se o Programa ROOTSPRO, como intermediário, na etapa de exportação do arquivo DXF, gerando-se os arquivos com extensão .VEC e .DVC, no formato do IDRISI.

5.1.2 Geo-Referenciamento das Imagens e da Carta

Iniciando o trabalho no SIG IDRISI, executou-se conforme VIADANA (1995), o geo-referenciamento das imagens orbitais e da carta digitalizada, operação de fundamental importância quando se pretende trabalhar com dados espaciais em um SIG. Os mapas e imagens geo-referenciados permitem que para cada pixel da tela, determinem-se as suas respectivas coordenadas do terreno. Para a

realização do geo-referenciamento usou-se a função RESAMPLE do IDRISI adotando-se o Sistema da Carta Original- Sistema UTM (Projeção Universal Transversa de Mercator) para padronizar as informações das imagens orbitais (6 Bandas LANDSAT-TM e a SPOT-P).

Efetuiu-se, desta forma, a coleta das coordenadas de 6 Pontos de Controle oriundos das cartas topográficas do IGC, (extraídos através de um escalímetro) e, das imagens orbitais LANDSAT-TM e SPOT-P (extraídos através das medições realizadas diretamente em tela).

5.1.3 Processamento e Realce das Imagens Orbitais

O processamento das imagens orbitais foi realizado utilizando os Módulos de Processamento Digital do sistema IDRISI. Buscou-se, nesta fase, a geração de novas imagens que realçassem os corpos d'água da área de estudo, atendendo assim parte dos objetivos do trabalho.

Foram testadas as imagens SPOT-P e LANDSAT-TM (6 bandas) individualmente, utilizando as funções HISTO e STRETHC, uma vez que, a HISTO possibilita produzir o histograma relativo à frequência dos níveis de cinza (DNs) de uma imagem e, a função STRETCH, é responsável pelo contraste e realce de uma imagem. Também, nesta fase testou-se o realce de imagens através da técnica de hibridação - transformação IHS envolvendo imagens LANDSAT-TM e SPOT-P, tomando por referência o trabalho de VIADANA (1995).

Antes da aplicação da hibridação foi necessário efetuar a uniformização da resolução espacial das imagens envolvidas.

Estando todas as imagens uniformizadas quanto à resolução espacial e ao tamanho, deu-se início a fusão de imagens através da função COLSPACE (Transformação IHS no IDRISI). Realizou-se, assim, a aplicação da transformação dos componentes RGB (**Red**-vermelho, **Green**-verde e **Blue**-azul) em componentes IHS (**Intensity**-Intensidade, **Hue**-matriz e **Saturation**-saturação). Esse processo produz segundo VIADANA (1995) três novas imagens, representando respectivamente a intensidade, a saturação e o matiz do triplete original. Para esta pesquisa as composições escolhidas na seqüência RGB foram: TM-321; TM-432; TM-435; TM-437; TM-472; TM-543 e TM-743.

De posse das imagens no espaço IHS, num segundo momento, efetuou-se a transformação inversa, do espaço IHS para o espaço original RGB substituindo o componente I (Intensidade) pela banda SPOT-P, o que resultou na composição colorida correspondente à resolução espectral das 3 bandas TM e resolução espacial, equivalente à SPOT-P (10m).

5.1.4 Atualização em Tela e Edição das Feições Atualizadas

Na seqüência realizou-se a atualização da carta topográfica através da digitalização em tela pelo programa IDRISI. Foram três as imagens escolhidas para serem atualizadas; a LANDSAT-TM3, SPOT-Pancromática e a Imagem Híbrida RGB 472. Neste caso as imagens orbitais geo-referenciadas funcionaram como um pano de fundo, sobre o qual foi visualizado o arquivo vetorial correspondente à carta original. A atualização foi realizada através de um mouse e da função LINE do IDRISI, procurando acrescentar as novas feições correspondentes a rede de drenagem. As digitalizações em tela resultaram em Minutas de Atualização correspondentes as três imagens selecionadas.

5.1.5 Verificação Preliminar das Minutas de Atualização

A verificação preliminar das Minutas de Atualização teve como objetivo reduzir a tarefa posterior de verificação de campo e seguiu detalhadamente a proposta de VIADANA (1995).

Desta forma, seu procedimento, baseou-se na montagem de um mosaico das 6 cartas topográficas do IGC, através de fotocópias reduzidas. A escala aproximada, foi 1:30.000. Com um lápis colorido azul, neste mosaico, foram destacadas todas as feições de interesse correspondente a rede de drenagem, tais como: rios, córregos, ribeirões, lagoas e represas.

Após realizou-se a impressão das Minutas em material transparente (na forma de acetato), de forma que estas pudessem ser superpostas ao mosaico das cartas do IGC. Todavia, para tal operação, foi necessário, ampliar as Minutas que originalmente estavam na escala de 1:50.000 para a escala do mosaico (1:30.000). Este procedimento de superposição foi importante porque esclareceram dúvidas de interpretação como: trechos de estradas ou cercas interpretados como rios e a direção correta de algumas feições de drenagem, obtida do mosaico através das curvas de níveis.

5.1.6 Trabalho de Campo

Tendo em mãos o mosaico, as informações das minutas em material transparente, bem como as Cartas Topográficas do IGC (1:10.000) e as Cartas Topográficas do IBGE (1:50.000), deu-se início ao Trabalho de Campo.

O Trabalho de Campo solucionou os problemas resultantes de erros de interpretação, bem como auxiliou na detecção de novas informações relativas aos objetos analisados, como: existência de rios, comprimento dos mesmos, presença de represamentos, dentre outros.

5.1.7 Interpretação Final

A interpretação final resultou da visualização das imagens orbitais como pano de fundo no IDRISI, em comparação com a verdade de campo registrada nas minutas em material transparente.

O objetivo nesta fase foi o de complementar a interpretação inicialmente realizada com as digitalizações em tela, porém tendo-se agora os resultados da verificação de campo.

Feitas as alterações finais exportou-se os novos arquivos para o AutoCAD para a edição, onde procurou-se acrescentar as novas informações obtidas em campo e eliminar as não mais existentes ou aquelas resultantes de erros de interpretação.

5.2 Carta Síntese da Rede de Drenagem

A elaboração da uma Carta Síntese da Rede de Drenagem visa integrar em uma única carta as informações obtidas nas Imagens Orbitais SPOT-P, LANDSAT-TM e HÍBRIDA (RGB 472), durante o processo de atualização da Rede de Drenagem, acrescidas das informações provenientes da interpretação da Carta Topográfica do IGC, escala 1:10.000 e de Campo. Na realidade, o objetivo desta fase foi o de complementar as interpretações obtidas com as três Cartas resultantes da atualização, uma vez que, dada a falta de nitidez em determinados trechos, alguns corpos d'água não apareceram em todas as imagens.

Primeiramente, selecionou-se entre as Três Cartas Atualizadas, a Carta de Drenagem SPOT-P para servir de base para a inclusão das feições provenientes das outras duas Cartas. Após, iniciou-se assim, a formação dos blocos a serem inseridos na carta de base, utilizando a opção BLOCK e WBLOCK do AutoCAD R.12.

De posse das Minutas em material transparente (na escala 1:30.000 com a verdade de campo registrada) sobreposta ao mosaico (escala 1:30.000) resultante de fotocópias reduzidas das 6 Cartas Topográficas do IGC procedeu-se a seleção dos corpos d'água para a geração da Carta-Síntese, adotando como regra a exclusão das feições que menor semelhança apresentasse com a realidade do terreno. Desta interpretação final surgiu a Carta-Síntese de Drenagem Atualizada do Setor da folha Botucatu.

5.3 Análise Morfométrica

Partindo da elaboração de quatro cartas morfométricas (Carta de Declividade, Carta de Dissecação Horizontal, Carta de Dissecação Vertical e a Integração dos Dados), tal metodologia permite uma análise morfométrica da área de estudo, fornecendo uma representação espacial dos fenômenos envolvidos. A metodologia, nesta terceira etapa, seguiu a seqüência abaixo:

5.3.1 Carta Clinográfica

Medindo a declividade entre as curvas de nível, entre o canal fluvial e a curva de nível e, entre os topos dos interflúvios e as curvas de nível, a Carta Clinográfica, conhecida também como Carta de Declividade, consiste basicamente num instrumento com o qual pode-se representar os aspectos morfoesculturais do terreno.

Para a sua elaboração, no entanto, dois elementos básicos foram fundamentais:

- a) uma base cartográfica, contendo o traçado das curvas de nível;
- b) um ábaco que efetua a medida de declividade média entre duas curvas de nível de um terreno.

Dentre as metodologias para a elaboração de Cartas Clinográficas optou-se, neste projeto, pela aplicação do método convencional de DE BIASI (1970), considerando as adaptações proposta por SANCHEZ (1993).

O método de DE BIASI (op. Cit.) propõe a construção do ábaco, denominado por este de *Principal*, sendo que sua utilização consiste na movimentação deste sobre duas curvas de nível sucessivas, de valores diferenciados, fazendo com que sempre coincida a direção das perpendiculares do ábaco com a linha de maior declividade da vertente. Seguindo as adaptações propostas por SANCHEZ (1993) ao método convencional de DE BIASI também foi construído um segundo ábaco, denominado de *Suplementar*, utilizado em situações específicas, como: espaço entre curvas de níveis e o curso fluvial-fundo de vale; em topos de interflúvios e em locais em que o traçado da curva de nível não permite compará-la com outra curva de valor diferenciado.

5.3.2 Carta de Dissecação Horizontal

Com a finalidade de atingir um estudo comparativo da Dissecação Horizontal, através da Carta da Drenagem Original e da Carta Síntese da drenagem final (resultante da atualização), foram elaboradas duas cartas de dissecação horizontal, tendo como referências as duas bases cartográficas.

Com a possibilidade de identificação da distância que separa os talwegues das linhas de cumeeada das bacias, a elaboração das cartas de dissecação horizontal, neste projeto, baseou-se na técnica desenvolvida por SPIRIDONOV (1981) com adaptações proposta por MAURO et. alii (1991).

Desta forma, para a elaboração destas, a primeira etapa correspondeu à delimitação de todas as bacias hidrográficas, tendo sempre como critério, partir da delimitação das maiores para as de menores extensões. Vale esclarecer aqui que, esta imposição de limites é uma etapa importante neste

procedimento, uma vez que, além de estabelecer as áreas fornecedoras de água do escoamento pluvial, também fornece as direções para cada curso fluvial.

Num segundo momento, construiu-se um ábaco tendo como referência a escala de base cartográfica, 1:50.000. Quanto ao uso do ábaco, este foi deslocado sempre entre o talvegue e o divisor de águas, procurando classificar a área segundo as distâncias apresentadas entres esses dois pontos.

Para a construção gráfica, cada classe recebeu uma cor específica que obedecendo os critérios de distribuição de cores da Rosa Cromática. Assim, para as menores distâncias tem-se cores mais fortes, e para as maiores distâncias têm-se cores mais suaves.

5.3.3 Carta de Dissecação Vertical

A carta de Dissecação Vertical do Relevo também foi elaborada de acordo com o método desenvolvido por SPIRIDONOV (1981), a qual indica a altitude relativa entre os topos dos interflúvios e o talvegue, mostrando o quanto o canal fluvial conseguiu entalhar verticalmente.

Para tal, utilizou-se os mesmos critérios da divisão das microbacias estabelecidas na carta de Dissecação Horizontal e, com o auxílio de uma régua plana de 15 cm, marcou-se para cada microbacia, através de uma perpendicular, os pontos nos quais as curvas de nível intersectavam o talvegue. A reta perpendicular foi traçada, adotando como critério, a menor distância possível entre a intersecção do talvegue e o limite da microbacia.

As classes definidas e as informações alcançadas com a aplicação desta técnica levaram as seis classes, cada qual possuindo uma cor representativa. As cores claras indicam fraca dissecação vertical, ocorrendo próximas aos canais fluviais, enquanto que as cores mais fortes representam aquelas mais distantes do talvegue.

5.3.4 Integração dos Dados

A integração dos dados, possibilita a compilação das informações obtidas nas cartas morfométricas do relevo em um único documento cartográfico agrupando todos os dados obtidos com a aplicação das técnicas propostas por DE BIASI (1970) e SANCHEZ (1993) e aquelas propostas por SPIRIDONOV (1981) com adaptações de MAURO et. alii (1991).

Para tal, o primeiro procedimento foi a tabulação das classes correspondente às três cartas. Após, transferiu-se as informações desta para um papel poliéster transparente. Ao término da transposição dos dados da última carta cada espaço dividido teve três algarismo representativos, relacionados aos três documentos cartográficos. Com base, pois, nestes dados integrados deu-se início à elaboração da Carta de Energia do Relevo da área de estudo.

5.3.5 Carta de Energia do Relevo

A Carta de Energia do Relevo de acordo com MENDES (1995) é elaborada com base na integração dos dados. Desta forma, a primeira etapa nesta fase de trabalho, é a classificação das classes de energia do relevo.

Para tanto, fixou-se numa mesa de luz o papel poliéster no qual se encontravam integrados os dados. Sobre esta malha fixou-se um segundo papel, translúcido e fino, sobre o qual, foi desenhado o limite da área de estudo.

Extraído este limite da Carta de Integração, efetuou-se uma combinação dos dígitos existentes, a partir dos quais foram definidas seis classes de energia do relevo para a área de estudo: Muito Forte, Forte, Mediamente Forte, Média, Fraca, Muito Fraca.

6. Resultados Obtidos

6.1 Minutas de Atualização

As Minutas de Atualização apresentadas referem-se somente ao trabalho de atualização em gabinete, sem a etapa de verificação em campo.

De maneira geral, pode-se dizer que as Minutas de Atualização correspondente às imagens orbitais enriqueceram consideravelmente o conteúdo informativo da Carta de Drenagem Original em função da quantidade de feições identificadas por estas (tabela 1).

Através da Tabela 1, pode-se verificar que todas as imagens utilizadas acrescentaram significativa quantidade de informação à Carta de Drenagem Original sendo que, no aspecto quantitativo, observa-se que a Imagem Híbrida

foi a que permitiu o maior número de feições novas. Porém, em função de uma contribuição inferior em termos de detecção dos comprimentos das feições, a Imagem Híbrida apresentou um índice inferior em acréscimos de (21%), quando comparada com a Imagem SPOT-P (28%).

A Imagem SPOT-P também apresentou um número bem expressivo de novas feições de drenagem registrada, perfazendo um total de 53 novas feições, sendo responsável por 28% de acréscimos de novas informações a Carta Original. Todavia, dado o número de dúvidas quanto a interpretação da Rede de Drenagem, as duas Minutas foram as que demandaram maior tempo durante o Trabalho de Campo.

Já a imagem LANDSAT-TM3, mesmo com valores inferiores quando comparadas com as duas primeiras, teve um razoável desempenho ao acrescentar à Carta de Drenagem Original valores significativos de rios, córregos e ribeirões.

Tabela 1 - Comparação entre a quantidade de informação contida nas Minutas de Atualização

| Quantidade De Informação | SPOT-P | | | LANDSAT-TM3 | | | IMAGEM HÍBRIDA | | |
|-----------------------------------|------------------|-----------------------------------|------------|------------------|-----------------------------------|------------|------------------|-----------------------------------|------------|
| | Nº de Feições | Comprimento das Feições (m) | % | Nº de Feições | Comprimento das Feições (m) | % | Nº de Feições | Comprimento das Feições (m) | % |
| Carta Original | 77 | 102.622 | 100 | 77 | 102.622 | 100 | 77 | 102.622 | 100 |
| Novas Feições | 53 | 28.177 | 28 | 51 | 15.987 | 16 | 54 | 21.742 | 21 |
| Minutas de Atualização | 130 | 130.799 | 128 | 128 | 118.609 | 116 | 131 | 124.364 | 121 |

6.2 Cartas de Drenagem Atualizadas

As Cartas de Drenagem Atualizadas provenientes do uso das Imagens Orbitais LANDSAT-TM3, SPOT-P e RGB-472 resultaram da combinação das informações contidas nas Minutas de

Atualização, das verificações através das Cartas Topográficas do IGC e dos trabalhos de campos realizados.

Através da tabela 2, pode-se observar que todas as Cartas de Drenagem atualizadas pelas imagens orbitais (SPOT-P, LANDSAT-TM3 e HÍBRIDA) contribuíram significativamente, para o enriquecimento do conteúdo informativo da Carta de Drenagem Original.

Se analisado o número de feições com as porcentagens obtidas pela atualização das Cartas, pode-se notar que a Imagem LANDSAT-TM3 foi a que apresentou maior número de feições (92) e com a menor porcentagem (33%) na quantidade de informação contida na Carta de Drenagem Final. Tal resultado é bastante importante e mostra o potencial desta imagem para a atualização da drenagem considerando a baixa resolução espacial desta imagem (30m) quando comparada com as outras duas testadas.

A Carta Atualizada pela Imagem SPOT-P teve uma maior participação na identificação de rios e ribeirões, que somada às demais feições apresentou o maior índice de contribuição ao conteúdo informativo da Carta Original.

Já a Imagem Híbrida foi a única que permitiu identificar novas represas e lagoas na área de estudo, fato que torna recomendável para a atualização de rede de drenagem.

Tabela 2 - Comparação entre a quantidade de informação contida nas Cartas de Atualização

| Imagens Cartas | SPOT-P | | | LANDSAT-TM3 | | | IMAGEM HÍBRIDA | | |
|--------------------------------------|---------------|-----------------------------|------------|---------------|-----------------------------|------------|----------------|-----------------------------|------------|
| | Nº de Feições | Comprimento das Feições (m) | % | Nº de Feições | Comprimento das Feições (m) | % | Nº de Feições | Comprimento das Feições (m) | % |
| Carta Original | 77 | 102.622 | 100 | 77 | 102.622 | 100 | 77 | 102.622 | 100 |
| Novas Feições | 90 | 47.129 | 46 | 92 | 34.234 | 33 | 69 | 35.585 | 35 |
| Cartas de Drenagem Atualizada | 167 | 149.751 | 146 | 169 | 136.856 | 133 | 146 | 138.207 | 135 |

6.3 Carta Síntese da Rede de Drenagem

Dentre os Resultados Obtidos com a Carta Síntese de Drenagem pode-se destacar:

a) Integração das cartas de Drenagem Atualizadas possibilitou a síntese das contribuições das diferentes imagens estudadas em um único documento. Em função do número de novas feições que esta carta apresenta, observa-se que a mesma atendeu satisfatoriamente o objetivo de atualizações proposto neste trabalho.

b) Pode-se constatar que houve um acréscimo de 181 novas feições sobre a Carta de Drenagem Original, que somando com os seus corpos d'água antigos (originais), resultaram num total de 258 feições correspondentes à rede de drenagem (rios, córregos, e ribeirões).

c) As três Cartas Atualizadas pelas Imagens Orbitais, contribuíram significativamente para a geração da Carta Síntese, visto que, as informações contidas nas três cartas completaram-se, viabilizando a existência, bem como a produção, desta Carta-Síntese representativa da Rede de Drenagem da área de estudo.

d) Considerando, as novas feições interpretadas e acopladas aos corpos d'água correspondente a Rede de Drenagem Original, tem-se a situação expressa na tabela 4, que demonstra o quanto em comprimento e porcentagem esta Carta de Drenagem Final contribuiu para atualizar os rios, córregos, ribeirões, lagos e represas, do setor correspondente à área de estudo.

Tabela 4 - Contribuição da Carta Síntese da Rede de Drenagem para Atualização

| Rede De Drenagem | Carta de Drenagem Original | | | Novas Feições | | | Carta Síntese da Rede de Drenagem | | |
|------------------|----------------------------|-----------------------------|------------|---------------|-----------------------------|-----------|-----------------------------------|-----------------------------|------------|
| | Nº Feições | Comprimento das Feições (m) | % | Nº Feições | Comprimento das Feições (m) | % | Nº Feições | Comprimento das Feições (m) | % |
| Rios | 35 | 47.891 | 47 | 69 | 38.406 | 37 | 104 | 86.297 | 85 |
| Ribeirões | 10 | 14.902 | 14 | 15 | 11.987 | 12 | 25 | 26.889 | 27 |
| Córregos | 23 | 35.799 | 35 | 86 | 39.451 | 38 | 109 | 75.250 | 76 |
| Outros | 9 | 4.030 | 4 | 11 | 6.703 | 7 | 20 | 10.733 | 11 |
| TOTAL | 77 | 102.622 | 100 | 181 | 96.547 | 94 | 258 | 199.169 | 194 |

6.4 Análise Morfométrica

Conforme objetivo proposto, os resultados obtidos da análise morfométrica foi produto da análise sobre duas Cartas: uma com base na Drenagem Original e outra baseada na Carta Síntese de Drenagem Atualizada.

6.4.1 Carta Clinográfica

Os resultados obtidos com a Carta Clinográfica podem ser correlacionados com os elementos da paisagem onde se insere a área de estudo. Partindo-se, pois, desta premissa pode-se verificar que a declividade da área está totalmente associada com as suas feições geomorfológicas : Colinas Médias, Morrotes e Espigões e Escarpas Festonadas.

No Centro-Sul tem-se a presença de Colinas Médias, com valores expressivos entre os intervalos de 20% a 25% ou maiores que 25%, a declividade apresenta-se de forma regular, acentuada nos fundos de vale, estabelecendo um intermediário entre as classes superiores e inferiores a estes valores. Porém, a medida que se aproxima do Centro, nota-se uma suavização desta declividade, predominando declives menores, com intervalos de 5% a 10% ou inferiores.

Ao Centro-Sul e Noroeste (NW) tem-se a presença dos Morrotes e Espigões onde pode-se constatar a presença de todas as classes (maiores que 25% a menores que 5%), não havendo nenhuma predominante.

Por fim, na porção Nordeste (NE) têm-se o predomínio das Escarpas Festonadas, composta por grandes espigões com topos angulosos e vales fechados, apresentando declives igual ou superiores a 25%.

Concluindo pode-se constatar que a Rede de Drenagem encontra-se encaixada em um relevo totalmente “tabular”, ora apresentando vales fechados a abertos, ora apresentando relevos angulosos a achatados. Tal situação pode se explicar pela área de estudos encontrar-se inserida no predomínio das Cuestas Basálticas.

6.4.2 Cartas de Dissecação Horizontal

Analisando a Carta elaborada a partir da Base Original pode-se verificar que a Dissecação Horizontal caracteriza-se pelos grandes comprimentos de rampa e longos interflúvios nos três compartimentos geomorfológicos que compõem a área de estudo, o que justifica o predomínio das classes maiores que 800 m, entre 800 a 400m e 400 a 200m.

As distâncias, entre os topos e fundos de vales com intervalos inferiores a 200m distribuem-se em pequenas porções por variados setores da área, geralmente onde há domínio de nascentes ou bacias de recepção.

Já na Carta Atualizada, nota-se uma grande diferença, no que diz respeito a Dissecação Horizontal, pela constante presença de médios a pequenos comprimentos de rampa e curtos interflúvios.

Tal fato justifica o predomínio de Dissecações de 200 a 400 m seguidos das classes de 200 a 100m, 100 a 50m e menores que 50m, distribuídos ao longo da área de estudo, nas diversas nascentes e bacias de recepção que a compõe.

6.4.3 Cartas de Dissecação Vertical

Com base na Carta Original pode-se verificar a Dissecação Vertical da área de estudo é caracterizada por um domínio de médias altitudes relativas havendo o predomínio das classes superiores a 40 até 60 m. Esses valores concentram-se de forma genérica por toda Carta, confundindo-se com os valores inferiores a 40m, os quais ocupam toda extensão dos vales e as diversas nascentes que compõem o Rios, Ribeirões e Córregos da área de estudo.

Os desníveis verticais superiores a 100m ocorrem somente em três setores da área: na porção Nordeste (NE, na área urbana próximo e na porção Noroeste (NW).

Quanto as altitudes relativas entre 60 e 100 m, estas distribuem-se em pequena escala por toda Carta de Dissecação Horizontal, destacando-se na porção Noroeste (NW), Sul, Sudeste (SW) e Leste.

Estes intervalos alteram-se totalmente quando comparados com os valores apresentados pela Carta de Dissecação Vertical baseada na Carta Síntese da Rede de Drenagem.

Nesta nova Carta, a de Dissecação Vertical é caracterizada por uma baixa altitude relativa, na qual os desníveis verticais superiores a 100m não ocorrem em nenhuma porção da Carta de Dissecação.

Altitudes relativas entre 60 e 100m distribuem-se de forma genérica por toda Carta, porém, apresentando pequena expressão quando comparadas com a Carta de Dissecação anterior.

São, pois, os valores de 20 a 40m que predominam na Carta, distribuindo-se por toda extensão dos vales e nascentes que compõem a Rede de Drenagem da área de estudo.

6.4.4 Cartas de Energia do Relevo

De modo geral, verificando-se a Carta de Energia do Relevo resultante da Carta de Drenagem Original pode-se dizer que há dois grandes domínios de categorias predominantes distribuídos ao todo a área de estudo. As porções S, SE, SW, E e NW apresentam áreas com ocorrência de Energia Média, que se caracterizam por declividades de 15 a 20% e por declives entre 5% a 20% associados com a Dissecação Horizontal de 200 a 800m e Dissecação Vertical variando entre 60m até a classe menor que 20m. Enquanto nas porções O, Centro-Norte caracterizam-se pela

presença de Energia Fraca, constituídas por declividades iguais ou inferiores a 15% em associação a uma dissecação vertical inferior a 60m e dissecação Horizontal menor que 100m.

Ainda é comum encontrar-se Energia Muito Forte, Forte e Mediamente Forte em algumas porções da área de estudo, como por exemplo na Serra de Botucatu, porém sem grande expressão.

Comparando esta situação com a Segunda Carta de Energia do Relevo resultante da Carta de Drenagem Atualizada, constata-se que os dois grandes domínios (Energia Fraca e Média) caracterizados acima, conservam-se como sendo as de maiores ocorrências. Todavia nota-se um pequeno acréscimo da Energia Média sobre a Energia Fraca, situação contrária na Carta Original.

Outro fato interessante que merece destaque, nesta nova Carta são os aumentos das áreas com predomínio de Energias Muito Forte e Forte. Ainda com pequena expressão estas Energias distribuem-se ao longo da área de estudo sem uma orientação definida, porém, sempre correlacionada aos fundos de vales.

7. Conclusão

Com base nos Resultados Obtidos pela atualização da Carta de Drenagem (IBGE), correspondente a um setor da Folha Botucatu, escala 1:50.000 e, posterior Análise Morfométrica, pode-se concluir que:

- a) apesar das limitações oferecidas pelos Programas AutoCAD R.12 e IDRISI versão 4.1, os objetivos propostos foram totalmente atingidos e os resultados satisfatórios e condizentes com as preocupações levantadas durante o escopo do trabalho.
- b) Pode-se constatar que são várias as vantagens desta proposta alternativa SIG/AutoCAD/Imagens Orbitais quando comparada com os métodos convencionais ou analógicos, visto que as informações dos mapas são armazenadas em meio digital podendo o usuário realizar uma atualização constante em suas informações. A vantagem em se gerar o arquivo digital no AutoCAD reside no fato deste sistema permitir a criação de um arquivo DXF que pode ser exportado para os mais poderosos CAD's e SIG's, tornando a informação gerada totalmente aberta. Outra vantagem a ser considerada são as técnicas de realce disponíveis nos módulos de Processamento de Imagens do Programa IDRISI, permitindo explorar as diferentes bandas espectrais das imagens orbitais, o que viabilizou a identificação e interpretação da Rede de Drenagem no trabalho de atualização.
- c) Considerando as maiores contribuições das imagens orbitais a SPOT-P possibilitou a detecção do maior número e comprimento de feições; a Híbrida permitiu a interpretação de represas e lagos e finalmente a TM-3, que embora com menor resolução espacial, permitiu a detecção de números significativo de feições, facilitando inclusive o registro da forma das mesmas.
- d) A Carta Síntese da Rede de Drenagem, mostrou-se superior as anteriores por oferecer uma síntese da informação contida nas mesmas e, por contribuir em 94% para o enriquecimento do conteúdo informativo da Carta Original. Este resultado mostra a importância da elaboração de uma Carta Síntese durante o processo de atualização.
- e) Apesar das limitações oferecidas pelo Trabalho de Campo, devido a falta de acesso até as margens de algumas das feições de drenagens, a utilização conjunta deste com as Cartas Topográficas do IGC, foi indispensável para o controle e eliminação de dúvidas de interpretação gerados pela utilização de Imagens Orbitais no SIG
- f) Através da Análise Morfométrica comparativa realizada neste trabalho ficou constatada a importância de efetuar a atualização, baseada em Imagens Orbitais, e da posterior geração da Carta Síntese da Rede de Drenagem. Esta etapa, embora implique em maior trabalho e maior tempo de dedicação, é fundamental para que a análise morfométrica do relevo represente com maior

fidelidade a realidade atual da área de estudo. Embora, nesta pesquisa os dados de declividades tenham sido obtidos apenas a partir da Carta Original, acredita-se que se for também considerada a Carta Atualizada para a obtenção dos dados da declividade, ter-se-à uma ampliação da diferença entre os resultados de Energia do Relevo obtidos a partir das duas Cartas analisadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DE BIASI, M.** Cartas de declividade: confecção e utilização. São Paulo. **Geomorfologia**. nº 21. 1970. pp.8-12.
- FERREIRA, N. A.** Um sistema para atualização de documentos cartográficos em ambientes de microcomputadores. Rio de Janeiro: Instituto Militar de Engenharia. Tese de Mestrado. Ministério do Exército - Secretaria de Ciência e Tecnologia. 1988. 63 p.
- MAURO, C. A et. alii.** Contribuição ao Planejamento Ambiental de Cosmópolis - SP - BR. In: Encontro de Geógrafos de América Latina, 3. Toluca. Memórias Toluca, UAEM, v.4. pp. 391-419. 1991.
- MENDES, I. A.** A Dinâmica Erosiva do Escoamento Pluvial na Bacia do Córrego Lafone-Araçatuba - SP. Tese de Doutorado em Geografia Física. São Paulo. FFLCH. USP. 1993.
- PEZZOTTI, A. A. et. alii.** Proposta metodológica para elaboração de uma base cartográfica digital para utilização em SIG. Presidente Prudente. Trabalho de Graduação. UNESP. 1994. 109p.
- SANCHEZ, M. C.** A propósito das cartas de declividade. In; SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, V. **Anais**. São Paulo:USP. 1993. pp. 311-314.
- VIADANA, M.I.C .** Atualização de cartas topográficas utilizando imagens orbitais - metodologia alternativa para microcomputadores. São Paulo. Tese de Doutorado. Curso de Pós-Graduação em Engenharia dos Transportes. Escola Politécnica da USP. 1995. 135 p.