

## ANÁLISE COMPARATIVA DE TÉCNICAS CARTOGRÁFICAS PARA O MAPEAMENTO CLINOGRÁFICO

Leonardo da Silva Thomazini  
Universidade Estadual de São Paulo - UNESP  
leonardo@rc.unesp.br

Eder Roberto Silvestre  
Universidade Estadual de São Paulo - UNESP  
eder.roberto@hotmail.com

Cenira Maria Lupinacci da Cunha  
Universidade Estadual de São Paulo - UNESP  
cenira@rc.unesp.br

### EIXO TEMÁTICO: GEOGRAFIA FÍSICA E GEOTECNOLOGIAS

#### RESUMO

Os mais recentes avanços tecnológicos, associados à necessidade de criação de mapas temáticos, cada vez mais utilizados no gerenciamento ambiental e na gestão do território, propiciaram a criação de programas computacionais que auxiliam a produção de tais mapas, dinamizando o processo de confecção, diminuindo o tempo gasto e os custos. Entre tais mapas, destacam-se os de declividade. Contudo, os produtos cartográficos de tais *softwares* nem sempre correspondem ao produto de confecção manual, acarretando perda de confiança por parte daqueles que utilizam esses mapas temáticos. Diante de tais fatos, o presente trabalho tem por objetivo identificar as principais diferenças entre mapas clinográficos feitos por meio digital e aqueles realizados pelo método convencional. Tendo como objeto de estudo a Bacia Hidrográfica do Córrego do Castelo, localizada no município de Bauru, Estado de São Paulo, Brasil, confeccionou-se uma carta de declividade por meio do método manual e outra pelo método digital. Ao analisá-las, constatou-se que as diferenças entre as cartas foram pequenas, porém significativas, considerando-se que as cartas clinográficas são geralmente utilizadas na obtenção de dados primários para a confecção de outras cartas.

#### Palavras-Chave

Cartografia Digital, Mapa de Declividade, Bacia Hidrográfica

#### ABSTRACT

The most recent technological advances, associated with the need to create thematic maps, which have been increasingly employed in environmental management and in land management, propitiated the creation of computer programs that help to produce such maps, streamlining the production process, reducing the time spent and costs. Among them, the declivity maps stand out. However, the cartographic products made by such software do not always correspond to the product made by hand, resulting in loss of confidence from those who use these thematic maps. Given these facts, this paper aims to identify the main differences between clinographic maps made by digital means and those carried out by the conventional method. Having the Córrego do Castelo hydrographic basin, located in the city of Bauru, State of São Paulo, Brazil, as its research object, a declivity chart was made by the manual method and another by the digital method. When analyzed, it was found that the differences between the charts were small but significant, considering that clinographic charts are generally used for obtaining primary data for the production of other charts.

#### Key Words

Digital Cartography, Declivity Map, Hydrographic Basin

## INTRODUÇÃO

A utilização de mapas temáticos em projetos de gerenciamento ambiental e, até mesmo, num contexto mais integrador como a gestão do território, estão cada vez mais sendo utilizados pelos gestores tanto da esfera pública como privada. Entre os materiais cartográficos temáticos essenciais aos planejamentos, podemos destacar a carta Clinográfica, a qual fornece informações fundamentais para a análise em diversos estudos como, prevenção de processos erosivos, desmoroamento, áreas de risco, etc.

A utilização da carta clinográfica nos estudos ambientais e de planejamento territorial tem se mostrado eficiente e necessária, pois, baseada nas curvas de nível das cartas topográficas, a carta clinográfica quantifica o declive do terreno dando suporte para a análise da área, “visto que o manejo das áreas rurais e o gerenciamento do uso do solo urbano necessitam de dados sobre a declividade do terreno”. (CUNHA, 2001, p. 42). O mesmo conceito é retratado por Zacharias (2001, p. 120) que:

[...] dentre as cartas morfométricas mais comumente utilizada por diversos profissionais, a de Declividade ou Clinográfica possibilita a quantificação, em classe, da inclinação do terreno. Trata-se de uma carta coroplética onde a intensidade das cores ou tramas representa as classes, que podem ser quantificadas em grau ou em porcentagem.

Os avanços tecnológicos vinculados às necessidades de uso da cartografia criam um ambiente propício ao surgimento de diversos programas computacionais com ferramentas cartográficas utilizadas pelos mais diversos profissionais como engenheiros, arquitetos e geógrafos. Entre estes *softwares* podemos destacar o AutoCAD e o de Sistemas de Informação Geográfica – ArcGis.

A utilização de mapas e cartas confeccionadas digitalmente por meio de tais *softwares* aumenta cada dia mais, em virtude da praticidade e rapidez que tais programas computacionais propiciam.

Contudo, a confiabilidade de tais materiais é uma questão discutida no presente trabalho, uma vez que os programas utilizam-se de modelos matemáticos para classificarem a declividade do terreno. Neste contexto, Argento (2008) salienta que a confecção dos mapas temáticos está associada a três parâmetros básicos, sendo a escolha da legenda adequada, uso de cartografia computadorizada e a “utilização da técnica de sensoriamento remoto, em que se inclui o processamento digital, principalmente quando se trabalha em macro e mesoescalas de detalhamento” (p. 383).

Em relação a este último ponto, preocupou-se em realizar as cartas em detalhes, com escalas de 1:10.000, pois, abarcam elementos essenciais ao planejamento ambiental e territorial como canal fluvial, feições do relevo e ações antrópicas.

Por tanto, a área escolhida para a realização das cartas clinográfica foi a Bacia Hidrográfica do Córrego do Castelo, situada na cidade de Bauru-SP (**Figura 1**), limitada pelas coordenadas geográficas 22° 17'S e 22° 18'S e 49° 3'W e 49° 6'W, sobre formações geológicas pertencentes ao

Grupo Bauru, localizado no compartimento geomorfológico do Planalto Ocidental, o qual se insere na Bacia Sedimentar do Paraná, no Estado de São Paulo.

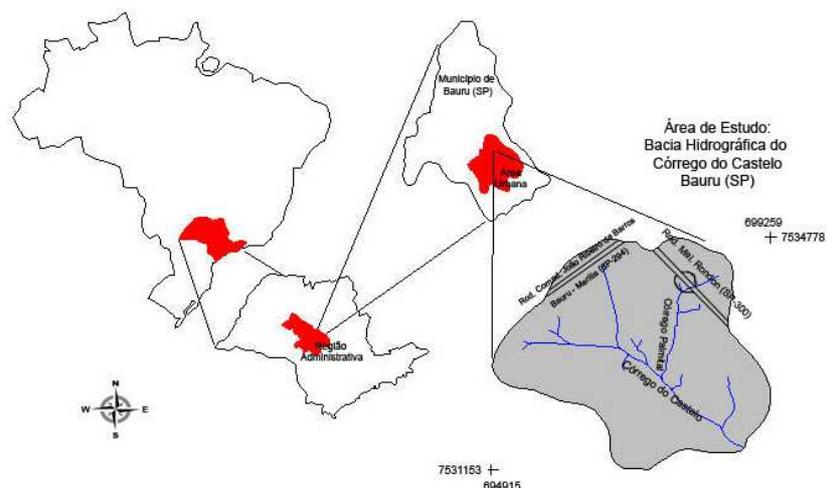


Figura 1: Localização da área de estudo em destaque modificada da base cartográfica vetorizada; Destaques em vermelho do Estado de São Paulo – Região Administrativa de Bauru (SP) – Área Urbana. Elaboração: Leonardo Thomazini;

O Grupo Bauru, datado do Cretáceo Superior, para Almeida Filho (2000), na bacia do Rio Bauru, onde se insere a Bacia do Córrego do Castelo, são encontradas as Formações Adamantina e Marília em proporções semelhantes.

Desta forma, de acordo com o Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo (Ross & Moroz, 1997), a cidade de Bauru, apresenta solos do tipo Latossolo Vermelho – Amarelo que ocorre de forma generalizada e Argissolo Vermelho – Amarelo, comumente localizado nas vertentes mais inclinadas, ambos possuindo textura média à arenosa.

Segundo Cavaguti (1993, citado por ALMEIDA FILHO, 2000, p.72) “Constatou-se maior tendência à erosão linear em solos Podzólicos que em Latossolos, embora as boçorocas de maior dimensão tenham se desenvolvido em latossolos”. Isso porque os Latossolos são bem desenvolvidos, estáveis e bem drenados, mas quando sofrem atividades excessivas de ocupação irregular, perdem seus microagregados causando maiores desgastes, surgindo assim às voçorocas.

A baixa densidade de drenagem que caracteriza o Planalto Ocidental Paulista provavelmente deve-se as condições lito-pedológicas já que, segundo Santos e Castro (2006), o clima dominante é tropical úmido, tipo Cwa na classificação de Köppen.

Deste modo, a Bacia do Córrego do Castelo, no período chuvoso, recebe grande quantidade de água pluvial ocupando as áreas de várzea, ocasionando enchentes, destruindo obras públicas como ruas, pontes e até mesmo algumas casas dos moradores que se assentaram em áreas impróprias a ocupação urbana.

Por estas características e ainda, pertencente a um ambiente urbanizado, a área mostra-se apropriada à realização deste estudo, pois, são em ambientes semelhantes a este onde grande parte das

cartas de declividades são exigidas e, também, por apresentar um relevo ondulado com amplos interflúvio, facilita a confecção das cartas e a visualização das classes a fim de compará-las.

## OBJETIVOS

Diante destas preocupações, o presente trabalho tem por objetivo geral identificar as alterações do mapeamento clinográfico digital em relação ao método convencional, a fim de identificar os possíveis erros do método digital e em que níveis tais erros podem influenciar na utilização dos materiais elaborados por este *software*.

Para atingir tal objetivo, tem-se como objetivos específicos a elaboração da carta de declividade por meio da técnica semi-automática realizada no *software* AutoCad; a realização da carta clinográfica pelo *software* ArcGis, por meio do método digital; e a análise comparativa dos dois produtos confeccionados.

## MEODOLOGIA E TÉCNICAS

Com o intuito de alcançar os objetivos propostos, as cartas de Declividades confeccionadas pelas técnicas descritas abaixo foram comparadas e analisadas analiticamente, identificando as principais regiões de maior diferenciação da representação das classes, relacionando com a implicação, em nível de importância, que tal área possui para com a bacia. Assim, podendo determinar se a discordância de classes apresentada pelas cartas é significativa ou não para um estudo geográfico, principalmente geomorfológico, da área de estudo.

Vale destacar, que a base cartográfica fornecida pela Prefeitura Municipal de Bauru (SP), por estar numa escala grande de 1:10.000 e ser atualizada, possui representação da ação antrópica, como os cortes e aterros para os assentamentos urbanos, por meio das curvas de nível, contribuindo para a obtenção de um material cartográfico bem detalhado e uma análise mais fidedigna à realidade.

A elaboração da Carta de Declividade pelo método manual baseou-se nas orientações de De Biase (1992), que apresenta uma fórmula para se calcular a declividade do terreno de acordo com a distância entre as curvas de nível. Isso porque, cada área de estudo é específica em relação às distâncias entre as curvas de nível, sendo necessária a construção de classes diferentes para cada caso. Assim, as curvas de nível quanto mais próximas umas das outras, representam terrenos cada vez mais inclinados, ou seja, constituem numa relação inversamente proporcional entre a distância das curvas de nível e a inclinação do terreno. Quando mais distantes as curvas de nível, menos inclinado vai ser o terreno.

Para se obter a declividade do terreno é preciso a utilização de procedimentos matemáticos que identifiquem a equidistância das curvas de nível e a distância horizontal ou espaçamento entre as curvas. A partir de tais dados, De Biase (1992) apresenta, para obter os dados de declividade, em porcentagem, a seguinte fórmula:

$$D = \frac{n \times 100}{E}$$

Onde:

D = Declividade, em porcentagem

n = Equidistância das curvas de nível (desnível altimétrico);

E = Espaçamento entre as curvas de nível (distância Horizontal).

Com isso, mediu-se a maior distância entre as curvas de nível, que geralmente se encontra nos topos dos interflúvios, para obter a classe de menor declividade e a menor distância para se obter a de maior declividade, salientando assim, a relação inversamente proporcional da distância entre as curvas de nível com a declividade da vertente.

Na quantificação do espaçamento entre as curvas de nível foram encontradas medidas superiores a 1 cm na carta topográfica que representam distâncias maiores que 100m no terreno para as menores declividades e 1,1mm, representando 11m, para as maiores declividades.

A partir de então, delimitou-se a maior declividade superior a 45%, que se encontra entre as declividades proibidas pela Lei Lehmann (Lei Federal 6.766/79) sendo também, o limite para o parcelamento do solo. Segundo o Código Florestal - Lei nº 4771/65 de 15/09/65 - esta declividade representa o limite máximo de corte raso e também chamado de Área de Preservação Permanente (APP).

Em relação à menor declividade (< 5%), De Biase (1992, p. 47) caracteriza como,

[...] limite urbano industrial, utilizado internacionalmente, bem como em trabalhos de planejamento urbano efetuados pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo e da EMPLASA – Empresas Metropolitanas de Planejamento da Grande São Paulo S/A.

Sendo considerados, abaixo desse valor, os terrenos praticamente planos. Já o limite de 12% é definido como o limite máximo do emprego da mecanização na agricultura.

Sendo assim, foram definidas as seguintes classes descritas na abaixo (**Tabela 1**)

Tabela 1: Classes de declividade relacionadas com o valor real do terreno e as cores utilizadas para representá-las.

Classes de Declividade	Afastamento das Curvas de Nivel	Valor real no terreno	Cores
< 5%	> 9 mm	> 90 m	Verde
5  —— 12%	9 mm  —— 4 mm	90 m  —— 40 m	Amarelo
12  —— 20%	4 mm  —— 2,4 mm	40 m  —— 24 m	Laranja
20  —— 30%	2,4 mm  —— 1,6 mm	24 m  —— 16 m	Vermelho
30  —— 45%	1,6 mm  —— 1,1 mm	16 m  —— 11 m	Marrom
> 45%	< 1,1mm	< 11m	Preto

Após a definição das classes, foi construído um ábaco digital, seguindo as orientações de Simon e Cunha (2009). (Figura 2)

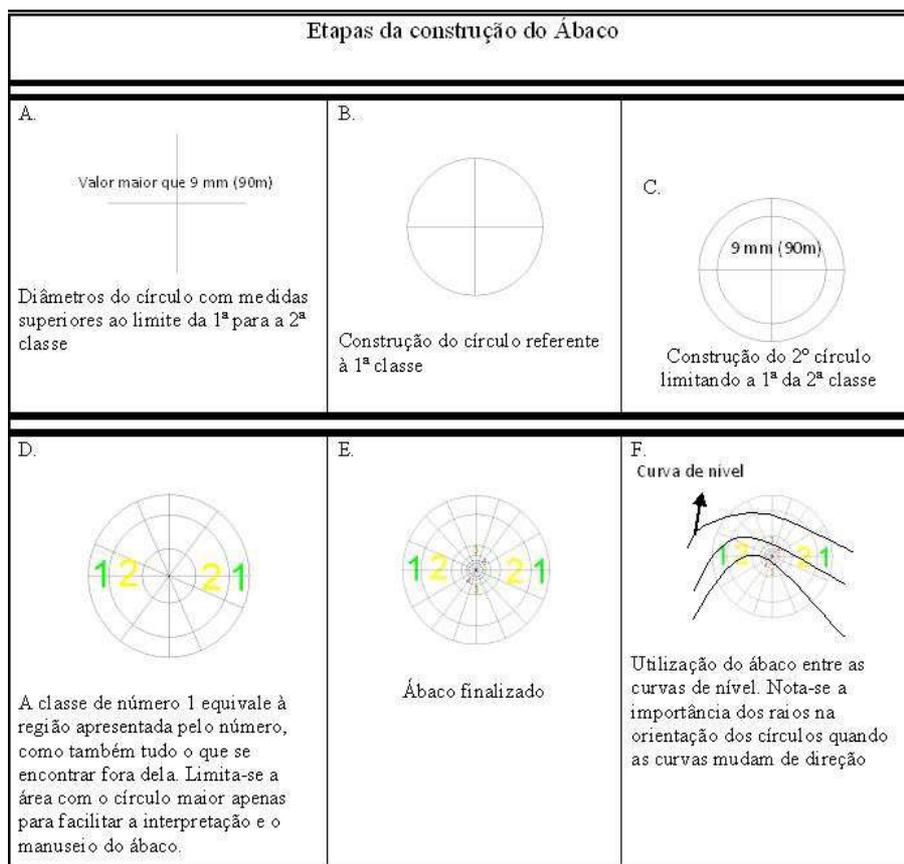


Figura 2: Construção e utilização do ábaco digital;

A função e o princípio deste ábaco construído no *software* AutoCad são os mesmos do ábaco convencional, diferenciando apenas na praticidade e precisão. Sendo tais qualidades marcantes no

primeiro, pois, seu manuseio torna-se mais ágil e com a ferramenta *zoom* do *software* é possível obter uma visão bem detalhada da área de estudo, favorecendo a confecção de cartas clinográficas de excelente qualidade.

A declividade gerada no SIG/ArcGis baseia-se no Modelo Numérico de Terreno (MNT) utilizado para representar o relevo do local. De acordo com Câmara et al (2001, p.7-2) o MNT é uma “representação matemática computacional da distribuição de um fenômeno espacial que ocorre dentro de uma região da superfície terrestre”.

Para a elaboração do MNT optou-se por utilizar a Grade Triangular Irregular ou Triangular Irregular Networks (TIN), por ser esta uma das formas mais utilizada atualmente para representar em ambiente computacional determinada superfície terrestre.

O TIN é construído pela triangulação de um conjunto de vértices, que por sua vez, são conectados com uma série de arestas para formar uma rede de triângulos, construídos no SIG/ArcGis através da triangulação de Delaunay. Tanto para a confecção do TIN, como para a extração da declividade do mesmo, foi utilizada a ferramenta 3D Analyst do *software* ArcGis, realizando o fatiamento das classes de declividade de acordo com a proposta apresentada anteriormente neste artigo.

## ANÁLISE DOS RESULTADOS

A carta de Declividade confeccionada no método digital por meio do *software* ArcGis (**Figura 3**) apresenta pequenas variações em relação a carta confeccionada em método manual (**Figura 4**)

Figura 2: Carta de declividade confeccionada manualmente no AutoCAD

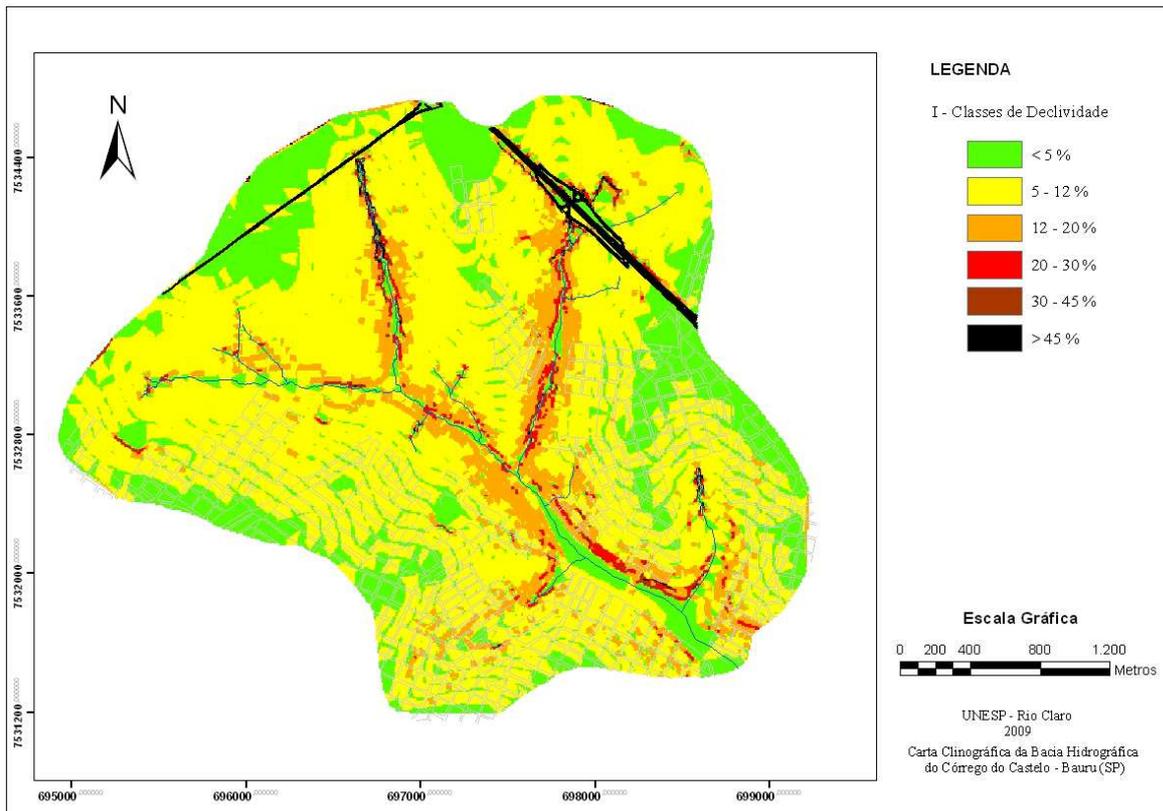
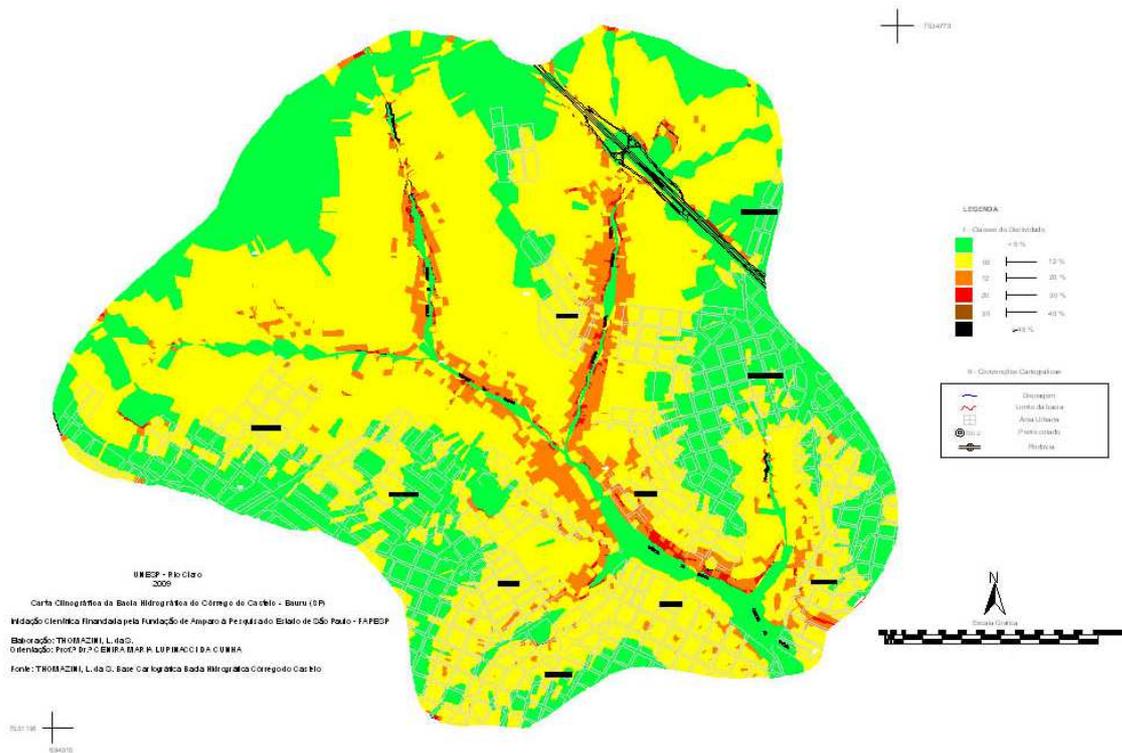


Figura 3: Carta de Declividade da Bacia do Córrego do Castelo confeccionada pelo método digital no *software* ArcGis

Figura 4: Carta de Declividade da Bacia do Córrego do Castelo confeccionada no método manual no *software* AutoCad.

As principais diferenças na carta digitalmente confeccionada encontram-se nas classes de menor declividade, com um pequeno aumento da segunda classe (5 – 12%) em relação à primeira classe (< 5%) e na última classe ( $\geq$  45%), está última no fundo de vale a montante, no setor Norte da Bacia.

As diferenças entre as primeiras classes localizam-se em áreas de maior concentração da urbanização (nas regiões Sudoeste e Leste), onde a topografia apresenta-se com elevado grau de antropização, com cortes e aterros. A este fato, a carta digitalmente confeccionada prejudicaria em estudos relacionados ao planejamento urbano e a gestão quanto na elaboração de um mapeamento do escoamento superficial das águas pluviais, visto que nestas regiões o solo está totalmente impermeabilizado, provocando o aumento da energia das águas de superfície, as quais irão influenciar na velocidade do córrego, aumentando o poder erosivo deste em toda a bacia, pois, segundo Penteadó (1974) a alteração na dinâmica de um rio a jusante pode acarretar no desenvolvimento de processos erosivos a montante, onde, “O trabalho de escavação do vale, para o estabelecimento do perfil de equilíbrio, é feito a partir da foz em direção à cabeceira dos cursos d’água, isto é, por erosão regressiva” (p.87)

Já no setor Norte, a montante das drenagens, por ser um setor de expansão urbana, o solo está parcialmente impermeabilizado, favorecendo o surgimento de processos erosivos lineares, como sulcos e ravinas, nas médias e baixas vertentes, provocando o carregamento de grande quantidade de sedimentos às drenagens e dando origem a outros problemas como o assoreamento destas. Desta forma, a generalização de classes nessas áreas influencia na tomada de decisões não adequadas para a contenção de tais problemas, ou até mesmo na aplicação de medidas mitigadoras inapropriadas.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos referem-se a uma escala grande (1:10.000), onde a presença de detalhes é uma das características imprescindível destes mapeamentos, levando pequenas variações, como as apresentados pelas cartas, serem significativas. Entretanto, em materiais cartográficos de escalas menores podem ter respostas diferentes, necessitando de outras análises comparativas.

Entretanto, a carta de declividade confeccionada pelo método digital foi satisfatórios em relação à análise das condições geral da área, ou seja, na visualização das características físicas como relevos planos e amplos interflúvios, comprovando as descrições do IPT (1981). Mas se partirmos para uma análise mais detalhada, utilizando os dados obtidos através da carta clinográfica para a confecção de outros materiais cartográficos, ou até mesmo na orientação de tomada de decisões, a carta obtida pelo método manual mostra-se mais eficaz, pois, define as classes com maior detalhe.

Porém, analisando o tempo gasto para a confecção de cada carta. O método digital possui grande vantagem, visto que se gasta poucos minutos para que o *software* rode os modelos. Já o método manual, o tempo gasto é de alguns dias, variando de acordo com o tamanho da área a ser mapeada.

Assim, a definição em relação ao uso das cartas clinográficas é fundamental para a dinamização das pesquisas e trabalhos. Se a utilização de tal material cartográfico for apenas para caracterização e contemplação das características clinográficas da área, a confecção digital é melhor recomendável, mas se for material de base para outras cartas, aí o método manual torna-se a melhor opção.

Vale salientar que a utilização do *software* AutoCAD na elaboração de carta de declividade como método *semiautomático*, só contribui na precisão durante a classificação do terreno. Ou seja, a utilização de tal método não comprometerá o caráter manual da carta de declividade, podendo assim, ser possível a comparação do método “manual” feito por meio do *software* AutoCAD, com o método automático do ArcGIS.

## BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA FILHO, G. S. **Diagnósticos de processos erosivos lineares associados a eventos pluviosos no município de Bauru – SP.** 2000. 221 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) - Faculdade de Engenharia Civil, Unicamp, Campinas, 2000

ARGENTO, M. S. F. **Mapeamento geomorfológico.** In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. (Org.) Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. 8. ed. Rio de Janeiro: Bertrand, 2008

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V.(Org). **Introdução à Ciência da Geoinformação.** Inpe: São José dos Campos, 2001.

CUNHA, C. M. L. **A cartografia do relevo no contexto da gestão ambiental.** 2001. 128 f.: il. + mapas. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2001

DE BIASI, M. **A carta clinográfica: os métodos de representação e sua confecção** Revista do Departamento de Geografia. São Paulo, n. 6, p. 45 – 60, 1992

IPT. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo:** escala 1: 1.000.000. São Paulo - SP: IPT, 1981 (caderno 5)

PENTEADO, M.M. **Fundamentos de Geomorfologia**. Rio de Janeiro: IBGE, 1974

ROSS, J. L. S. e MOROZ, I. C. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**: escala 1: 500.000. São Paulo – SP, 1997

SANTOS, L. J. C. e CASTRO, S.S. **Lamelas (bandas onduladas) em Argissolo Vermelho-Amarelo como Indicadores da Evolução do Relevo: o Caso das Colinas Médias do Platô de bauru (sp)**. Revista Brasileira de Geomorfologia. Ano 7, n. 1 P. 46 – 64. (2006).

ZACHARIAS, A. A. **Metodologias convencionais e digitais para a elaboração de cartas morfométricas do relevo**. 2001. 166 f.: il. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 2001