

Mapeamento de declividade de uma sub-bacia hidrográfica mediante comparação de bases cartográficas

Slope mapping of a sub-basin by of comparison of cartographic bases

Bruno Zucuni Prina*

Romario Trentin **

Jimmy Walter Rasche Alvarez***

André Pellegrini****

Resumo:

O objetivo geral dessa pesquisa é o de elaborar mapas de declividade para uma sub-bacia hidrográfica localizada no interior do município de Júlio de Castilhos/RS/Brasil, e comparar os resultados entre dados primários (levantamento de dados a campo) e fontes secundárias (ASTER e SRTM). Com isso, geraram-se mapas de declividade para as bases cartográficas e os mesmos foram comparados. Na análise dos dados verificou-se uma expressiva disparidade entre os dados secundários e os levantados a campo. A partir disso, alerta-se quanto a preocupação de realizar o mapeamento da declividade com dados secundários, pois o fator “resolução espacial” está diretamente ligado aos resultados da clinografia.

* Técnico em Geomática e Tecnólogo em Geoprocessamento pela UFSM. Doutorando do PPGGEO- UFSM

** Professor Doutor do Departamento de Geociências da Universidade Federal de Santa Maria

*** Universidad Nacional de Asunción - Facultad de Ciencias Agrarias UNA-FCA- Paraguai

**** Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Dois Vizinhos

Abstract:

The aim of this paper is to generate slope maps for a sub-basin located in the city of Julio de Castilhos/RS/Brazil, and to compare the results between primary data (data collection with GNSS RTK) and secondary sources data (ASTER and SRTM). Thus, it were generated the slope maps for all cartographics basis and it were compared the data. In the data analysis, it was found a significant difference between the secondary data and the GNSS RTK data. From this, it was alerted the question of using secondary sources in mapping the slope, because the factor “spatial resolution” is directly linked to slope maps results.

Palavras-chave:

GNSS,
MDT,
RTK,
ASTER,
SRTM

Key-Words:

GNSS,
MDT,
RTK,
ASTER,
SRTM

INTRODUÇÃO

A realização de análises do mapeamento da declividade é de grande importância para uma série de análises específicas, como por exemplo, na identificação de Áreas de Preservação Permanente (APP), conforme legislação vigente no Brasil, com a Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012). No que tange a legislação, Moreira e Valeriano (2013, p. 9216) afirmam que “a declividade é uma variável geográfica que está presente na legislação brasileira como fator limitante ao uso agrícola”.

Uma relação existente entre a declividade e a dinâmica superficial das águas está destacada no trabalho de Silveira et al. (2006, p. 1 e 2), os quais enfatizam a questão do ângulo clinográfico, sendo que quanto maior for o ângulo “mais rapidamente a energia potencial das águas pluviais se transforma em energia cinética, aumentando a velocidade das massas de 2 água e sua capacidade de transporte, responsável pelos processos erosivos que esculpe as formas de relevo - morfogênese”.

Silveira et al. (2006, p. 1) enfatizam, ainda, que “a declividade das vertentes possibilita evidenciar a distribuição das inclinações de uma superfície do terreno na paisagem”.

Entre outras aplicações dos mapas de declividade, pode-se destacar a geração de informações acerca “das formas do relevo, das aptidões agrícolas, riscos de erosão, restrições de uso e ocupação urbana, entre outros” (SILVA; RODRIGUES, 2009, p. 39).

Pereira e Thomaz (2013, p. 3494) afirmam que “a declividade de encostas é um elemento muito estudado, já que é um dos fatores que contribuem em diversos processos de vertente, como os movimentos de massa, e processos erosivos, além de interferirem nos processos de uso e ocupação dos solos”.

A geração de mapas de declividades pode ser realizada com a implementação de diversas metodologias, em vários aplicativos. Moreira e Valeriano (2013) descrevem a realização do mapeamento por meio de curvas de nível ou de pontos de elevação. Assim, deve-se enfatizar, que os mapas de declividade possuem o foco de “demonstrar as inclinações de uma área em relação a um eixo horizontal” (SILVA; RODRIGUES, 2009, p. 39).

Moreira e Valeriano (2013) afirmam que o mapea-

mento da declividade, por meio de fontes secundárias (com ênfase ao SRTM - Shuttle Radar Topographic Mission), só pode ser realizado em escalas adequadas (pequena ou média), seja qual for sua localização na superfície terrestre.

No que tange a exposição anterior, destaca-se, que, muitas vezes, os profissionais da área geográfica não utilizam da forma adequada (escala compatível) os referidos dados para realizar o mapeamento de áreas declivosas. Ou seja, há o mapeamento em escalas grandes, gerando discrepâncias consideráveis para com a realidade local, conforme exemplificado no presente trabalho.

Pode-se destacar que a apresentação da cartografia da declividade é exposta por meio de mapas temáticos, com o agrupamento de classes segmentadas em intervalo de valores conforme os objetivos de cada trabalho (SILVEIRA et al., 2006). Entre as classes de declividade utilizadas pela comunidade acadêmica, pode-se destacar a do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT, 1981), a qual é empregada como padrão no Laboratório de Geologia Ambiental (LAGEOLAM) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), tal como exposto nesse trabalho.

A partir de todas as discussões, salienta-se que o problema desse trabalho está contido na resolução da seguinte questão: “Quais as diferenças existentes ao elaborar mapas de declividade com dados levantados a campo junto à utilização de bases cartográficas secundárias (ASTER - Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer - e SRTM)?”.

Justifica-se, desse modo, entender que é necessário haver a discussão acerca do mapeamento da declividade, principalmente pelo fato de que com a mesma é possível delimitar áreas de APPs. Tal fato é contextualizado ao analisar a legislação vigente no Brasil, junto a Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012), assim, todas as áreas que possuem declividade acima de 45° ou 100% devem ser preservadas. Além disso, é importante analisar as áreas que possuem inclinações acima de 15%, pois, a partir desse valor, há a probabilidade de ocorrência de escorregamentos e movimentos de massa (TRENTIN; ROBAINA, 2005).

O objetivo geral desse trabalho é o de elaborar mapas de declividade para uma sub-bacia hidrográfica (Figura 1), localizada no interior do município de Júlio de Castilhos/RS, e, assim, comparar os resultados en-

tre dados primários (levantamento de dados a campo, com receptores de sinal GNSS - Global Navigation Satellite Systems - RTK - Real Time Kinematic) e fontes secundárias (os MDTs - Modelo Digital do Terreno - do ASTER e do SRTM).

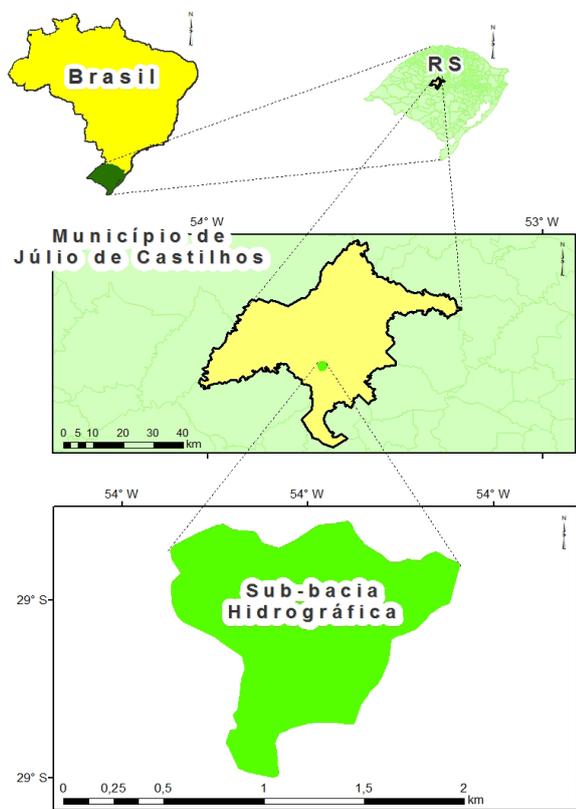


Figura 1: Área de estudo do presente trabalho
Fonte: Organização dos autores

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Antes de segmentar os procedimentos metodológicos envolvidos nesse trabalho, há de citar os aplicativos e os demais materiais utilizados.

Assim, deve-se destacar o aplicativo ArcGIS® versão 10.1 que foi de grande importância para a implementação de todos os procedimentos metodológicos que necessitou a realização de análises espaciais, além da planilha eletrônica do Excel®, utilizada na análise, comparação e avaliação de todos os dados.

Para estruturar as bases metodológicas do presente trabalho, utilizaram-se três bases de dados: imagens do SRTM e do ASTER, além de dados coletados a campo com a tecnologia GNSS RTK.

As imagens SRTM e ASTER foram obtidas por

meio do sítio do Serviço Geológico Americano (USGS, 2015). O arquivo do ASTER refere-se ao Global Digital Elevation Map (GDEM) versão 2, com resolução espacial de 30 m. O SRTM utilizado referencia o modelo global de 1 arco-segundo, com resolução espacial de 30 m (USGS, 2015).

No que tange as coletas de dados in loco, pode-se destacar que foi utilizada a tecnologia GNSS, com a técnica RTK. Com a referida metodologia, coletou-se 4.040 pontos espalhados por toda a área de estudo, conforme enfatizado na Figura 2.

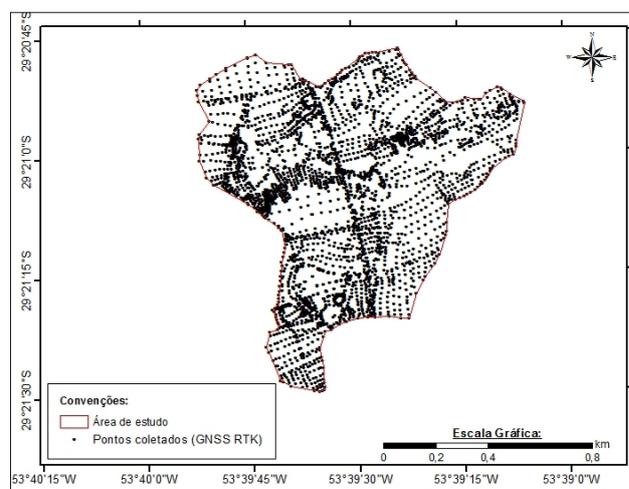


Figura 2: Disposição dos pontos coletados com a tecnologia GNSS RTK

Fonte: Organização dos autores

A fim de identificar os procedimentos teórico-práticos implementados nesse trabalho, os mesmos, a seguir, estarão endereçados cronologicamente.

Inicialmente, definiu-se o limite da área de estudo, por meio da vetorização da área (sub-bacia hidrográfica) em função dos pontos levantados a campo, por meio da tecnologia GNSS, com o método de posicionamento RTK. Sendo assim, uma vez que o mapeamento ocorreu in loco, a delimitação da área de estudo foi realizada a campo, gerando, dessa forma, uma grande precisão no dimensionamento desse recorte espacial (conforme já destacado na Figura 2).

Posteriormente, antes de qualquer geração da modelagem dos dados, analisaram-se os dados altimétricos de todas as três bases: da fonte primária, com o RTK, e das fontes secundárias, do ASTER e do SRTM. Sabe-se, que os dados oriundos das fontes secundárias possuem resolução espacial de 30 m, porém, qual seria a resolução para os dados levantados a campo? Essa

problemática persistiu, e, assim, optou-se por analisar a referida situação de forma pontual.

Nessa etapa é necessário definir uma análise coerente, uma vez que os dados referentes ao mapeamento da declividade são altamente dependentes do tamanho do pixel (resolução espacial) do arquivo raster da modelagem (MDT), pois, este interfere diretamente no resultado final, uma vez que a declividade é calculada a partir de uma relação matemática entre distância horizontal e vertical.

A fim de analisar, de forma detalhada, a forma com que a declividade é obtida, no aplicativo ArcGIS®, a Equação 1 e 2 apresentam etapas preliminares e a Equação 3 destaca a etapa final para obtenção da declividade (em graus). Já a Tabela 1 ilustra os significados de cada variável/constante utilizada nas fórmulas, além da Figura 3, destacando a estrutura das variáveis que fazem menção as células vizinhas do pixel central (e). Deve-se destacar, que todas as fórmulas foram obtidas por meio do sítio do ArcGis (ESRI, 2015) com base no trabalho de Burrough e McDonell (1998).

equação 1

$$\left[\frac{dz}{dx} \right] = \frac{((c + 2f + i) - (a + 2d + g))}{8 * R_{Espacial}}$$

equação 2

$$\left[\frac{dz}{dy} \right] = \frac{((g + 2h + i) - (a + 2b + c))}{8 * R_{Espacial}}$$

equação 3

$$D_{\text{graus}} = ATAN(\sqrt{((dz/dx)^2 + [dz/dy]^2)}) * 57,29578$$

Tabela 1 - Variáveis e constantes dispostas nas Equações 1, 2 e 3

Elementos da fórmula	Significado
$\left[\frac{dz}{dx} \right]$	Taxa de variação da superfície em relação ao eixo horizontal.
$\left[\frac{dz}{dy} \right]$	Taxa de variação da superfície em relação ao eixo vertical.
$R_{Espacial}$	Resolução espacial do arquivo <i>raster</i> (do MDT).
$ATAN$	Arco tangente.
D_{graus}	Declividade em graus.
57,29578	É o valor obtido de $\frac{180}{\pi}$
a, b, c, d, f, g, h, i	São os valores das células vizinhas ao pixel central (e) - conforme enfatizado na Figura 3.

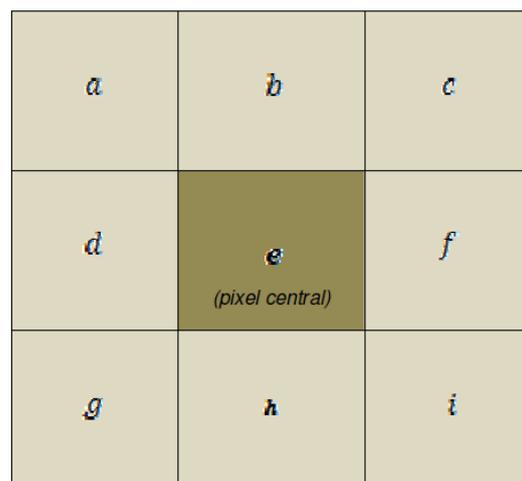


Figura 3 - Estrutura de células para calcular o valor da declividade, em relação ao pixel central (e).
Fonte: Organização dos autores

A partir da análise das fórmulas, é visto a grande influência da resolução espacial na obtenção do mapeamento da declividade. Assim, analisando os dados das fontes secundárias (ASTER/SRTM), os mesmos apresentam, em uma grade de 30 x 30 m, um (1) ponto. Logo, numa grade de 90 x 90 m, há 9 pontos (Figura 4), assim, pode-se estimar, que num gradeado de 100 x 100 m (1 ha), mantendo essa proporção, haveriam 10 pontos.

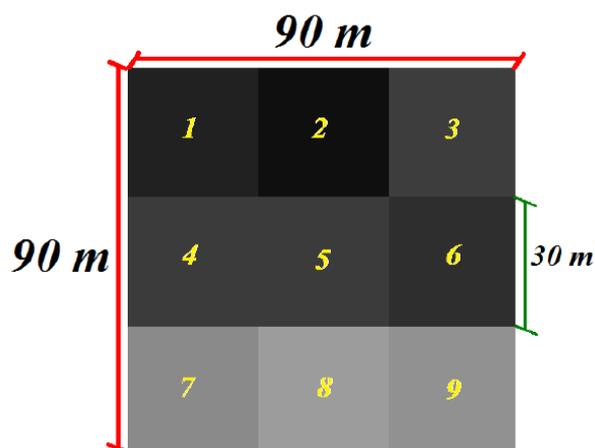


Figura 4 - Resolução Espacial dos dados secundários: ASTER e SRTM.
Fonte: Organização dos autores

A partir da discussão anterior, foram estimados os dados de resolução espacial do levantamento de campo, mantendo uma correlação para com os dados a serem comparados.

Com isso, verifica-se que a área do local mapeado

é de 88,57 ha, e no total, houve a coleta de 4.040 pontos, gerando, dessa forma, uma densidade de 45,6 pontos/ha. Assim sendo, se o ASTER e o SRTM possuem uma resolução espacial de 30 m com 10 pontos/ha (proporção), a resolução espacial calculada para uma área com 45,6 pontos/ha seria de 6,6 m. E, dessa forma, atribuiu-se o valor de 6,6 m como a resolução espacial dos dados levantados a campo.

Deve-se salientar que essa foi uma forma proporcional de estimar a resolução espacial dos dados, pois para os dados ASTER e SRTM há uma amostragem não-aleatória do relevo, com os dados espaçados em uma grade regular. Já para os dados de campo, os dados são amostrados conforme as condições topográficas locais, ou seja, os dados são adensados em locais que possuem maiores diferenças altimétricas e são espaçados em áreas planas, representando uma amostragem aleatória, conforme exposto na Figura 5.

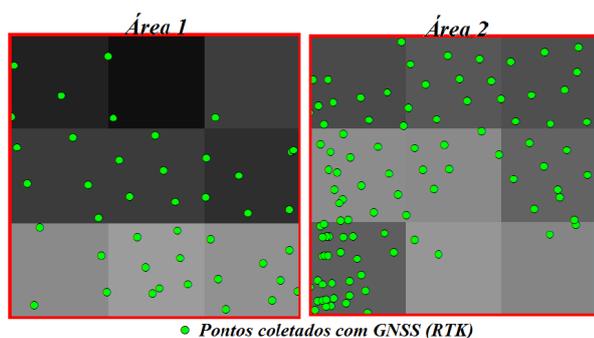


Figura 5 - Amostragem dos dados na área de estudo (os quadrados - pixels - em tons de cinza são os dados do sensor SRTM para a mesma área)

Fonte: Organização dos autores

Com a análise da Figura 5, verifica-se que em alguns momentos os dados estiveram espaçados com regularidade (Área 1), e, em outros momentos, houve um maior adensamento dos dados (sudoeste da Área 2), motivados pelas condições topográficas locais.

Com a análise anterior finalizada, modelaram-se os dados referente ao levantamento de campo, por meio do algoritmo Topo to Raster do ArcGIS®, utilizando como feição de entrada as altitudes dos 4.040 pontos. Posteriormente, obteve-se o mapeamento da declividade para todos os MDTs (RTK, ASTER e SRTM), por meio da ferramenta Slope, do ArcGIS®.

Finalmente, os dados foram reclassificados, em intervalos clinográficos previamente selecionados, conforme padrão estabelecido pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT, 1981), com 4 classes:

menor que 2%, entre 2 e 5%, entre 5 e 15%, e, declividades superiores a 15%.

Deve-se salientar que não houve a atribuição de intervalos clinográficos com maiores valores, uma vez que a área apresentava um relevo suave, sem grandes transições abruptas. Por fim, os dados foram analisados, junto a uma planilha eletrônica.

3. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Com o intuito de apresentar os dados referentes aos procedimentos metodológicos implementados, tem-se, a seguir a discussão dos mesmos.

Analisando os resultados dos MDTs, tem-se, por meio da Figura 6, a identificação dos histogramas de frequência para cada uma das bases cartográficas.

Na análise do histograma de frequência (Figura 6A) da modelagem do relevo com os dados coletados a campo, observa-se como menor valor altimétrico 431,46 m e como maior valor 488,46 m, com uma amplitude de 57,00 m. A média aritmética dos dados foi de 463,59 m, com um desvio padrão de 12,18 m.

Na análise do histograma de frequência (Figura 6B) da modelagem do relevo do ASTER, observa-se como menor valor altimétrico 434 m e como maior valor 494 m, com uma amplitude de 60 m. A média aritmética dos dados foi de 463,98 m, com um desvio padrão de 11,92 m.

Na análise do histograma de frequência (Figura 6C) da modelagem do relevo do SRTM, observa-se como menor valor altimétrico 438m e como maior valor 488 m, com uma amplitude de 50 m. A média aritmética dos dados foi de 463,46 m, com um desvio padrão de 11,23 m.

Na análise dos dados altimétricos, pode-se constatar duas características das fontes de dados secundários.

A primeira refere-se a menor altitude registrada em cada base cartográfica. Nessa análise, cabe destacar, que, os cursos hídricos foram mapeados no levantamento in loco. Assim, a coleta de dados ocorreu, inclusive, nos locais que existia adensamento de vegetação, como por exemplo nos pontos internos aos corpos hídricos (sangas). Assim, destaca-se, que esse é o fato na qual explica o motivo da menor cota altimétrica ter sido registrada no levantamento de campo. As fontes secundárias, provavelmente, possuem interferência do efeito dossel

(da vegetação), e, esse é o fator na qual compromete a resposta do valor altimétrico, em nível do solo, de determinado local das imagens SRTM e ASTER.

A segunda análise tangencia a máxima altitude para cada base cartográfica. Comparando os dados com os coletados a campo, verifica-se que entre todas as altitudes máximas, a registrada no levantamento de campo foi a que obteve o menor valor. Logo, o efeito dossel, novamente, pode ter influenciado.

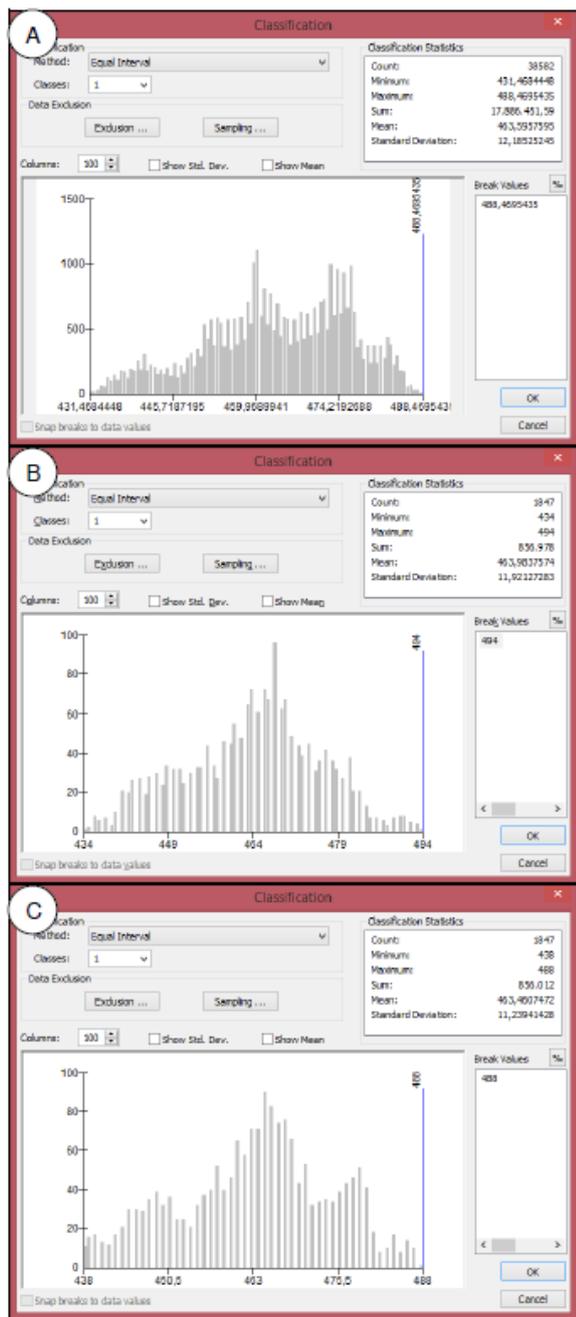


Figura 6 - Histogramas de frequência dos dados altimétricos: A) MDT do GNSS RTK, B) MDT do ASTER, C) MDT do SRTM

Após as análises acerca das altitudes extremas de cada base cartográfica, pode-se destacar, que, os valores médios de cada base cartográfica resultou em valores similares (463,59 m para a modelagem do RTK, 463,98 m para o ASTER e 463,46 m para o SRTM), tal fato pode estar interligado a baixa incidência de vegetação na área de estudo, logo, há minimização de tal efeito, para a maior parte dos dados secundários.

Com a análise de todos os histogramas de frequência, a próxima etapa a ser destacada refere-se a modelagem dos mapas altimétricos, segmentados em classes, para o recorte espacial de análise nesse trabalho, além da cartografia da declividade (obtida a partir dos dados altimétricos), conforme destacado na Figura 7. Ainda, tem-se por meio da Figura 8 e da Tabela 2 a quantificação dos dados.

Com a análise dos mapas das distintas bases cartográficas, constatou-se uma grande discrepância. Apenas com a análise visual, verifica-se o quão impreciso os dados são em relação a realidade de campo (mapeamento com receptor GNSS RTK), principalmente ao considerar os mapas de declividade. Ou seja, as discrepâncias encontradas são, de fato, expressivas e, a maior preocupação que tangencia essa questão é que quanto menor for a amostragem dos dados, com resolução espacial incompatível para com a escala de mapeamento, pior será a caracterização da área, além de haver uma representação indevida das condições topográficas reais. Porém, deve-se enfatizar que os dados do SRTM e do ASTER não são errados, mas sim incompatíveis para mapeamento de pequenas áreas.

Analisando os dados, seja na forma visual (Figura 8) ou numérica (Tabela 2) deve-se enfatizar que as discrepâncias de fato são significativas. Essa afirmação pode ser englobada em todas as classes declivosas segmentadas, considerando as diferenças para com os dados coletados a campo (com receptor de sinal GNSS RTK).

Inicialmente, na classe de declividade inferior a 2%, caracterizadas por serem locais propícios à inundação, quando próximas as redes de drenagem (TRENTIN; ROBAINA, 2005), verifica-se que os dados do SRTM apresentaram a maior quantidade de áreas planas, com 8,9%, já o ASTER obteve 5,9% e no levantamento de campo, com receptor GNSS RTK, obteve-se um montante de 4,9%.

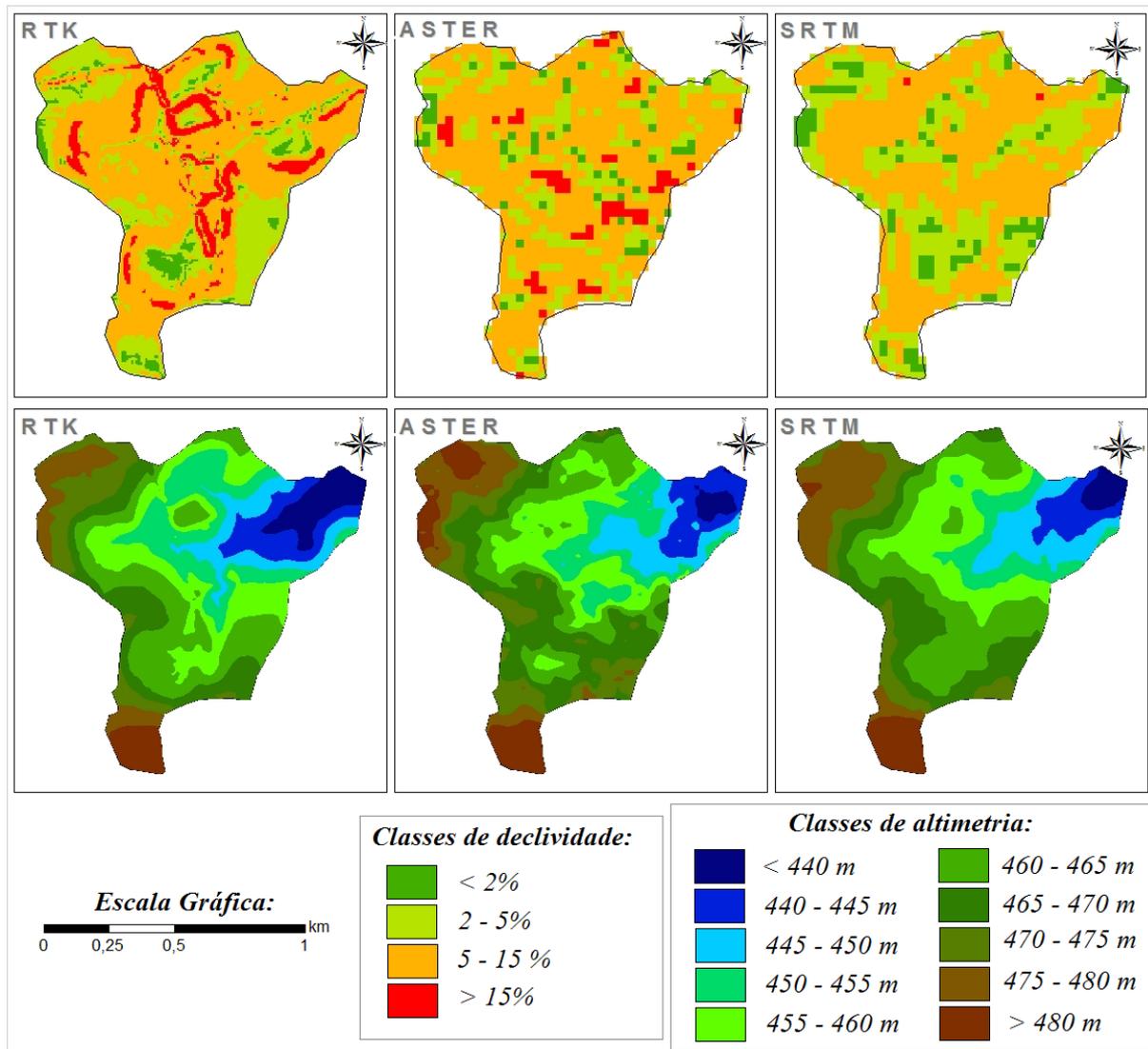


Figura 7 - Mapas de altimetria e de declividade da área de estudo.

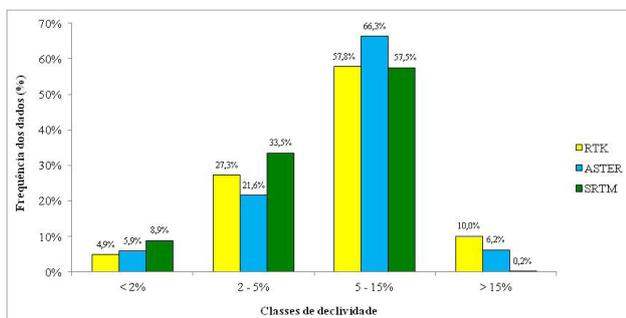


Figura 8 - Quantificação dos dados clinográficos por meio de um gráfico

Na segunda classe de dados, com valores entre 2 e 5% de declividade, caracterizadas por englobar áreas com processos de deposição de sedimentos (TRENTIN; ROBAINA, 2005), aponta-se o SRTM com a maior porcentagem de área, com 33,5%, já o ASTER obteve 21,6% e o levantamento de campo resultou em 27,3%.

A terceira classe de declividade, com dados entre 5 e 15%, caracterizadas por serem áreas onduladas com processos de dinâmica superficiais erosivos moderados a acentuado (TRENTIN; ROBAINA, 2005), os dados SRTM e os dados de campo resultaram em valores muito similares, com 57,5 e 57,8%, respectivamente. Já para o ASTER, houve um mapeamento de uma área maior,

com 66,3%.

Tabela 2 - Quantificação dos dados

Declividade	Porcentagem dos dados		
	RTK	ASTER	SRTM
< 2%	4,9%	5,9%	8,9%
2 - 5%	27,3%	21,6%	33,5%
5 - 15%	57,8%	66,3%	57,5%
> 15%	10,0%	6,2%	0,2%

A última classe, com dados maiores a 15% de declividade, caracterizadas por serem áreas favoráveis à ocorrência de escorregamentos e movimentos de massa (TRENTIN; ROBAINA, 2005), resultou no mapeamento de uma maior área para os dados com a menor resolução espacial. Ou seja, para o levantamento de campo englobou-se 10,0% da área, já para o ASTER 6,2% da área, e o SRTM apenas 0,2%.

Salienta-se que apesar das discrepâncias, os dados mapeados do ASTER e do levantamento com o RTK resultaram em dados relativamente próximos para a classe de declividade acima de 15%, porém, ao analisar se haveria correspondência espacial dos dados encontrou-se uma baixíssima correlação, com apenas 14% das áreas declivosas (acima de 15%) do ASTER inseridas na mesma classe de declividade do levantamento com o RTK. A referida análise pode ser constatada por meio da Figura 9, a qual apresenta as áreas em que o mapeamento a campo identificou áreas com declividades superiores a 15%, e, visualmente há a amostragem dos dados do ASTER.

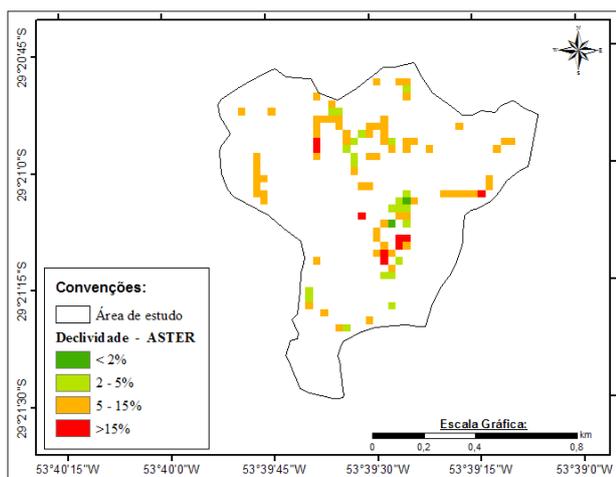


Figura 9 - Contextualização da baixa acurácia das áreas declivosas do ASTER

A baixa correspondência espacial dos dados, alerta a questão do mapeamento com baixa precisão e acurácia da declividade por fontes de dados secundários, uma vez que o SRTM mal pontuou áreas com alta declividade, e, o ASTER, mesmo resultando em uma porcentagem próxima (6,2% do ASTER e 10,0% do RTK), o mesmo não apresentou dados acurados para com a realidade local (levantamento com GNSS RTK).

No que tange a análise dos dados do ASTER, ainda, deve-se destacar, que o restante das áreas consideradas declivosas, ou seja, 86% (100% - 14%) estiveram contextualizadas em locais os quais não apresentavam alta declividade na realidade local (levantamento com dados GNSS RTK).

Assim, o mapeamento de áreas íngremes (e da declividade em geral) é, de fato, dependente de um bom levantamento de dados a campo, e, esse, em muitas ocasiões, perpassa por dificuldades na coleta de dados (dificuldades em áreas íngremes e/ou com alta incidência de vegetação) e da alta demanda de tempo, principalmente ao englobar grandes áreas. Com isso, na maioria das vezes, o mapeamento topográfico em grandes extensões de áreas é desleixado por parte de profissionais de agrimensura. Ainda, deve-se destacar, que essa exposição teórica, a respeito do trabalho dos agrimensores, não é uma crítica, e sim um apontamento realístico.

Além disso, destaca-se que há a falta de dados altimétricos em escala compatível a um imóvel rural de pequeno ou médio porte. Os únicos dados disponíveis são referentes ao ASTER e ao SRTM, estes, conforme resultados destacados nesse trabalho enumeram as deficiências dos mesmos, ou incompatibilidade para pequenas áreas. Ainda existem as cartas topográficas do exército, porém, estas apresentam escalas de mapeamento incompatíveis a pequenos imóveis rurais, de, no mínimo, 1/50.000.

Uma possível solução a estes problemas poderia estar correlacionada com a implementação de procedimentos de aerofotogrametria, com obtenção das informações por meio dos Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), porém, essa tecnologia ainda é muito onerosa, mesmo que os resultados estejam cada vez mais consolidados, no que tange a precisão da modelagem da superfície.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considera-se de extrema importância ao trabalho as metodologias envolvidas para sistematização dos dados, além das técnicas de geoprocessamento, as quais foram eficientes para analisar e diferenciar os distintos MDTs em ambiente SIG.

Toda a comparação das bases cartográficas foi de grande importância, uma vez que, dessa forma, pode-se estimar as diferenças envolvidas na modelagem dos dados. Assim, verifica-se que a declividade é utilizada para a análise de vários eventos, seja com a importância de análises em áreas com altas declividades (movimentos de massa) ou com baixas declividades (inundações) e, a discussão dessas é de grande importância para a constatação dos próprios eventos. Ou seja, se o mapeamento for de forma equivocada, os resultados, por consequência, também serão.

Ainda, deve-se destacar que, provavelmente, com os dados levantados a campo, ao implementar outros algoritmos de interpolação de dados do terreno, os dados acerca da declividade poderão sofrer variações significativas.

O mapeamento da declividade por meio de fontes secundárias (ASTER e SRTM) mostraram-se incompatíveis para pequenas áreas, com baixa correlação espacial entre áreas mapeadas. Com isso, verifica-se que o fator “resolução espacial” implica muito nos resultados obtidos acerca da clinografia.

Em geral deve-se destacar que o mapeamento da declividade com fontes secundárias não é algo errado, e sim incompatível para determinadas áreas. Mesmo assim, como deveria ser realizado o mapeamento da declividade em pequenas e médias áreas? Para locais com maiores declividades, que caracterizam áreas de APP (acima de 45°) como deveria ocorrer esse mapeamento?

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL. **Lei Federal Nº 12.651, de 25 de Maio de 2012.** Proteção da vegetação nativa.
- BURROUGH, P. A.; MCDONELL, R. A. **Principles of Geographical Information Systems.** Oxford University Press, New York, 1998, 190 pp.
- ESRI. **How Slope works.** ArcGIS Resource Center, Desktop 10. Disponível em: <http://help.arcgis.com/EN/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/How_Slope_works/009z000000vz000000/>. Acesso em 20 jun.2015.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (IPT). **Mapeamento Geomorfológico do Estado de São Paulo.** São Paulo. Escala 1:500.000, v. 2, 1981.
- MOREIRA, E. P.; VALERIANO, M. de M. Relação entre diferentes usos e coberturas da terra e declividade do terreno: implicações em conservação do solo. **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR,** Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0923.pdf>>. Acesso em 29 jul. 2015.
- PEREIRA, A. A. THOMAZ, E. L. Hipsometria e Declividade da Bacia Hidrográfica do Arroio Palmeirinha, município de Reserva – PR, utilizando o Software Spring. **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR,** Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0071.pdf>>. Acesso em 29 jul.2015.
- SILVA, T. I.; RODRIGUES, S. C. **Tutorial de Cartografia Geomorfológica ArcGIS 9.2 e Envi 4.0.** Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Geografia, Laboratório de Geomorfologia e Erosão dos Solos, Programa Institucional de Bolsas do Ensino de Graduação – PIBEG, Uberlândia, 2009, ISSN 1678-7226. Disponível em: <<http://www.rga.ggf.br/tutorial-geo.pdf>>. Acesso em 29 jul.2015.
- SILVEIRA, C. T.; OKA-FIORI, C.; FIORI, A. P.; ZAI, C. Mapeamento de declividade de vertentes: aplicação na APA de Guaratuba / Paraná. VI Simpósio Nacional de Geomorfologia / Regional Conference on Geomorphology. **Anais...Goiânia/Brasil,** Setembro de 2006. Disponível em: <<http://www.labogef.iesa.ufg.br/links/sinageo/articles/432.pdf>>. Acesso em 29 jul.2015.
- TRENTIN, R. ROBAINA, L. E. de S. Análise do relevo no alto curso da bacia hidrográfica do Rio Itu, RS. **Interface Porto Nacional/TO,** v. 2, n. 2. p. 146-155, maio 2005. Disponível em: <<http://revista.uft.edu.br/index.php/interface/article/view/339/236>>. Acesso

em 16 fev.2015.

USGS -UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY.
Earth Explorer. Disponível em: <<http://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 12 mai. 2015

Agradecimentos

Agradecemos a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão de bolsa de estudos ao primeiro autor.

Correspondência dos autores:

Bruno Zucuni Prina

e-mail: brunozprina@gmail.com

Romario Trentin

e-mail: romario.trentin@gmail.com

Jimmy Walter Rasche Alvarez

e-mail: jwrasche@yahoo.com.ar

André Pellegrini

e-mail: andre.pellegrini@yahoo.com.br

Artigo recebido em: 06/06/2016

Revisado pelos autores em: 23/08/2016

Aceito para publicação em: 24/08/2016