

MAPEAMENTO DE ÁREA SUSCETIVEL A INUNDAÇÃO NO RIO PIRATINI (SUB-BACIA 88) UTILIZANDO DIFERENTES MDE

Álvaro Belotto Perini^{1*a} & Francisco F. N. Marcuzzo^{1b}

Resumo – A informação espacial de áreas susceptíveis a inundação, que inclui basicamente o mapeamento da área alagável é uma ferramenta essencial para a criação de planos eficazes de planejamento e contenção. O objetivo deste estudo foi o mapeamento da susceptibilidade a inundação de uma área de controle do rio Piratini (sub-bacia 88), a partir da maior cota registrada e para um Tempo de Retorno (TR) de 100 anos, utilizando e avaliando dois Modelos Digitais de Elevação. Primeiro transformou-se as imagens binárias em arquivos vetoriais poligonais, mantendo na *shapefile* os atributos 0 e 1 para as respectivas feições separadas. Em seguida foi feita a transformação do sistema de coordenadas para o sistema métrico UTM (possibilitando o cálculo de áreas em km²). Os resultados mostraram uma diferença expressiva da declividade nas duas imagens, sendo a TOPODATA com melhor visualização de drenagem. Quanto menor a cota de inundação menor foi a diferença de área inundável. Para o presente estudo concluiu-se que no mapeamento de áreas alagáveis, a precisão da geometria do modelo utilizado tem um grande impacto no resultado.

Palavras-Chave – Modelo Digital de Elevação, Tempo de Retorno, Área Alagada.

FLOOD SUSCEPTIBILITY MAPPING IN AREA OF PIRATINI RIVER (SUB-BASIN 88) USING DIFERENTS DEM

Abstract – Spatial information in areas susceptible to flooding, which basically includes mapping the flooded area is a vital tool for creating effective plans of planning and restraint. The aim of this study was the mapping of susceptibility to flooding of an area control Piratini River (sub-basin 88), from the largest quota and registered for Return Period (RP) of 100 years, using and evaluating two Digital Elevation Models. First became binary images into vector polygon files, keeping in shapefile attributes 0 and 1 for their separate features. It was then taken transformation of the coordinate system to the metric UTM (enabling calculation of areas km²). The results showed a significant difference in the slope of the two pictures, the best viewing TOPODATA with drainage. The smaller the share of lower flood was the difference floodplain. In this study it was concluded that the mapping wetlands, the accuracy of the model geometry used has a major impact.

Keywords – Digital Elevation Model, Return Period, Flooded Area.

1. INTRODUÇÃO

A utilização de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e Modelos Digitais de Terreno (MDT) permitem um melhor mapeamento de áreas suscetíveis a enchentes e inundação em comparação ao delineamento manual dessas áreas utilizando mapas hipsométricos.

Os produtos ASTER GDEM, segundo Rodrigues *et al.* (2010), são o resultado de um consórcio entre a NASA, o Ministério da Economia, Comércio e Indústria do Japão (METI), o Centro de Dados e Análise dos Recursos da Terra (*Earth Resources Data Analysis Center - ERSDAC*) e o Serviço Geológico dos Estados Unidos (*United States Geological Survey - USGS*) para construção de um modelo digital de elevação global de livre acesso (USGS, 2012).

^{1*} CPRM/SGB (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais / Serviço Geológico do Brasil) – Rua Banco da Província, nº 105 - Santa Tereza - CEP 90840-030, Porto Alegre/RS. Tel.: (51) 3406-7324. ^aalvaro.perini@gmail.com, ^bfrancisco.marcuzzo@cprm.gov.br.

Segundo Araújo *et al.*, (2009) as novas geotecnologias e produtos orbitais (disponibilizados gratuitamente) como imagens de Radar SRTM, possibilitam um levantamento mais rápido e detalhado das bacias hidrográficas. O uso desses produtos agilizam o processo de delimitação de bacias hidrográficas, provendo uma dinâmica da análise dessas regiões.

Perini *et al.* (2013), em um estudo utilizando ASTER GDEM e TOPODATA no mapeamento de suscetibilidade de inundação no município de Pedro Osório/RS, concluíram que, quanto maior a cota de inundação para cálculo, maior será a diferença de área inundável entre os MDE utilizados, ficando o ASTER GDEM sempre com a maior área. Fernandes e Miola (2013), utilizando MDT no mapeamento de áreas susceptíveis a inundação em Santa Maria/RS, concluíram que a espacialização das áreas inundáveis tem relação diretamente proporcional à distância em relação ao canal, bem como à altitude, à declividade e, principalmente, à magnitude do escoamento acumulado concentrado nesses canais fluviais, que pode ser representada através do ordenamento fluvial.

O objetivo deste estudo foi o mapeamento da suscetibilidade a inundação de uma área de controle do rio Piratini (sub-bacia 88), a partir da maior cota registrada e para um Tempo de Retorno de 100 anos, utilizando e avaliando dois Modelos Digitais de Elevação

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização Geral da Área de Estudo

O rio Piratini (Figura 1) está localizado no estado do Rio Grande do Sul (sub-bacia 88), região hidrográfica Atlântico sul.

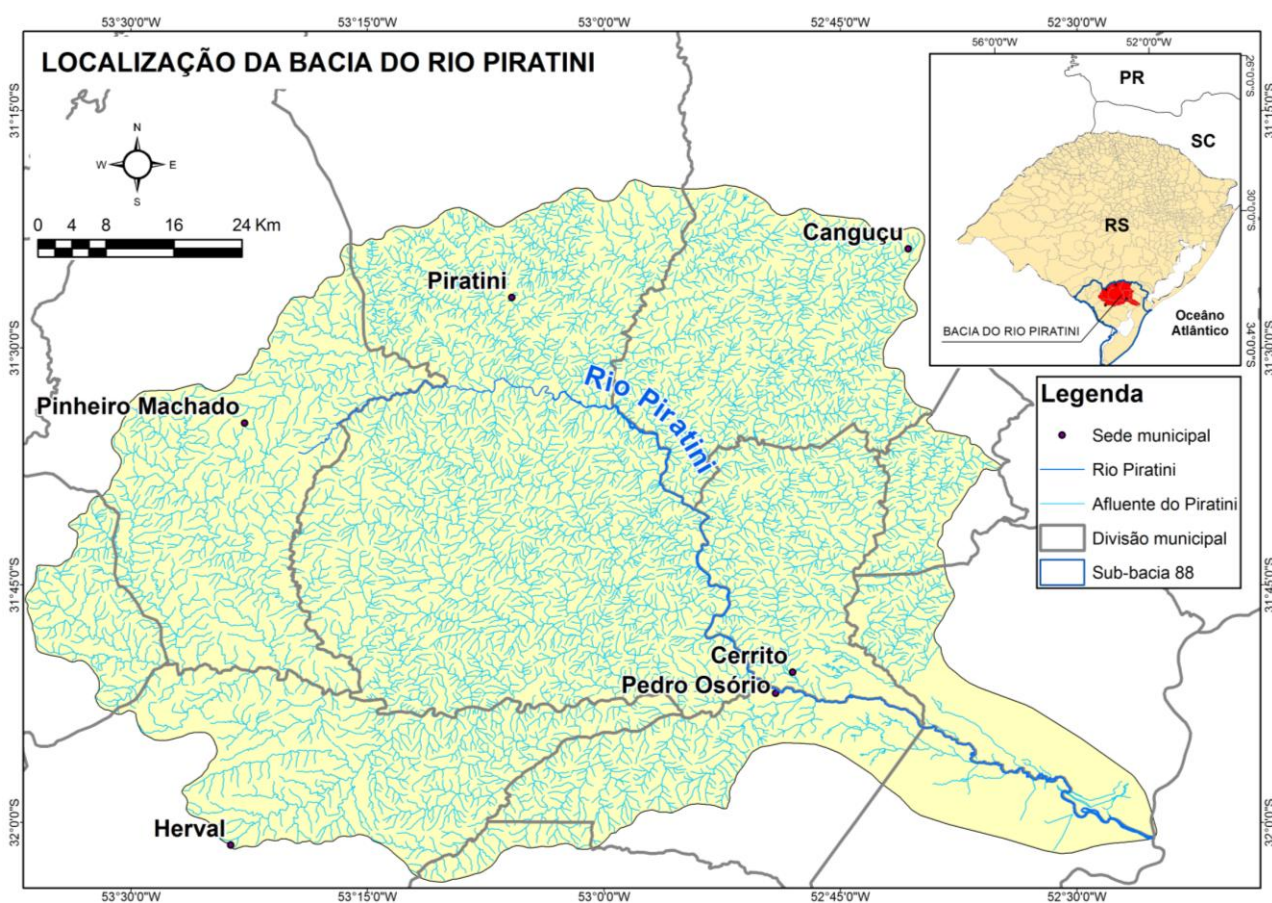


Figura 1. Localização da bacia hidrográfica do rio Piratini, municípios em seu território e sua hidrografia. (Fonte para confecção do mapa: IBGE (2012); ANA (2012)).

O comprimento do canal principal é aproximadamente de 133 km. A foz do rio Piratini é no Canal de São Gonçalo e o município mais a montante do rio Piratini é o município de Pinheiro Machado. A área da bacia do rio Piratini 5807,04 km² e perímetro de 381,97 km.

Os municípios que possuem parte ou a totalidade de seu território da bacia do rio Piratini são Arroio Grande, Canguçu, Capão do Leão, Cerrito, Herval, Morro Redondo, Pedras Altas, Pedro Osório, Pinheiro Machado e Piratini. A bacia hidrográfica formada pelo rio Piratini possui seu extremo norte no município de Piratini, extremo sul em Arroio Grande, extremo leste em Capão do Leão e seu extremo oeste em Pedras Altas.

O rio Piratini está localizado no bioma do Pampa (Figura 2). A maior parte do domínio morfológico da bacia do rio Piratini está sob o embasamento em estilo complexo (oeste e centro da bacia) e a menor parte esta sob domínio de depósitos sedimentares (leste da bacia).

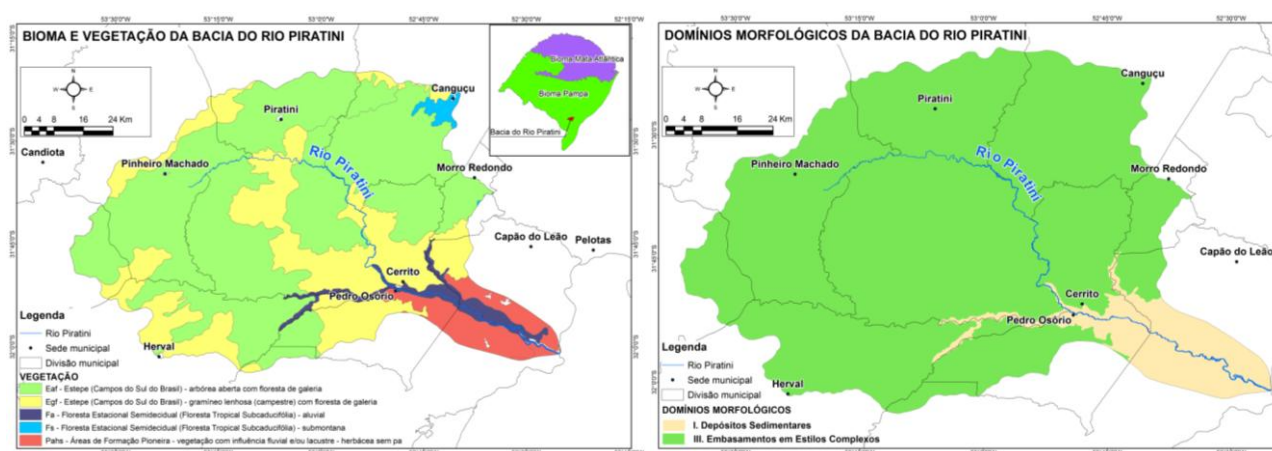


Figura 2. Bioma, vegetação e domínios morfológicos na área territorial da bacia do rio Piratini. (Fonte para confecção do mapa: IBGE (2012); ANA (2012)).

A hipsometria da bacia hidrográfica do rio Piratini (Figura 3) é caracterizada por maiores altitudes na porção norte e noroeste. Pelo MDE ASTER GDEM V2, a máxima cota foi de 498 m e a mínima de três metros (Tabela 1), totalizando uma amplitude hipsométrica de 495 m. Pelo MDE TOPODATA, a máxima cota foi de 501,4 m e a mínima de 0,8 m, com uma amplitude altimétrica de 500,6 m.

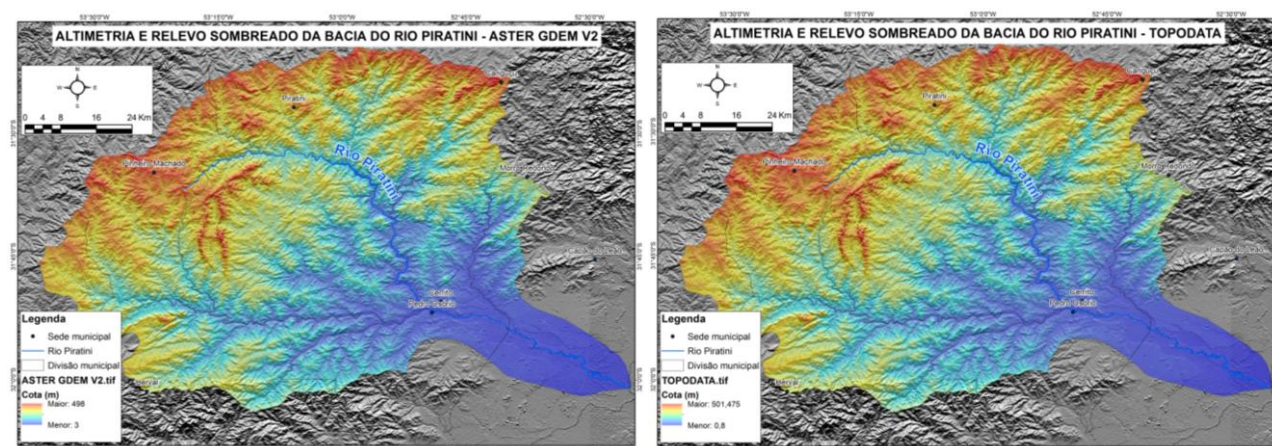


Figura 3. Altimetria e relevo sombreado da bacia do rio Piratini pelos MDE ASTER GDEM V2 e TOPODATA. (Fonte para confecção do mapa: NASA (2012); INPE (2008)).

Tabela 1. Análise altimétrica da bacia hidrográfica do rio Piratini (na sub-bacia 88).

Altitude	ASTER GDEM V2	TOPODATA	Média dos MDE	Diferença Entre os MDE
	m			%
Máxima	498,0	501,4	499,7	1,0
Mínima	3,0	0,8	1,9	0,3
Média	203,9	251,1	227,5	1,2
Amplitude	495,0	500,1	497,8	1,0

2.2. Modelos Digitais de Terrenos, Cotas de Inundação e Procedimento de Cálculo das Áreas

As drenagens apresentadas neste trabalho são produto da vetorização de Hasenack e Weber (2010) sobre as cartas da Diretoria de Serviço Geográfico (DSG) do Exército Brasileiro. A delimitação da bacia do rio Piratini foi feita observando todas as drenagens que o abasteciam. No programa ArcGis 10.0 executou-se uma filtragem para ficar somente com as drenagens afluentes do rio Piratini, em seguida deletou-se as outras, contornando a bacia por todas as nascentes dos afluentes e observando os topos de morro a partir das curvas de nível, também vetorizadas por Hasenack e Weber (2010), sobre as cartas da DSG. Traçaram-se os limites por toda a bacia. As áreas foram calculadas utilizando-se de imagens ASTER GDEM V2 e TOPODATA.

O mapa ASTER GDEM foi produzido utilizando os dados de radar ASTER (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*) com resolução de 30 m na versão 2. As imagens ASTER são distribuídas gratuitamente no site da Agência Espacial Norte Americana (NASA, 2012).

O TOPODATA (reprocessamento de dados SRTM) pode ser adquirido no site do Projeto TOPODATA (<http://www.dpi.inpe.br/topodata/data/grd/>), onde os dados disponibilizados passaram por um processamento computacional para refinamento no tamanho do pixel de 90 para 30 m.

Para este trabalho as imagens foram processadas em um programa de manipulação de Sistema de Informação Geográfica (SIG), ArcGis 10.0, assim como o cálculo das áreas.

Após os MDT (ASTER GDEM V2 e TOPODATA) baixados, os mesmos foram delimitados para área de estudo. A área de estudo de inundação considerada foi delimitada considerando 500 m a jusante da estação fluviométrica Pedro Osório (código: 88641000; coordenadas: -31°51'40"S e -52°49'01"W), operada pela CPRM/SGB, até os níveis de alagamento mais distantes a montante. As coordenadas de delimitação da área de estudo são: nordeste a -31°44'11,292"S e -53°48'36,126"W; noroeste a -31°44'11,292"S e -53°02'59,586"W; sudeste a -31°56'46,8168"S e -53°48'36,126"W; sudoeste a -31°56'46,8168"S e -53°02'59,586"W. Em seguida os MDT foram transformados em imagens binárias, 0 e 1 cada. O valor 0 recebeu os valores abaixo das cotas 28,62 m e 30,2 m (tempo de retorno de 100 anos) e o valor 1 recebeu os valores acima das cotas 28,62 m e 30,2 m (TELLES, 2002). Este procedimento foi feito para os dois modelos, resultando em quatro imagens, duas para ASTER GDEM V2 e duas para TOPODATA.

O procedimento adotado para o cálculo das áreas foi primeiro transformar as imagens binárias em arquivos vetoriais poligonais *shapefile* (ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE INC - ESRI, 1998) mantendo na *shapefile* os atributos 0 e 1 para as respectivas feições separadas. Em seguida foi feita a transformação do sistema de coordenadas para o sistema métrico UTM (possibilitando o cálculo de áreas em km²) que acarreta a modificação da área de grandes regiões, pois se transforma a superfície terrestre, que é curva, em um plano (causando diferença em sua área). As áreas calculadas também podem ser diferentes em diferentes trabalhos devido aos parâmetros de transformação entre DATUM (neste utilizou-se o WGS84). Em seguida calculou-se a área e perímetro dos valores 1 e 2, chegando assim nos resultados, que serão apresentados a seguir.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 4 observa-se a espacialização das diferentes faixas de declividade pelos MDE ASTER GDEM V2 e pelo TOPODATA na área territorial da bacia hidrográfica do rio Piratini.

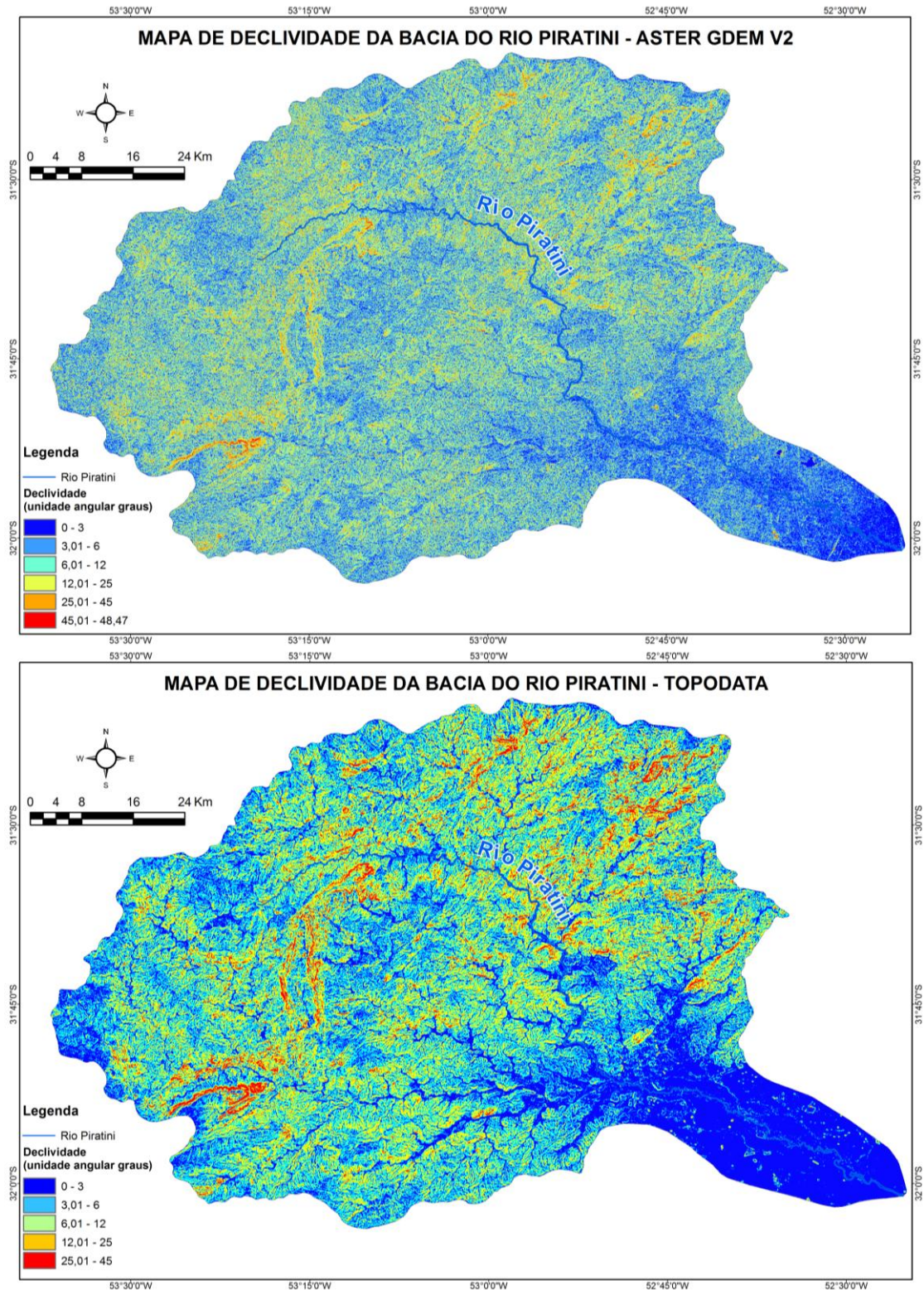


Figura 4. Diferentes faixas de declividade da área territorial da bacia hidrográfica do rio Piratini pelos MDE ASTER GDEM V2 e TOPODATA.

Nota-se na Figura 4 uma diferença expressiva da declividade nas duas imagens, sendo a TOPODATA com melhor visualização de drenagem e declividade mais acentuada (na parte oeste e norte do mapa). A imagem ASTER GDEM mostra uma diversificação da declividade mais acentuada em toda a área, não sendo possível visualizar as drenagens com o mesmo detalhamento que na imagem TOPODATA.

Na Tabela 2 observa-se em detalhes numéricos o que é mostrado na Figura 4. A área total com declividade de zero a três graus é bem maior na imagem TOPODATA (30,2%) em relação a imagem ASTER GDEM (17,9%), sendo que a imagem ASTER GDEM apresenta áreas maiores com maior declividade do que a imagem TOPODATA.

Tabela 2. Área de diferentes faixas de declividade da área territorial da bacia hidrográfica do rio Piratini, calculadas pelas imagens ASTER GDEM V2 e TOPODATA.

Declividade (graus)	ASTER GDEM V2		TOPODATA	
	Área (km ²)	Área (%)	Área (km ²)	Área (%)
0 a 3	1043,10	17,94	1754,60	30,19
3 a 6	1843,10	31,71	2258,90	38,86
6 a 12	2349,50	40,42	1621,50	27,89
12 a 25	566,00	9,70	174,47	3,00
25 a 45	10,40	0,18	2,68	0,05
45 a 48,47	0,01	0,00019	-	-

A Figura 5 mostra os mapas de área suscetível a inundação na cota 28,62 m (TELLES, 2002) pelos MDE ASTER GDEM e TOPODATA (Figura 5) e a Tabela 3 seus respectivos valores. Nota-se que o MDE ASTER GDEM V2 (12,547 km²) obteve uma área suscetível à inundação 12,38% maior, na maior cota registrada (28,62 m), em relação ao MDE TOPODATA (11,165 km²).

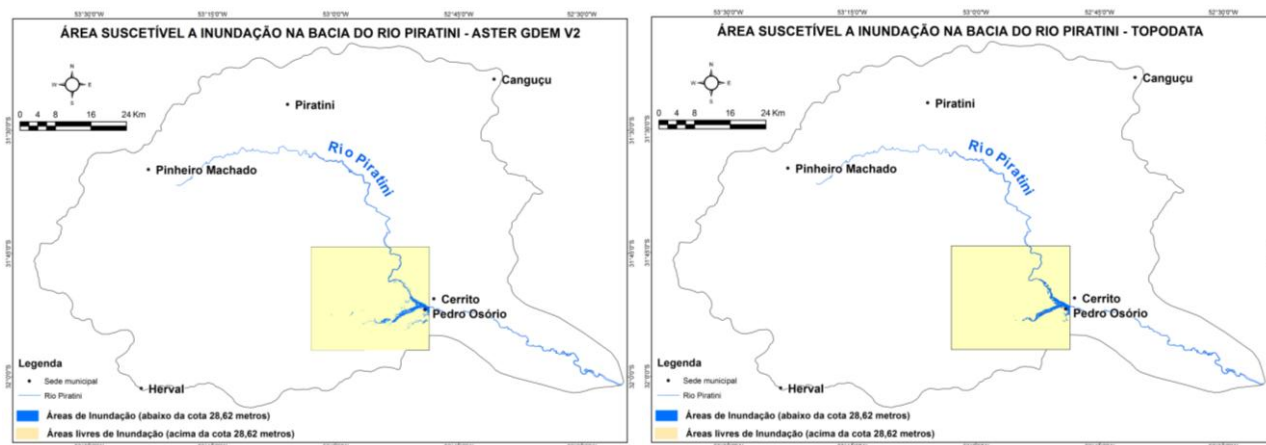


Figura 5. Área suscetível à inundação com cota 28,62 m (Fonte da cota: TELLES, 2002) na área delimitada para este estudo pelos MDE ASTER GDEM V2 e TOPODATA.

A Figura 6 mostra os mapas de área suscetível a inundação na cota de 30,2 m (TELLES, 2002), calculada para o TR de 100 anos pelos MDE ASTER GDEM e TOPODATA (Figura 6) e a Tabela 3 seus respectivos valores. Nota-se que o MDE ASTER GDEM (17,85 km²) obteve uma área suscetível à inundação 19,56% maior, na cota calculada para um TR de 100 anos (30,2 m), em relação ao MDE TOPODATA (14,93 km²). Em um estudo sobre comparação entre os modelos de elevação SRTM, TOPODATA e ASTER, Marques *et al.* (2011) relatam diferenças expressivas nas

redes de drenagem extraídas a partir dos distintos MDE, demonstrando que cabe critério ao usuário ao aplicar esses modelos, além da utilização de alguma fonte complementar de dados para verificar a acurácia dos resultados. Entretanto houve um ganho significativo no detalhamento da rede de drenagem no MDE com resolução de 30 m, sendo que o TOPODATA se mostrou mais acurado.

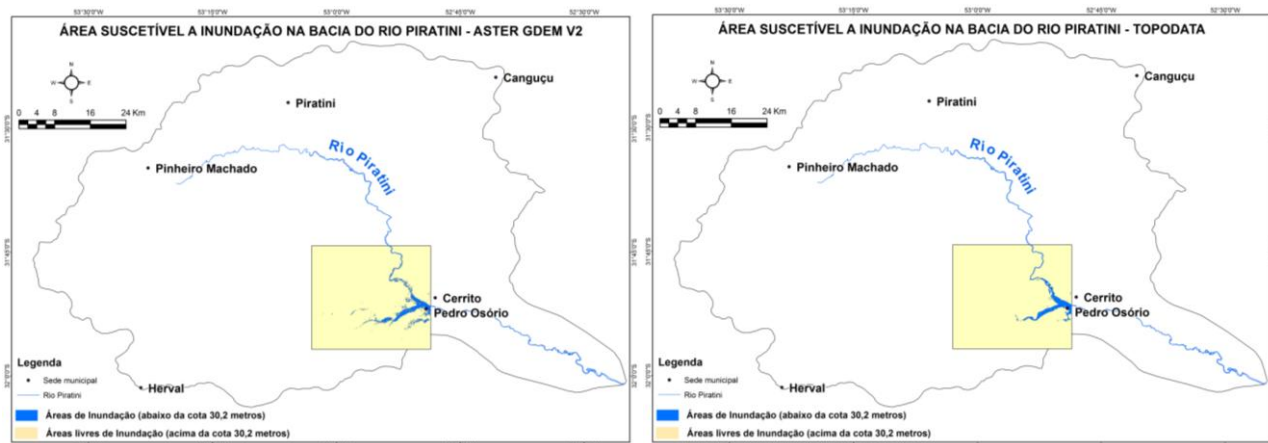


Figura 6. Área suscetível à inundação com cota de 30,2 m (Fonte da cota: TELLES, 2002) na área delimitada para este estudo pelos MDE ASTER GDEM e TOPODATA.

Tabela 3. Área e perímetro da maior cota de inundação registrada e calculada (TR de 100 anos).

Faixa Cota (m)	Áreas (km ²)		Perímetros (km)		Áreas (%)		Perímetros (%)	
	ASTER	TOPODATA	ASTER	TOPODATA	ASTER	TOPODATA	ASTER	TOPODATA
Até 28,62	12,547	11,165	253,24	86,25	2,42	2,15	42,71	33,36
Acima de 28,62	505,10	506,48	339,70	172,28	97,57	97,84	57,29	66,63
Até 30,2	17,85	14,93	325,52	94,5	3,45	2,88	44,19	34,49
Acima de 30,2	499,79	502,71	411,05	179,5	96,55	97,11	55,80	65,51

4. CONCLUSÕES

Os Modelos Digitais de Elevação, dos produtos ASTER GDEM V2 e TOPODATA, para caracterização de áreas suscetível a inundação do presente estudo, mostraram que, quanto menor a cota de inundação para cálculo, menor será a diferença de área inundável entre os produtos utilizados, ficando o ASTER GDEM V2 sempre com a maior área para as cotas mais baixas.

Quanto aos perímetros inundáveis, a imagem ASTER GDEM V2 apresentou valores muito maiores que os perímetros inundáveis da imagem TOPODATA.

Na modelagem de áreas susceptíveis a inundação, a precisão da geometria do Modelo Digital de Elevação utilizado tem grande impacto na determinação das áreas alagáveis.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem a CPRM/SGB (Companhia de Pesquisa Recursos Minerais / Serviço Geológico do Brasil - Empresa Pública do Ministério de Minas e Energia) pelo fomento que viabilizou o desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- ANA. (2012). Agência Nacional das Águas. Disponível em: <<http://www.hidroweb.ana.gov.br>>. Acesso em: 11 nov. 2012.
- ARAÚJO, E. P. DE; TELES, M. G. L.; LAGO, W. J. S. (2009). Delimitação das bacias hidrográficas da Ilha do Maranhão a partir de dados SRTM. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14. (SBSR). Natal, Brasil, *Anais...* INPE, v. 1, p. 4631 – 4638. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/rep/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.23.07.25?languagebutton=pt-BR&mirror=dpi.inpe.br/banon/2003/12.10.19.30.54&searchsite=bibdigital.sid.inpe.br:80&searchmirror=sid.inpe.br/bibdigital@80/2006/04.07.15.50.13>>. Acesso em: 18 ago. 2012.
- ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE INC - ESRI. (1998). *ESRI Shapefile Technical Description: an ESRI white paper*. Redlands, USA. Disponível em: <<http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/shapefile.pdf>>. Acesso em: 03 mai. 2013.
- FERNANDES, N. DA S.; MIOLA, A. C. (2013). Geoprocessamento aplicado no mapeamento de áreas com risco de inundação em Santa Maria-RS. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 16. (SBSR), Foz do Iguaçu, PR. *Anais...* São José dos Campos: INPE, 2013. p. 6417-6424. 1 DVD. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p1332.pdf>>. Acesso em: 21 abr. 2013.
- HASENACK, HEINRICH; WEBER, ELISEU (ORGS.). (2010). *Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul: escala 1:50.000*. Porto Alegre: UFRGS, 2010. 1 DVD. (Série Geoprocessamento).
- IBGE. (2012). Instituto Brasileiro de Pesquisa e Estatística. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/mapas_ibge/>. Acesso em: 23 out. 2012.
- INPE. (2008). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Projeto TOPODATA. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/>>. Acesso em: 24 mar. 2013.
- MARQUES, H. G.; PENATTI, N. C.; PARANHOS FILHO, A. C.; FROELICH, O.; ALMEIDA, T. I. R.; SHIMABUKURO, Y. (2011). Comparação entre os modelos de elevação SRTM, TOPODATA e ASTER na delimitação automática de rede de drenagem e limite de bacia hidrográfica. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15. (SBSR), Curitiba, PR, Brasil, *Anais...*, INPE p. 1271-1278. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p1263.pdf>>. Acesso em: 17 nov. 2012.
- NASA. (2012). National Aeronautics and Space Administration. Estados Unidos. Disponível em: <<http://asterweb.jpl.nasa.gov/>>. Acesso em: 19 jul. 2012.
- PERINI, A. B.; MARCUZZO, F. F. N.; SILVA, D. R. A. (2013). Modelos Digitais de Elevação no mapeamento de suscetibilidade de inundação no município de Pedro Osório/RS. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 16. (SBSR), 2013, Foz do Iguaçu, PR. *Anais...* São José dos Campos: INPE, 2013. p. 6417-6424. 1 DVD. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p1167.pdf>>. Acesso em: 21 abr. 2013.
- RODRIGUES, T. L.; DEBIASI, P.; DE SOUZA, R. F. (2010). Avaliação da adequação dos produtos ASTER GDEM no auxílio ao mapeamento sistemático brasileiro. In: Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 3. *Anais...* Recife. p. 1-5. Disponível em: <http://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOIII/IIISIMGEO_CD/artigos/CartografiaeSIG/Cartografia/A_17.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2012.
- TELLES, R. M. (2002). Inundações urbanas nos municípios de Pedro Osório e Cêrrito. Dissertação de Mestrado. Porto Alegre: UFURGS, 74 p. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/6144/000481447.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 01 nov. 2012.
- USGS. (2012). United State Geological Service. Estados Unidos. Disponível em: <<https://lpdaac.usgs.gov/>>. Acesso em: 19 jul. 2012.