

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DOS MODELOS DIGITAIS DE ELEVÇÃO ASTER E SRTM PARA O ESTADO DA BAHIA

Quality Control of ASTER and SRTM Digital Elevation Models for the Brazilian state of Bahia

Leandro Luiz Silva de França¹, Antônio Diego Oliveira de Almeida² & Alex de Lima Teodoro da Penha¹

¹ Diretoria de Serviço Geográfico – DSG

3º Centro de Geoinformação – 3º CGEO

Av. Joaquim Nabuco, nº 1687, 53240-650, Olinda-PE, Brasil

{franca.leandro, dapenha.alex}@eb.mil.br

² Diretoria de Serviço Geográfico – DSG

5º Centro de Geoinformação – 5º CGEO

Rua Major Daemon, nº 81, 20081-190, Rio de Janeiro – RJ, Brasil

antoniodiego.almeida@eb.mil.br

Recebido em 12 de Dezembro, 2016/ Aceito em 28 de Novembro, 2017

Received on December 12, 2016/ Accepted on November 28, 2017

RESUMO

Este artigo avalia a qualidade dos modelos digitais de elevação (MDE) referente ao *Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer* (ASTER) e à *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), versões 2 e 3 respectivamente, de acordo com as recentes Especificações Técnicas para Controle de Qualidade de Dados Geoespaciais (ET-CQDG), que correspondem aos padrões de dados para a Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE). A área de estudo analisada é o estado da Bahia, sendo estudados os 73 MDE ASTER e 73 MDE SRTM que cobrem esta região. A partir da avaliação dos elementos de qualidade (omissão, consistência conceitual, consistência de formato, acurácia posicional absoluta e validade temporal) dos dois conjuntos de MDE considerando as escalas 1:25.000, 1:50.000, 1:100.000 e 1:250.000, chegou-se à conclusão que, para a região estudada, o conjunto de MDE SRTM está em conformidade para as escalas 1:50.000, 1:100.000 e 1:250.000. Entretanto, o conjunto de MDE ASTER está em conformidade para as escalas 1:100.000 e 1:250.000.

Palavras-chave: ASTER, SRTM, ET-CQDG, MDE, Controle de Qualidade, Modelo Digital de Elevação.

ABSTRACT

This paper evaluates the quality of Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) and Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) digital elevation models (DEM), versions 2 and 3 respectively, accordingly the early Brazilian Technical Specifications for Geospatial Data's Quality Control (ET-CQDG), which are the Brazilian Army geospatial data standards for the National Spatial Data Infrastructure (INDE). The study area corresponds to the Brazilian state of Bahia. It was chosen 73 ASTER and 73 SRTM DEM that cover this region. From the evaluation of the elements' quality (omission, conceptual consistency, format consistency, absolute positional accuracy and temporal

validity) of the two DEM sets considering the scales 1:25,000, 1:50,000, 1:100,000 and 1:250,000, it was obtained that, for the study region, the SRTM DEM are in conformity for the 1:50,000, 1:100,000 and 1:250,000 map scales. On the other hand, the ASTER DEM are in conformity for the 1: 100,000 and 1: 250,000 map scales.

Keywords: ASTER, SRTM, ET-CQDG, DEM, Data Quality, Digital Elevation Model.

1. INTRODUÇÃO

Normatização e qualidade são conceitos que estão fortemente interligados, sendo este último o grau de aderência de um produto aos padrões exigidos para um determinado uso (CONCAR, 2010). Em função disso, torna-se natural que, ao se desenvolver um grupo de normas para um determinado setor, se inclua documentos relativos à qualidade (GARCÍA-BALBOA, 2011). Robinson *et al.* (1995) afirmam que as normas são essenciais para o controle de qualidade na cartografia. Neste contexto, os padrões publicados pela *International Organization for Standardization* (ISO) desempenham um papel importante (DCT/DSG, 2016).

Dessa forma, a Norma de Especificação Técnica para Controle da Qualidade de Dados Geoespaciais (ET-CQDG) está alinhada à ISO 19157 (DCT/DSG, 2016), sendo a norma mais recente que trata da qualidade dos dados geográficos. A ET-CQDG regula que a avaliação da qualidade dos produtos cartográficos é realizada por meio de elementos dispostos em cinco categorias: *Compleitude, Consistência Lógica, Acurácia Posicional, Acurácia Temporal e Acurácia Temática*. Esta especificação técnica estabelece os critérios para avaliação da qualidade, inclusive para auditoria de Modelos Digitais de Elevação (MDE), “produto cartográfico obtido a partir de um modelo matemático que representa um fenômeno, de forma contínua, a partir de dados adequadamente estruturados e amostrados do mundo real” (DCT/DSG, 2016).

Os MDE podem ser obtidos de sensores orbitais, como os *Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer* (ASTER) e *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), bem como obtidos a partir de vôo fotogramétrico, como os Modelos Digitais de Superfície (MDS) produzidos para o Projeto de Mapeamento da Bahia (NETO *et al.*, 2014; PENHA *et al.*, 2012).

O ASTER é um trabalho em conjunto entre a *National Aeronautics and Space*

Administration (NASA) e o Ministério do Comércio Internacional e Indústria do Japão (METI) para a construção de um MDE global (aproximadamente 99% da superfície da Terra), a partir de pares estereoscópicos de bandas na faixa do infravermelho próximo. Por outro lado, a missão SRTM objetivou gerar um MDE de mais de 80% da área terrestre emersa, através de interferometria utilizando radares *Synthetic Aperture Radar* (SAR) nas bandas C e X, sendo lançada pela NASA em fevereiro de 2000 durante um período de 11 dias (CELESTINO e PHILIPS, 2016; CARMO *et al.*, 2015; IOANNIDIS *et al.*, 2014; BLANCHARD *et al.*, 2010).

É factível encontrar diversos trabalhos que tratam da comparação entre os modelos de elevação ASTER e SRTM, com fins de avaliar sua qualidade.

Szabó *et al.* (2015), Biffi *et al.* (2013) e Nikolopoulos *et al.* (2006) realizam uma avaliação através da subtração entre os MDE avaliados e outro de maior acurácia. Por outro lado, Gómez *et al.* (2012) avaliaram a acurácia da geolocalização e elevação com ênfase em informações morfológicas.

Ademais, estes trabalhos se limitam a comparar modelos de elevação a partir da álgebra de mapas ou por um estudo estatístico, como, por exemplo, a avaliação da acurácia de MDE apresentada por Moura, Bias e Brites (2014), a qual não está alinhado às diretrizes da Cartografia Nacional, posto que os resultados devem ser enquadrados dentro das classificações de acurácia posicional absoluta para determinação do Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC).

O PEC foi normatizado pelo Decreto N° 89.817, de 20 de Junho de 1984, estabelecendo as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional, sendo este atualizado pela Norma de Especificação Técnica de Aquisição de Dados Geoespaciais (ET-ADGV), que trata do Padrão de Exatidão Cartográfico para Produtos Cartográficos Digitais (PEC-PCD).

Assim como o PEC-PCD, a ET-CQDG padroniza os critérios de avaliação da qualidade, estabelecendo as medidas exigidas para cada

elemento de qualidade e considerando os diferentes conjuntos de dados geospaciais (DCT/DSG, 2016).

Diante do exposto, este trabalho tem o objetivo principal de avaliar a qualidade dos MDE ASTER e SRTM de acordo com os elementos de qualidade *Omissão, Consistência Conceitual, Consistência de Formato, Acurácia Posicional Absoluta e Validade Temporal*, obedecendo aos procedimentos preconizados pela ET-CQDG, identificando o uso de cada um às escalas do mapeamento sistemático brasileiro.

2. ÁREA DE ESTUDO

A região de estudo abrange toda a área compreendida entre as divisas do estado da

Bahia. Os modelos que foram analisadas correspondem aos MDE ASTER v.2 e SRTM v.3 distribuídas na articulação $1^\circ \times 1^\circ$ pelo *United States Geological Survey* (USGS, 2014; USGS, 2015) que cobrem o polígono referente ao estado baiano, ilustradas na Figura 1. Na figura, a nomenclatura utilizada para cada modelo corresponde à coordenada do canto inferior esquerdo. Por exemplo, para o MDE correspondente ao enquadramento “S11W47”, o canto inferior esquerdo tem latitude -11 graus e longitude igual a -47 graus.

Portanto, foram avaliadas 146 (cento e quarenta e seis) MDE, sendo 73 (setenta e três) correspondentes ao ASTER e 73 (setenta e três) relativos ao SRTM.

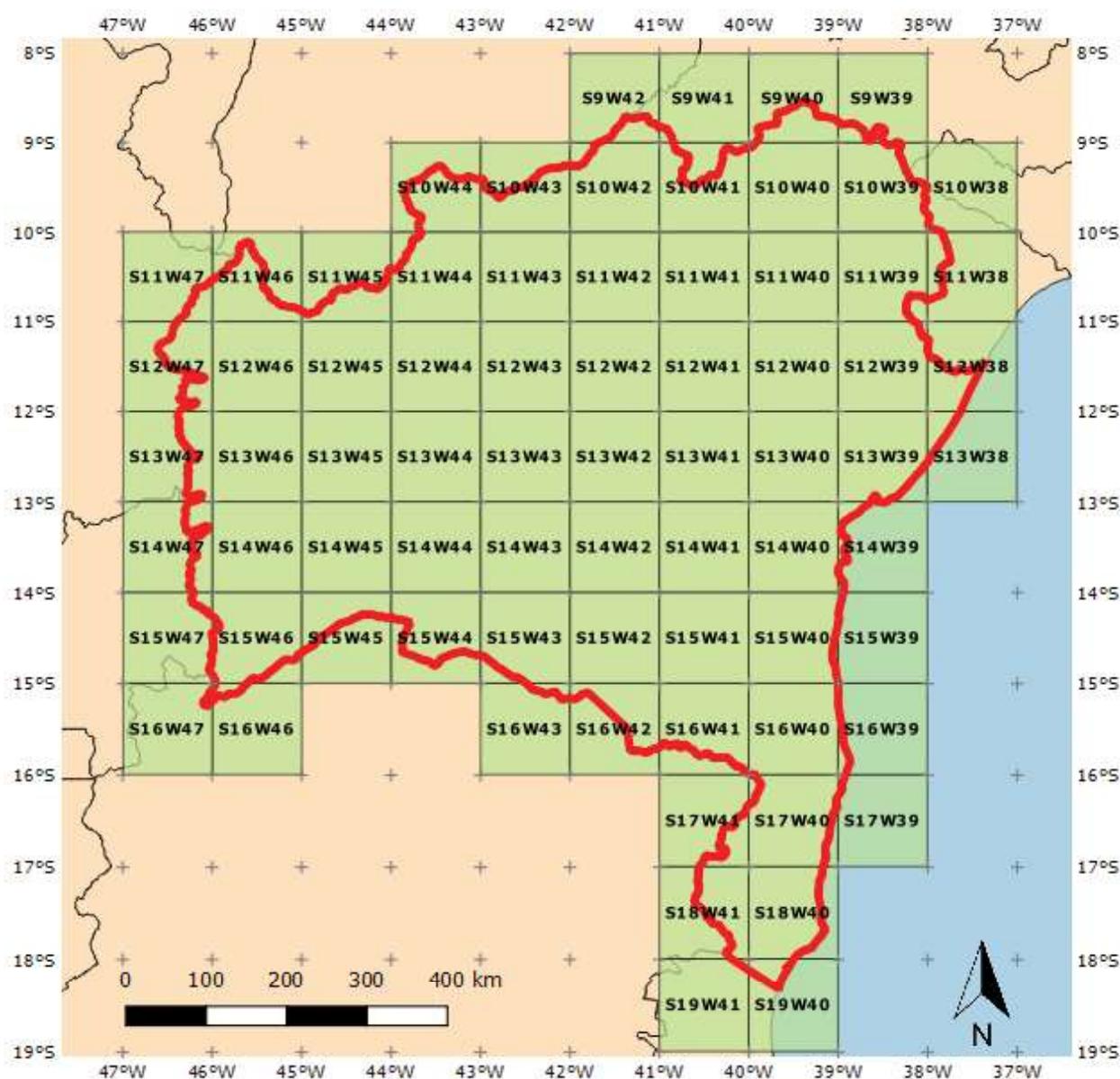


Fig. 1 - MDE ASTER e SRTM avaliados.

3. METODOLOGIA DE TRABALHO

Para os dois conjuntos de modelos ASTER e SRTM referentes à área de estudo, foram aplicados os procedimentos de avaliação da ET-CQDG para MDE descritos na Tabela 1.

3.1 Avaliação do Elemento Omissão

A Medida de Omissão corresponde ao percentual de área indisponível, descrito pelo código identificador 104 da ET-CQDG. O

percentual, segundo a definição da norma, deve incluir a área indisponível em relação à área total do conjunto de dados, como também, devem ser contabilizadas as áreas encobertas e áreas não fornecidas.

No procedimento de avaliação, todo o conjunto de MDE deve ser inspecionado e, para que esse conjunto esteja em conformidade, a Medida de Omissão ($M_{Omissão}$) deve ser inferior a 10% (Tabela 1).

Tabela 1: Procedimentos de avaliação de qualidade para produtos do tipo MDE (DCT/DSG, 2016)

		Elemento			Procedimento	Resultado
1		Omissão	104	-	Direto interno inspeção completa	Conformidade M < 10%
2		Consistência conceitual	202	Seção 6.2.4 da PCDG ¹	Direto interno inspeção completa	Conformidade M = verdadeiro
3		Consistência de formato	206	GeoTIFF	Direto interno inspeção completa	Conformidade M = verdadeiro
4		Acurácia posicional absoluta	302	Tabela 31 ² e Tabela 32 ³ (altimetria)	Direto externo Amostragem	Quantitativo M Conformidade Se M = A ou B
5		Validade temporal	401	-	Direto interno Inspeção completa	Quantitativo M

O cálculo da Medida de Omissão deve ser determinado nas etapas a seguir:

1º) Verificação de áreas do polígono das divisas do estado da Bahia que não esteja coberta por um MDE. Caso eles estejam faltando, então é computado o percentual de MDE ausentes em relação ao total de modelos previstos ($P_{IMG_{AUSENTES}}$).

2º) Verificação de ocorrência de pixels nulos (ausência de informação) em cada um dos modelos. O quantitativo de pixels nulos é somado para todos os modelos e calculado o percentual em relação ao total de pixels das MDE disponíveis ($P_{PIXELS_{NULOS}}$).

3º) Verificação das áreas encobertas por nuvens, neblina, fumaça, poeira, ruído, etc. O quantitativo de pixels encobertos é somado para todos os modelos e calculado o percentual em relação ao total de pixels dos MDE disponíveis ($P_{PIXELS_{ENCOBERTOS}}$)⁴.

Por fim, a partir dos valores calculados nas

etapas anteriores, a Medida de Omissão é obtida de acordo com a equação (1).

$$M_{OMISSÃO} = P_{IMG_{AUSENTES}} + (P_{PIXELS_{NULOS}} + P_{PIXELS_{ENCOBERTOS}}) \times P_{IMG_{EXISTENTES}} \quad (1)$$

3.2 Avaliação de Consistência Conceitual

A Medida de Consistência Conceitual avalia a conformidade com as especificações do dado matricial, descrito pelo código identificador 202 da ET-CQDG, indicando se um produto com o modelo de dados matricial cumpre os requisitos do produto em relação às suas especificações, verificando-se os seguintes parâmetros: número de bandas, resolução radiométrica e resolução geométrica.

No procedimento de avaliação, todo o conjunto de MDE deve ser inspecionado. A conformidade desse conjunto é dada quando

¹ Como estas informações não estão disponíveis para os dados ASTER e SRTM, os percentuais de pixels encobertos não foram computados nos

todos os modelos estiverem em conformidade. Ou seja, a não conformidade de pelo menos um modelo implica na não conformidade de todo conjunto.

Todos os modelos dos conjuntos ASTER e SRTM devem ter seus parâmetros avaliados de acordo com as especificações reguladas pela ET-CQDG para MDE, realizando-se as seguintes avaliações:

- 1º) Cada MDE deve ter apenas uma banda.
- 2º) Resolução radiométrica de 16 bpp (inteiro).
- 3º) Resolução geométrica de acordo com o especificado pelo produto (no caso, 1 arco-segundo – aproximadamente 30 metros próximo a linha do equador).

O resultado de cada avaliação é um valor booleano (Verdadeiro para conformidade ou Falso para não conformidade).

A Medida de Consistência Conceitual para cada MDE (M_{CC_i}) é dada pela equação (2), correspondendo à operação lógica de interseção das medidas dos três parâmetros avaliados.

$$M_{CC_i} = M_{P1_i} \wedge M_{P2_i} \wedge M_{P3_i} \quad (2)$$

A Medida de Consistência Conceitual do conjunto (M_{CC}), por sua vez, consiste na operação lógica de interseção das medidas de consistência lógica de n MDE do conjunto, dada pela equação (3).

$$M_{CC} = M_{CC_1} \wedge M_{CC_2} \wedge \dots \wedge M_{CC_n} \quad (3)$$

3.3 Avaliação da Consistência de Formato

A Medida de Consistência de Formato é um instrumento que indica se existe algum problema na estrutura física do arquivo de acordo com o formato geotiff previsto para MDE e descrito pelo código identificador 206 da ET-CQDG.

No procedimento de avaliação, todo o conjunto de MDE deve ser inspecionado, semelhantemente ao procedimento da Avaliação de Consistência Conceitual. A Medida de Consistência de Formato (M_{CF}) também é um valor booleano (Verdadeiro para conformidade ou Falso para não conformidade).

Todos os modelos dos conjuntos ASTER e SRTM devem ter os seguintes critérios avaliados:

- 1º) Extensão de cada arquivo (GeoTIFF).

- 2º) Estrutura interna do arquivo, onde deve-se constatar as informações previstas de georreferenciamento e Sistema de Referência de Coordenadas (SRC), que neste caso é o SRID 4326 (sendo este um identificador de referência espacial - *Spatial Reference System Identifier*, também conhecido como código EPSG).

- 3º) Verificação se a identificação do arquivo condiz com a sua localização/extensão através dos limites geográficos (máximo e mínimo) do MDE.

O resultado de cada avaliação é um valor booleano (Verdadeiro para conformidade ou Falso para não conformidade).

A Medida de Consistência de Formato para cada MDE (M_{CF_i}) é dada pela equação (4), correspondendo à operação lógica de interseção das medidas dos três critérios avaliados.

$$M_{CF_i} = M_{C1_i} \wedge M_{C2_i} \wedge M_{C3_i} \quad (4)$$

A Medida de Consistência de Formato do conjunto (M_{CF}), por sua vez, consiste na operação lógica de interseção das medidas de consistência de formato de n MDE do conjunto, dada pela equação (5).

$$M_{CF} = M_{CF_1} \wedge M_{CF_2} \wedge \dots \wedge M_{CF_n} \quad (5)$$

3.4 Avaliação da Acurácia Posicional Absoluta

A Medida de Acurácia Posicional Absoluta, descrita pelo código 302 da ET-CQDG, é um instrumento que indica o Padrão de Exatidão Cartográfica para um produto geoespacial baseado no erro máximo admissível (EM) e no erro-padrão (EP) para a altimetria.

No procedimento de avaliação, o tamanho da amostra é obtido na ET-CQDG a partir do tamanho do lote e do Limite de Qualidade Aceitável (LQA). Neste caso, para cada conjunto de MDE, tem-se um lote com 73 modelos. Como o LQA definido para MDE é de 4%, então o tamanho da amostra é de 10 modelos, com zero erro como número de aceitação.

Foram utilizados para a avaliação da acurácia posicional um total de 7.664 pontos de campo levantados para homologação dos MDS executado pelo Exército Brasileiro para o Projeto

de Mapeamento do Estado da Bahia (PENHA *et al.*, 2012).

Dentre os MDE, foram escolhidos para a amostra, de forma bem distribuída, aqueles

que estivessem majoritariamente dentro do polígono das divisas do estado da Bahia para que pudessem ser avaliados com os pontos de campo (Figura 2).

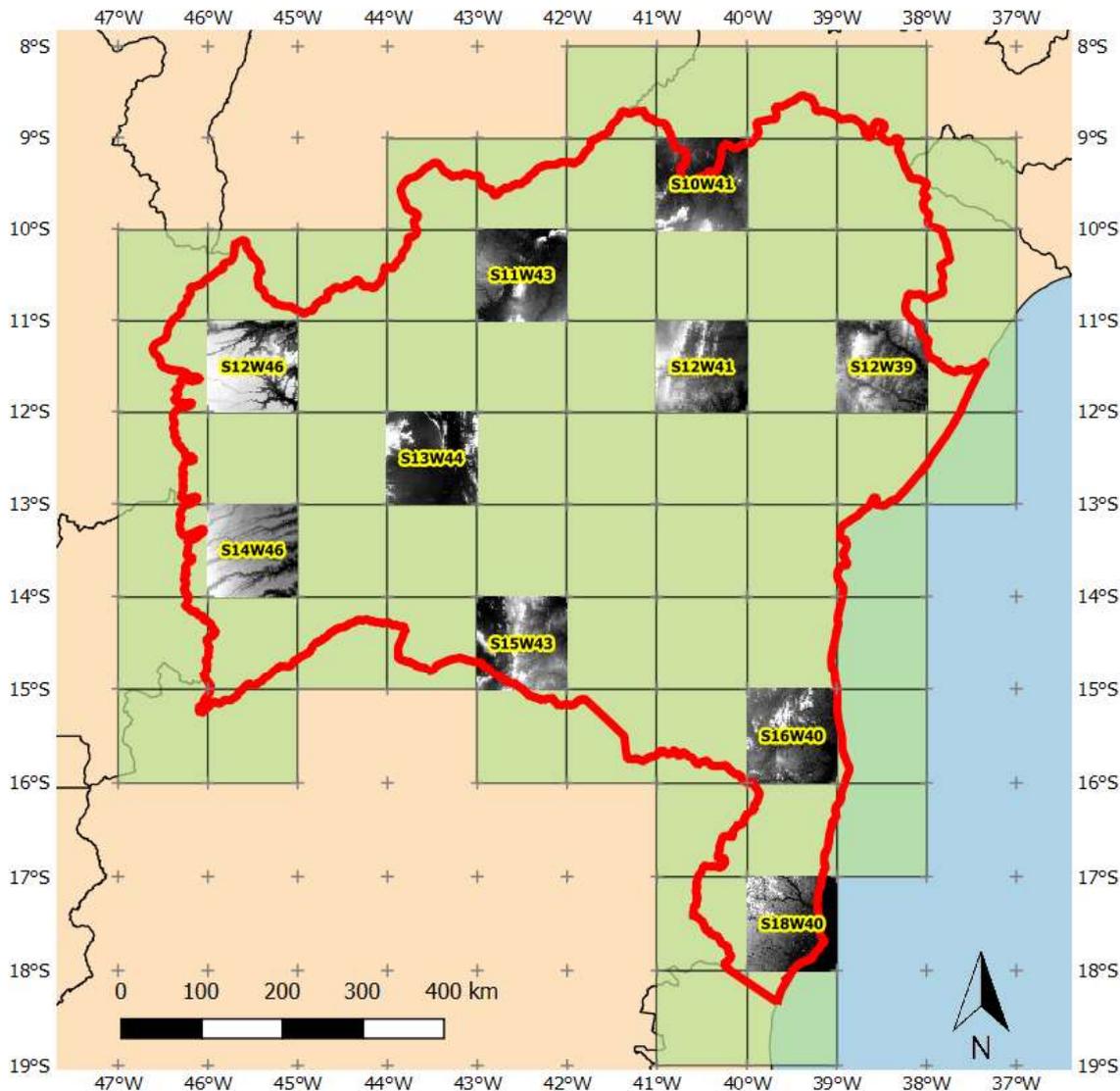


Fig. 2 - Amostra de MDE para avaliação da acurácia posicional absoluta.

O cálculo do erro da componente altimétrica é dado pela equação (6),

$$e_z = z_t - z_r \quad (6)$$

onde z_r é a altitude ortométrica do ponto de campo e z_t é a altitude calculada por interpolação dos valores dos pixels próximos à posição do ponto de controle.

A interpolação bilinear foi adotada buscando calcular a influência linear dos valores de altitude $f(x,y)$ dos 4 pixels mais próximos, conforme a equação (7) e Figura 3.

$$z_t = (1-dx)(1-dy)f(x,y) + dx(1-dy)f(x+1,y) + (1-dx)dy f(x,y+1) + dx dy f(x+1,y+1) \quad (7)$$

Para cada modelo da amostra, calcula-se o Erro Médio Quadrático (EMQ) dos n erros encontrados por meio da equação (8).

$$EMQ = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n e_{z_i}^2}{n}} \quad (8)$$

Cada valor de erro e_{z_i} deve ser comparado com o erro máximo admissível da tabela de Padrão de Exatidão Cartográfica (Tabela 2) para cada classe.

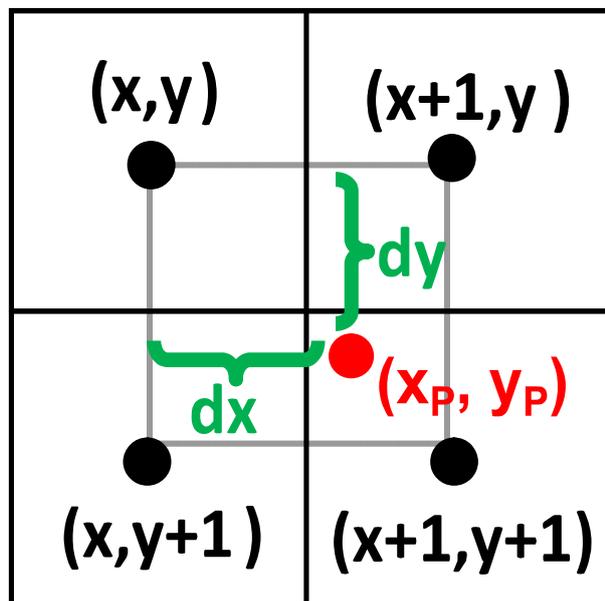


Fig. 3 - Interpolação Bilinear (FRANÇA; JUNIOR, 2014).

O produto se enquadra onde tiver pelo menos 90% de pontos com erro inferior ao EM. Se os resultados não corresponderem a nenhuma das classes, o resultado é considerado “não conforme” e encerra-se a medida.

O valor de EMQ é comparado com Erro-Padrão (EP) da tabela do PEC. Se o valor for menor, o resultado é a classe encontrada na etapa anterior. Se for maior, caminha-se na tabela PEC até encontrar um valor menor ou, caso não seja encontrado, a medida é “não conforme”.

A Medida de Acurácia Posicional Altimétrica para um modelo da amostra corresponde à classe do PEC na qual o resultado da avaliação foi enquadrado (“A”, “B”, “C” ou “D”). Neste trabalho, se os modelos não se enquadram em nenhuma das classes, então são classificados como “R” (Tabela 4).

A Medida de Acurácia Posicional (M_{AP}) altimétrica para o conjunto de MDE corresponde à pior classificação dos MDE da amostra. Por exemplo, se todos os modelos receberem PEC “A” com exceção de um que recebeu PEC “B”, então todo o conjunto deve receber PEC “B” (Tabela 5).

Tabela 2: Valores de erro-médio (EM) e erro-padrão (EP), em metros na planimetria e altimetria para MDE (DCT/DSG, 2011)

Tipo	PEC-PCD	1:25.000		1:50.000		1:100.00		1:250.000	
		EM	EP	EM	EP	EM	EP	EM	EP
Altimetria	A	2,70	1,67	5,50	3,33	13,70	8,33	27,00	16,67
	B	5,00	3,33	10,00	6,67	25,00	16,67	50,00	33,33
	C	6,00	4,00	12,00	8,00	30,00	20,00	60,00	40,00
	D	7,50	5,00	15,00	10,00	37,50	25,00	75,00	50,00

A conformidade do conjunto de MDE é dada se $M_{AP} = “A”$ ou $M_{AP} = “B”$, caso contrário, o conjunto é considerado “não conforme”.

3.5 Validade Temporal

A Validade Temporal apresenta o tempo decorrido entre criação e avaliação do MDE, descrito no código identificador 401, da ET-CQDG. Essa medida indica o prazo decorrido em dias desde a criação do produto até a conclusão da avaliação da qualidade do produto.

Embora não haja um critério de não conformidade para MDE, a Medida de Validade Temporal pode indicar a “idade” do MDE até a sua avaliação de qualidade.

A Medida de Validade Temporal pode ser

dada pela equação (9), onde T corresponde ao dia Juliano nas datas de criação e de avaliação do MDE.

$$M_{VT} = T_{AVALIAÇÃO} - T_{CRIAÇÃO} \quad (9)$$

4. RESULTADOS

Os resultados de avaliação de Omissão, Consistência Conceitual, Consistência de Formato, Acurácia Posicional Altimétrica Absoluta e Validade Temporal estão descritas nas tabelas 3 e 4.

As medidas dos elementos de qualidade estão descritas na Tabela 5.

Tabela 3: Resultado para avaliação da omissão, consistência conceitual, consistência de formato e validade temporal

ELEMENTO	AVALIAÇÃO	ASTER	SRTM
OMISSÃO	Área não coberta por MDE	0%	0%
	Percentual de Pixels Nulos	0%	0,014%
	Total de Omissão	0%	0,014%
CONSISTÊNCIA CONCEITUAL	Número de bandas (1 banda)	100%	100%
	Resolução radiométrica (16 bpp)	100%	100%
	Resolução geométrica (1 arc-seg)	100%	100%
CONSISTÊNCIA DE FORMATO	Formato TIFF	100%	100%
	Estrutura de Georef. e SRID	100%	100%
	Comparação nome com localização	100%	100%
VALIDADE TEMPORAL	Data de Criação	01/01/2001	22/02/2000
	Data de Avaliação	08/11/2016	08/11/2016
	Medida (dias)	5790	6104

Tabela 4: Resultado para avaliação da acurácia posicional altimétrica absoluta

ASTER		PEC - ALTIMÉTRICO				SRTM		PEC - ALTIMÉTRICO			
ARQUIVO	EMQ	25k	50k	100k	250k	ARQUIVO	EMQ	25k	50k	100k	250k
ASTGTM2_S10W041_dem.tif	7,7	R	D	A	A	s10_w041_larc_v3.tif	2,3	B	A	A	A
ASTGTM2_S11W043_dem.tif	6,7	R	C	A	A	s11_w043_larc_v3.tif	3,3	B	A	A	A
ASTGTM2_S12W039_dem.tif	14,1	R	R	B	A	s12_w039_larc_v3.tif	2,8	B	A	A	A
ASTGTM2_S12W041_dem.tif	7,4	R	C	A	A	s12_w041_larc_v3.tif	2,0	B	A	A	A
ASTGTM2_S12W046_dem.tif	8,0	R	D	A	A	s12_w046_larc_v3.tif	3,7	C	B	A	A
ASTGTM2_S13W044_dem.tif	5,2	R	B	A	A	s13_w044_larc_v3.tif	4,5	D	B	A	A
ASTGTM2_S14W046_dem.tif	6,6	R	C	A	A	s14_w046_larc_v3.tif	3,7	C	B	A	A
ASTGTM2_S15W043_dem.tif	11,2	R	R	B	A	s15_w043_larc_v3.tif	3,7	C	B	A	A
ASTGTM2_S16W040_dem.tif	13,7	R	R	B	A	s16_w040_larc_v3.tif	4,2	D	B	A	A
ASTGTM2_S18W040_dem.tif	10,2	R	R	B	A	s18_w040_larc_v3.tif	6,0	R	B	A	A

Tabela 5: Medidas dos elementos de qualidade dos MDE ASTER e SRTM

Conjunto de MDE	Medida							
	Omissão	Consistência Conceitual	Consistência de Formato	Acurácia Posicional 25K	Acurácia Posicional 50K	Acurácia Posicional 100K	Acurácia Posicional 250K	Validade Temporal
ASTER	0%	V	V	R	R	B	A	5790
SRTM	0,014%	V	V	R	B	A	A	6104

5. CONCLUSÃO

Os MDE SRTM apresentaram a ocorrência de pixels nulos, que em sua totalidade não chegam a 0,1% da amostra. Embora seja

irrelevante numericamente, a ausência de informação pode gerar transtornos, como problemas de visualização ou informações estatísticas irreais. Já nos MDE ASTER não há

ocorrência de pixels nulos, todavia sua acurácia é inferior aos MDE SRTM.

Ambos os conjuntos de MDE foram reprovados no critério acurácia posicional para a escala 1:25.000 e, para a escala 1:50.000, apenas o conjunto de MDE SRTM está em conformidade. No entanto, para as outras escalas os conjuntos de MDE ASTER e SRTM alcançaram o padrão de conformidade exigido pela ET-CQDG.

Considerando a área de estudo, os lotes dos MDE ASTER e SRTM estão em conformidade com as especificações técnicas para MDE, sendo aprovados nos procedimentos de avaliação de qualidade destinado a utilização no mapeamento das escalas 1:250.000 e 1:100.000. Somente o lote de MDE SRTM está em conformidade com o padrão exigido para o mapeamento na escala 1:50.000.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIFFI, L. J.; JARENKOW, G. L.; FRANCHINI, R. L. VIEIRA, R. M.; NETO, S. L. R.; CORDEIRO, M. T. A. Comparação de modelos digitais de elevação SRTM e ASTER com modelo de elevação de grande escala do município de Lages – SC. XVI **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Foz do Iguaçu - PR, p. 46-51, 2013.

BLANCHARD, S. D. ROGAN, J. WOODCOCK, D. W. Geomorphic Change Analysis Using ASTER and SRTM Digital Elevation Models in Central Massachusetts, USA, **GIScience & Remote Sensing**, 47:1, 1-24, 2010.

CARMO, A. M. SOUTO, M. V. S. DUARTE, C. R. ANÁLISE QUALITATIVA E COMPARATIVA DAS VARIÁVEIS MORFOMÉTRICAS DA REGIÃO SERRANA DA PORÇÃO SUL DO MACIÇO CENTRAL DO CEARÁ GERADAS ATRAVÉS DOS : SRTM, ASTER GDEM E TOPODATA. **Revista Brasileira de Cartografia** N° 67/3: 603-620, 2015.

CELESTINO, V. S. PHILIPS, J. W. Avaliação altimétrica SRTM e ASTER GDEM em áreas de relevos diferenciados. **Revista Brasileira de Cartografia** N° 68/01. p. 15 – 42, 2016.

CONCAR – Comissão Nacional de Cartografia. **Plano de ação para implantação da**

Infraestrutura de Dados Espaciais (INDE). Rio de Janeiro. 2010.

DCT/DSG. **Norma da Especificação Técnica para Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais de Defesa da Força Terrestre – ET-ADGV**. 1ª Edição. 2015.

DCT/DSG. **Norma da Especificação Técnica para Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais – ET-ADGV**. Versão 2.1.3. 1ª Edição. Brasília, 2011.

DCT/DSG. **Norma da Especificação Técnica para Controle de Qualidade de Dados Geoespaciais – ET-CQDG**. 1ª Edição. Brasília, 2016.

FRANÇA, L. L. S.; JUNIOR, E. J. S. **Reconhecimento de objetos em imagens por meio do contorno**: Proposta de um método baseado no Código da Cadeia e estudo de caso para reconhecimento de caracteres utilizados na Cartografia. Trabalho de Iniciação à Pesquisa. IME. 2014.

GARCÍA-BALBOA, J. L. **Normas de Calidad**. Experto Universitario en Evaluación de La Información Geográfica (4ª Edición). Master Universitario en Evaluación y Gestión de La Calidad de La Información Geográfica (1ª Edición). Jaén: Universidad de Jaén, 2011.

GÓMEZ, M. F. LENCINAS, J. D. SIEBERT, A. DÍAZ, G. M. Accuracy Assessment of ASTER and SRTM DEMs: A Case Study in Andean Patagonia. **GIScience & Remote Sensing**, 49, No. 1, p. 71–91, 2012.

IOANNIDIS, C. XINO GALAS, E. SOILE, S. Assessment of the global digital elevation models ASTER and SRTM in Greece. **Survey Review**, v. 46, n.338, p. 342-354, 2014.

MOURA, L. Z. BIAS, E. S. BRITES, R. Avaliação da acurácia vertical de Modelos Digitais de Elevação (MDES) nas bacias de Paranoá e São Bartolomeu. **Revista Brasileira de Cartografia** N° 66/01. p. 01 – 14, 2014.

NETO, A. P. J. CERQUEIRA, R. W. CARVALHO, J. A. B. GRECO, R. L. F. Projeto de Mapeamento da Bahia. XXVI **Congresso Brasileiro de Cartografia**. Gramado – RS, p.1-10, 2014.

NIKOLAKOPOULOS, K. G.

- KAMARATAKIS, E. K. CHRYSOULAKIS, N. SRTM vs ASTER elevation products. Comparison for two regions in Crete, Greece, **International Journal of Remote Sensing**, 27:21, 4819-4838, 2006.
- PENHA, A. L. T. MORITA, C. Y. CERQUEIRA, R. W. Geração de Base Cartográfica Digital a partir de produtos fotogramétricos para a geração de ortofotocarta, carta topográfica e banco de dados geográficos – o caso do projeto de mapeamento do Estado da Bahia. IV **Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação (SIMGEO)**. 2012.
- ROBINSON, A. H.; MORRISON, J. L.; MUEHRCKE, P. C.; KIMERLING, A. J.; GUPTILL, S. C. **Elements of cartography**. 6. ed. New York: John Wiley & Sons, 1995.
- SZABÓ, G. SINGH, S. K. SZABÓ, S. Slope angle and aspect as influencing factors on the accuracy of the SRTM and the ASTER GDEM databases, **Physics and Chemistry of the Earth**. p. 1-17, 2015.
- USGS. **Routine ASTER Global Digital Elevation Model. LP DAAC (NASA)**. Disponível em: <https://lpdaac.usgs.gov/dataset_discovery/aster/aster_products_table/astgtm>. Acesso em 30 Set. 2016. 2014.
- USGS. **Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) 1 Arc-Second Global**. Disponível em: <<https://lta.cr.usgs.gov/SRTM1Arc>>. Acesso em 30 Set. 2016. 2015.