



**Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto
Introdução ao Geoprocessamento**

**RECLASSIFICAÇÃO DAS MANCHAS DE SUSCETIBILIDADE A INUNDAÇÃO DO MUNICÍPIO
DE PORTO VELHO (RO) E AVALIAÇÃO DA ACURÁCIA VERTICAL DE MDEs DE FONTE
ABERTA**

**Philipe Simões
Eng. Cartógrafo e Agrimensor**



- 1. Introdução**
- 2. Metodologia**
- 3. Resultados e Discussão**
- 4. Conclusões**
- 5. Referências**

❖ Conceito de Inundação

As inundações urbanas são recorrentes desde a formação de cidades e aglomerados urbanos e acontecem quando as águas de rios, riachos, galerias pluviais saem do leito de escoamento passam a ocupar áreas de infraestrutura urbana, tais como ruas, rodovias, moradias, entre outros (TUCCI; BERTONI, 2003; RAMOS, 2013).



Fig. 1: Exemplo de Planície de Inundação.
Fonte: CPRM, 2017.

❖ Inundações Urbanas



Fig. 2: Inundação Em Porto Velho, 2014.
Fonte: G1 (2020).



Fig. 3: Equipe de Resgate em Inundação Em Porto Velho, 2014.
Fonte: G1 (2020).

❖ Objetivos

- **Relacionar as manchas de suscetibilidade a inundação do município de Porto Velho, no estado de Rondônia, fornecidas pela CPRM, com dados populacionais dos setores censitários do censo demográfico de 2010 fornecidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) a partir da aplicação de inferência geográfica utilizando a lógica *Fuzzy*;**
- **Avaliar a acurácia vertical do MDEs ALOS World 3D-30m (AW3D30) e SRTM GL1 reamostrado pela Alaska Satellite Facility (ASF), com resolução espacial de 12,5 m e TOPODATA.**

❖ Área de Estudo

- **Município de Porto Velho (RO)**

- **Área: 34.090 km²**
- **Bioma: Amazônia**
- **Clima: Tropical superúmido**
- **População estimada em 2020: 539.354**
- **Área do retângulo que envolve as manchas de suscetibilidade a inundação: 8.093 km²**

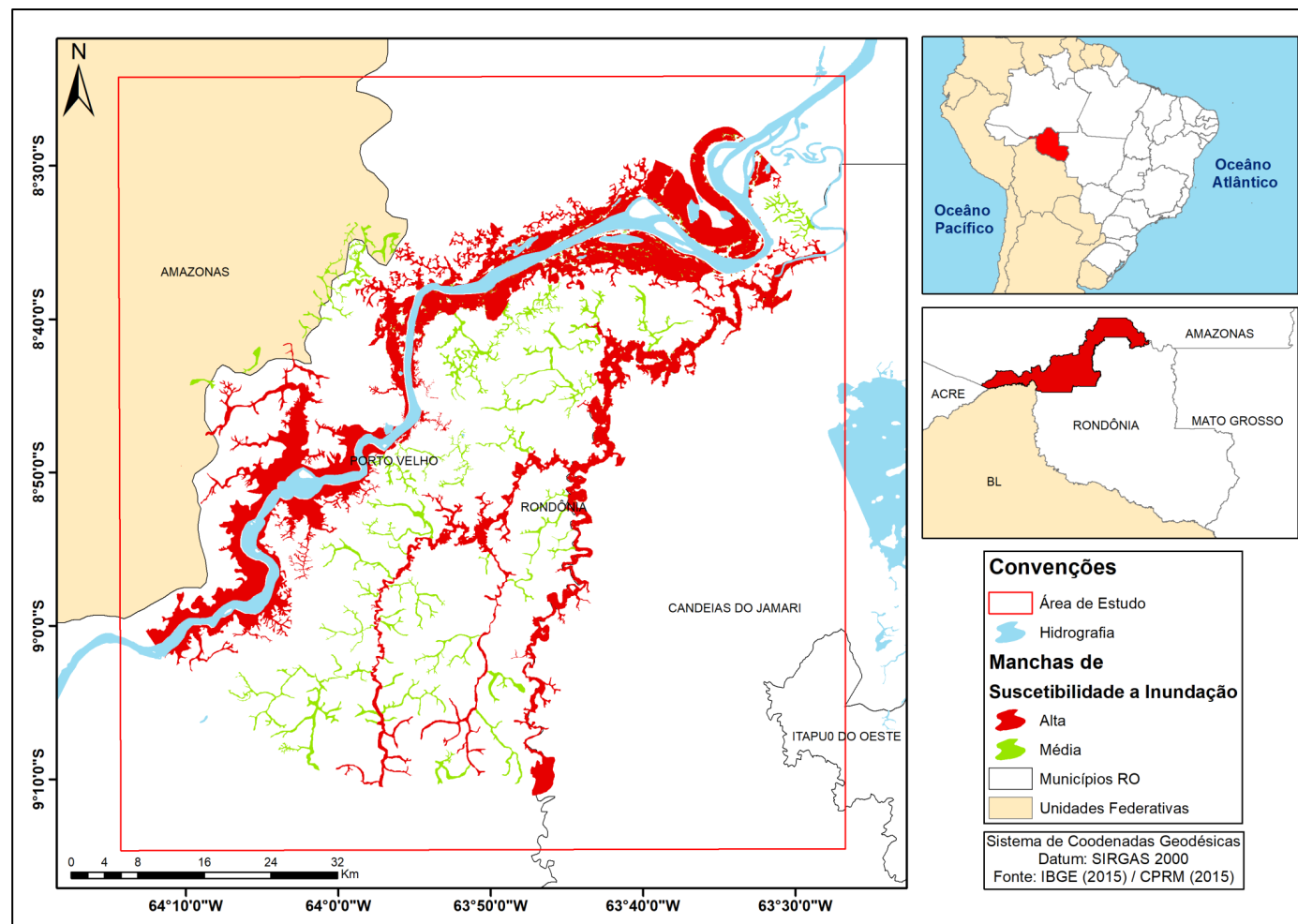
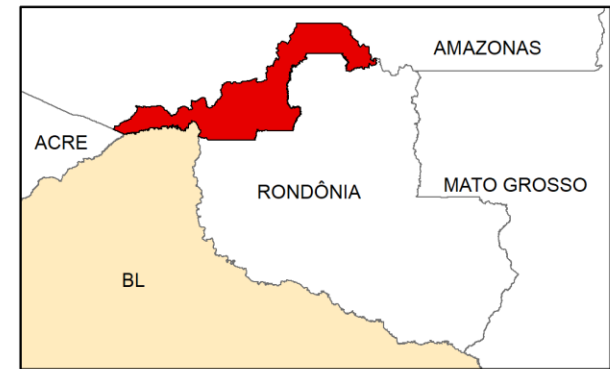
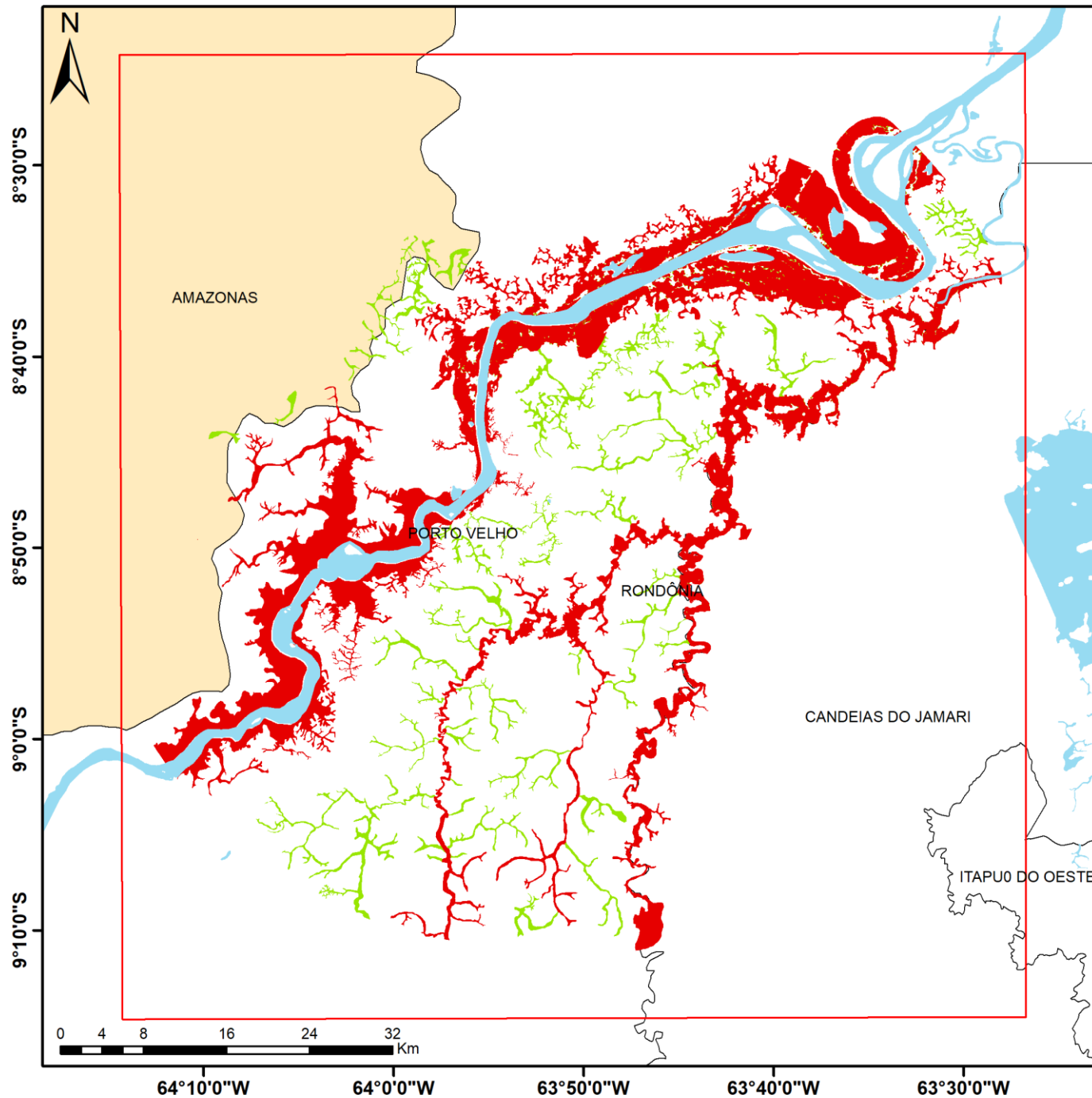


Fig. 4: Mapa de Localização da Área de Estudo



Convenções

- Área de Estudo
- ~ Hidrografia

Manchas de Suscetibilidade a Inundaçao

- ~ Alta
- ~ Média
- Municípios RO
- Unidades Federativas

Sistema de Coodenadas Geodésicas
 Datum: SIRGAS 2000
 Fonte: IBGE (2015) / CPRM (2015)

❖ Diagrama OMT-G

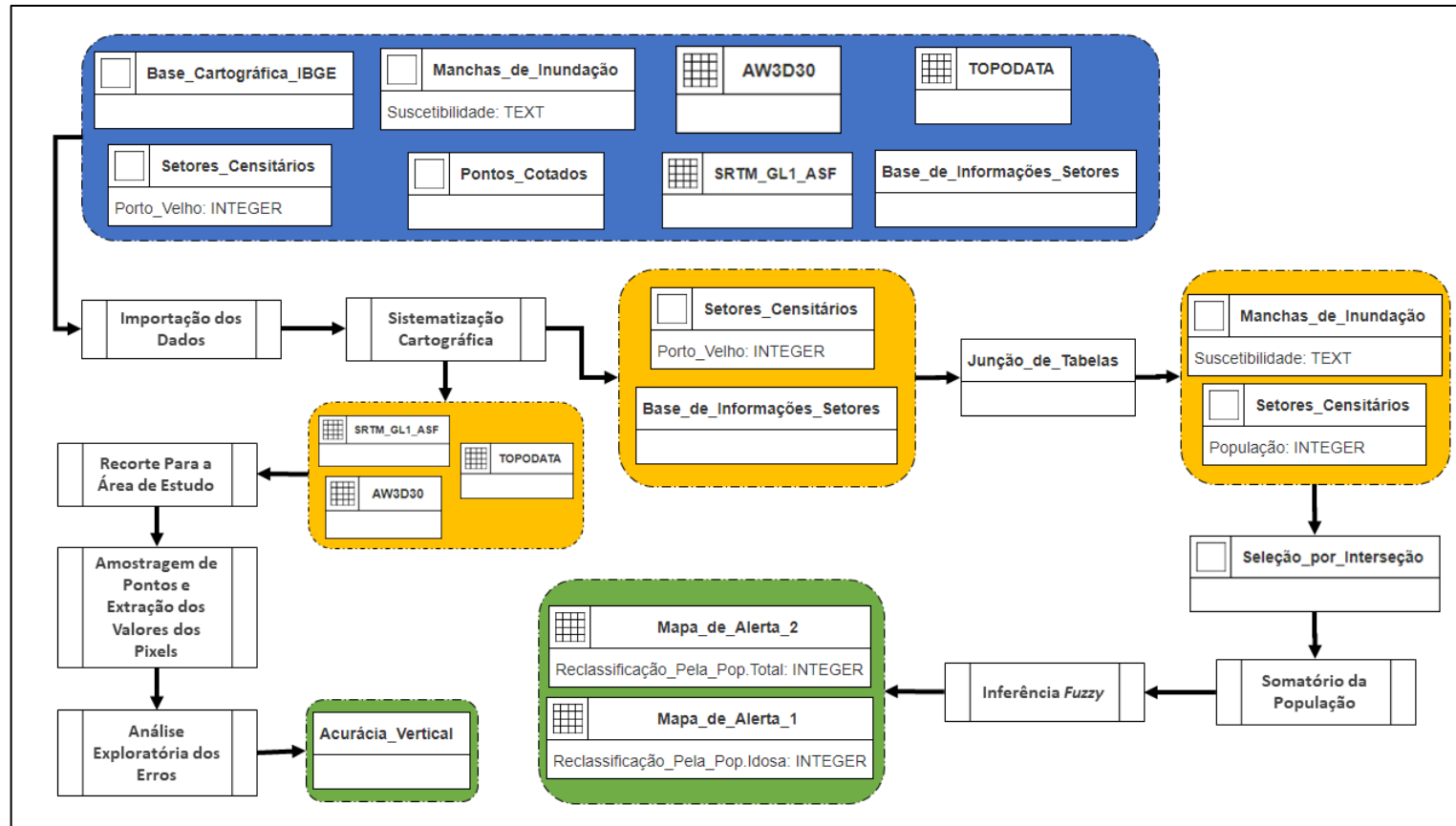
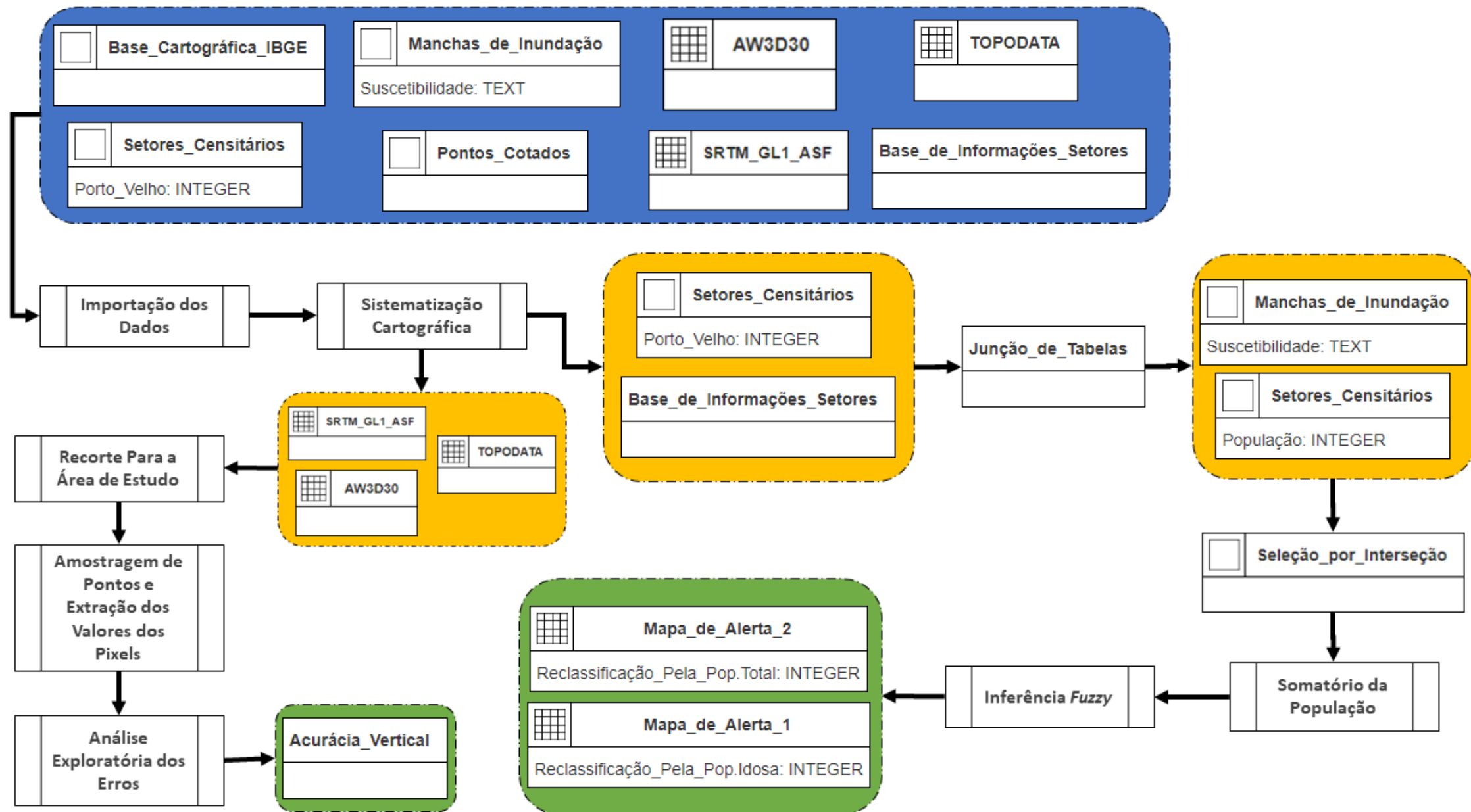


Fig. 5: Diagrama OMT-G das etapas



❖ Síntese dos Dados de Entrada

Tipo	Dado	Extensão	Fonte
Vetorial	Base Cartográfica	.shp	IBGE
	Setores Censitários		
	Manchas de Suscetibilidade a Inundação		CPRM
	Pontos Cotados		
Matricial	AW3D30	.tif	JAXA
	SRTM GL1 ASF		ASF
	TOPODATA		INPE
Tabulado	Base de Informações dos Setores	.xls	IBGE

Quadro 1: Dados de entrada em ambiente SIG

❖ Somatório da População por Setor Censitário

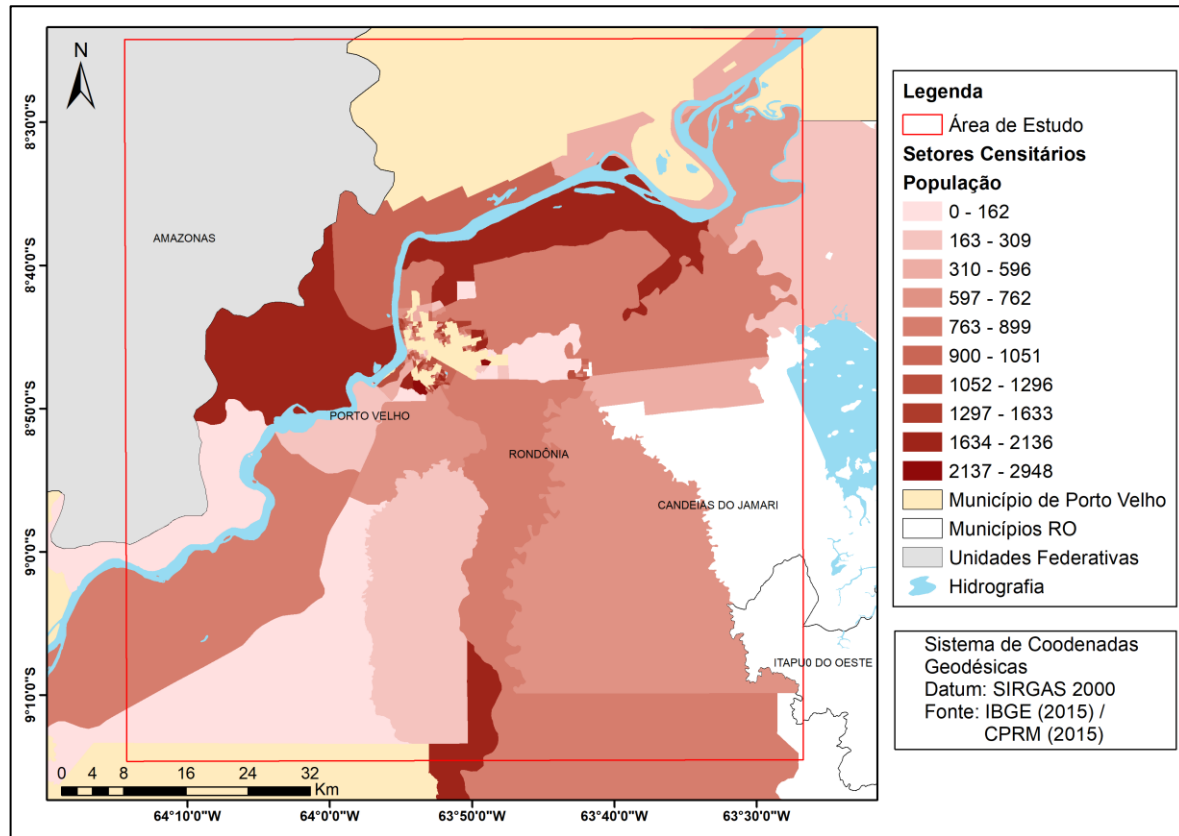


Fig. 6: Mapa Coroplético Denotando a População Por Setor Censitário

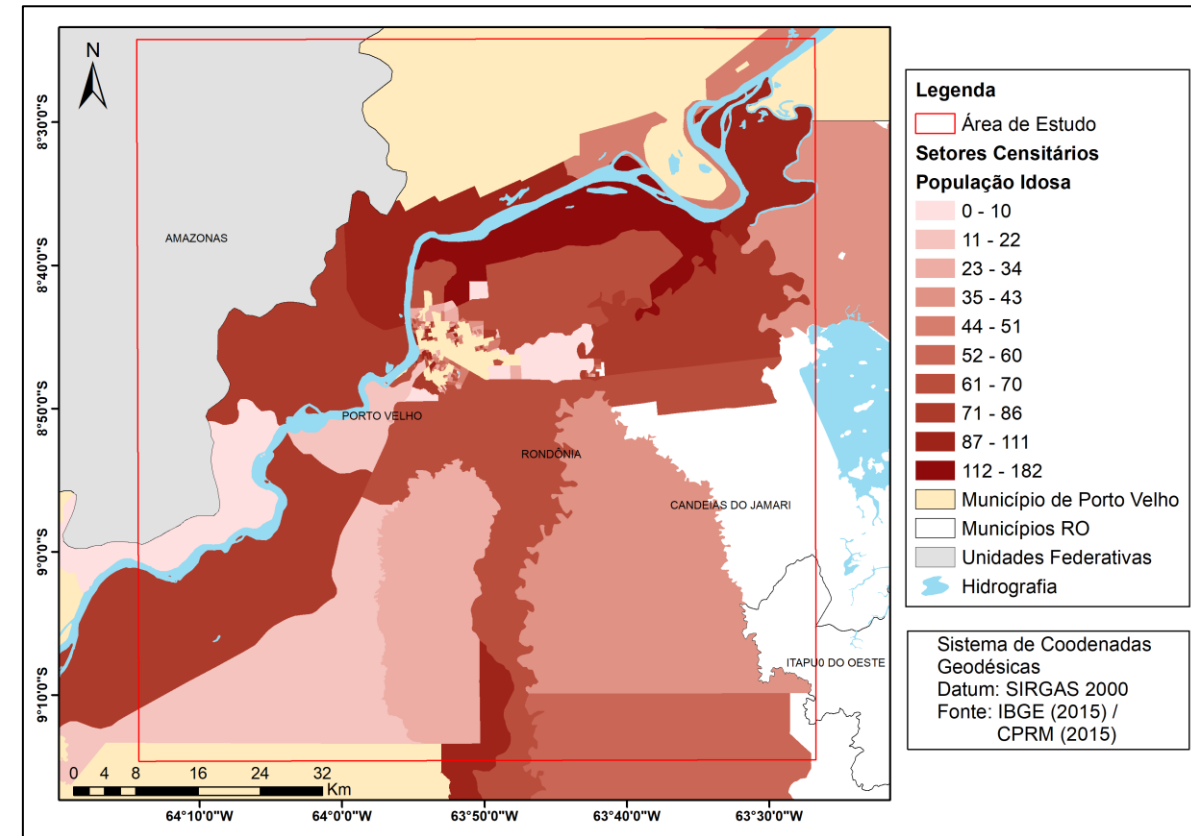


Fig. 7: Mapa Coroplético Denotando a População Idosa Por Setor Censitário

❖ Definição dos Graus de Risco Após o Resultado da Inferência *Fuzzy*

Grau de Risco	Intervalo	
	População Total	População Idosa
Médio	0 a 0,33	0 a 0,24
Alto	0,33 a 0,75	0,24 a 0,53
Muito Alto	0,75 a 1	0,53 a 1

Quadro 2: Graus de Alerta de Risco à População em Caso de Inundação

❖ Seleção Amostral dos Pontos Cotados

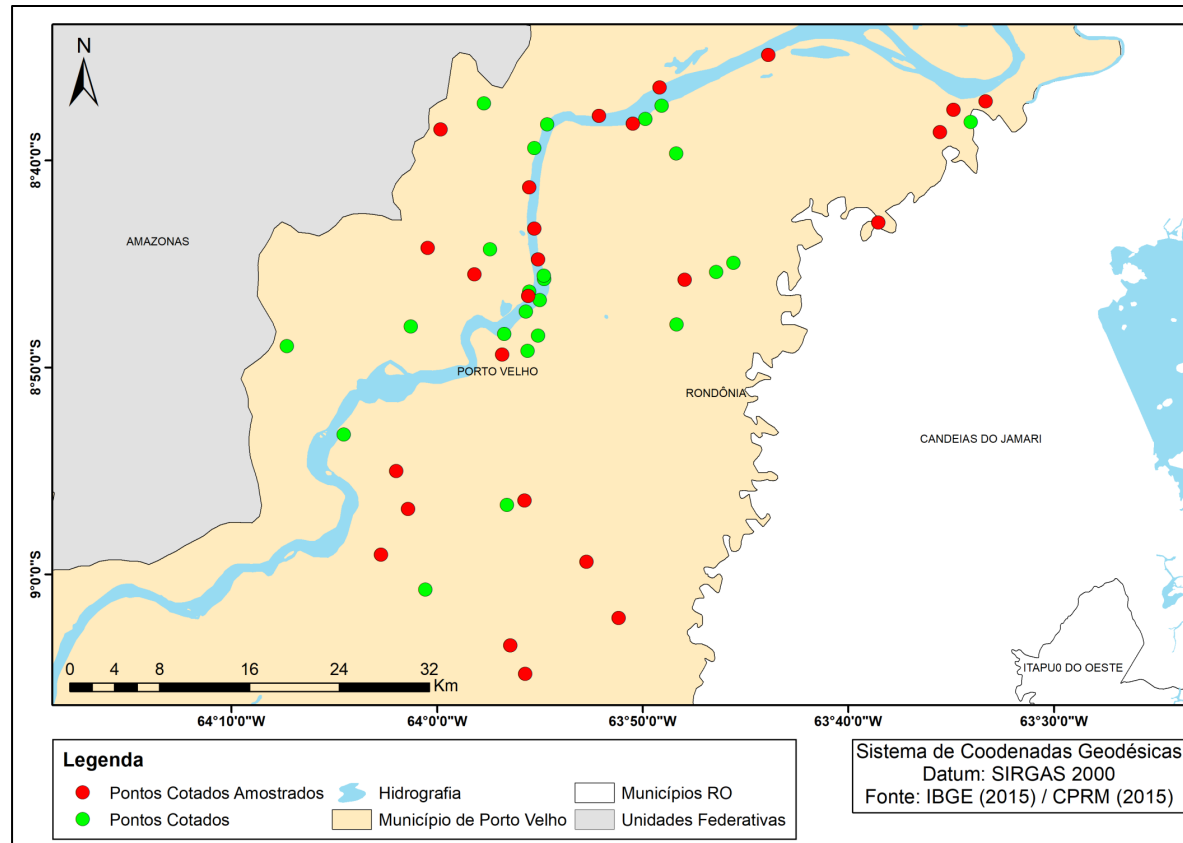
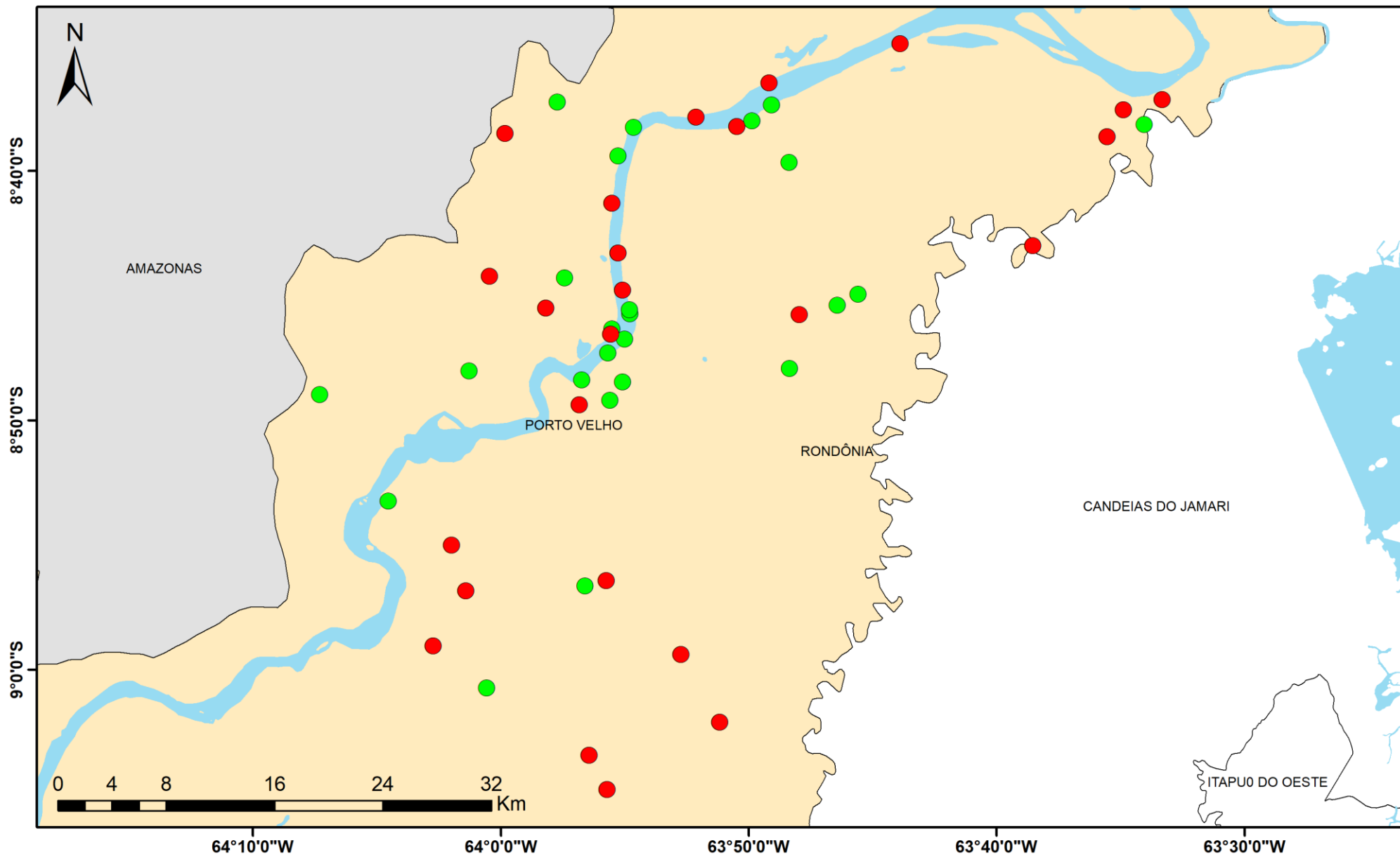


Fig. 8: Malha de Pontos Cotados com Destaque para os Pontos Amostrados



Legenda

- Pontos Cotados Amostrados
- Pontos Cotados
- Hidrografia
- Município de Porto Velho
- Municípios RO
- Unidades Federativas

Sistema de Coodenadas Geodésicas
 Datum: SIRGAS 2000
 Fonte: IBGE (2015) / CPRM (2015)

❖ Pré-processamento dos MDEs e Extração dos valores dos *Pixels*

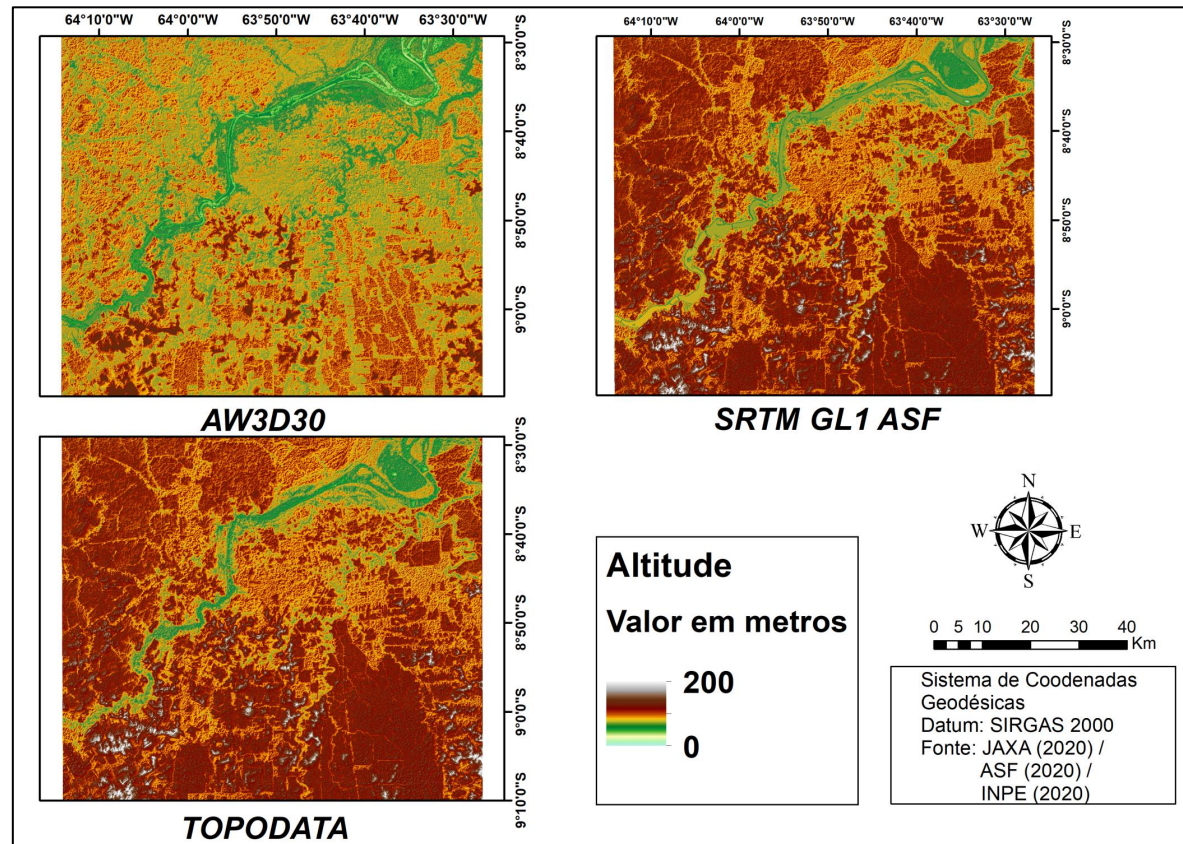
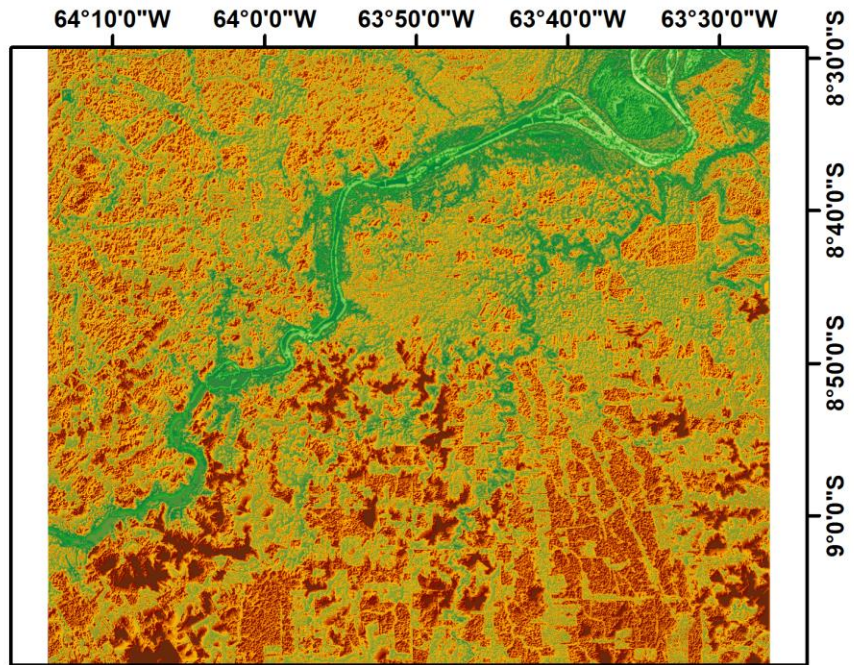
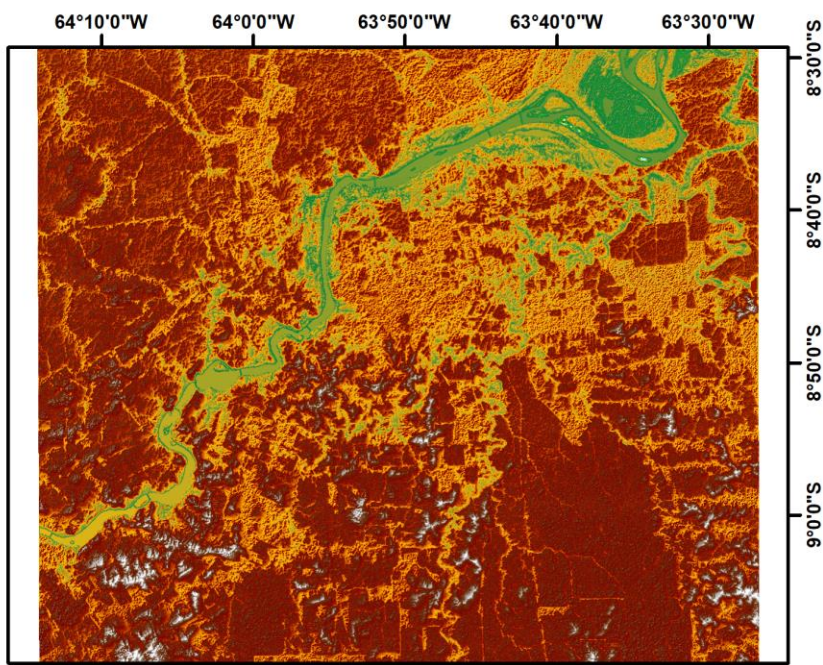


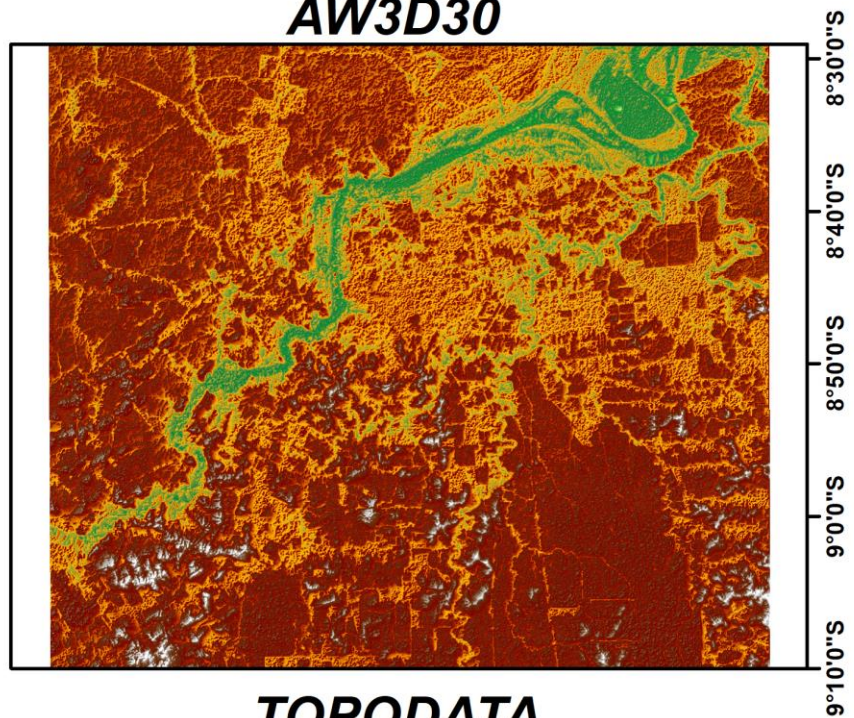
Fig. 9: Recorte dos MDEs para a Área de Estudo



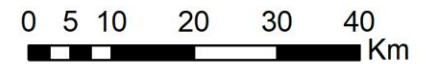
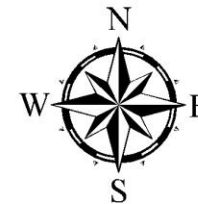
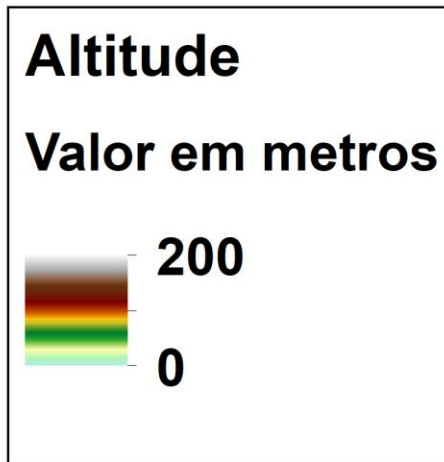
AW3D30



SRTM GL1 ASF



TOPODATA



Sistema de Coodenadas Geodésicas
Datum: SIRGAS 2000
Fonte: JAXA (2020) / ASF (2020) / INPE (2020)

❖ Análise Exploratória dos Erros

Erro	$\Delta Z = Z_{MDE} - Z_{Ref}$				
Estatísticas Derivadas	$\Delta Z_{mín}$	$\Delta Z_{máx}$	$\overline{\Delta Z}$	$S_{\Delta Z}$	RMSE

Quadro 3: Síntese das Estatísticas Propostas

- O RMSE é dado por:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta Z_i)^2}{n}}$$

❖ Áreas de Alerta de Risco a População

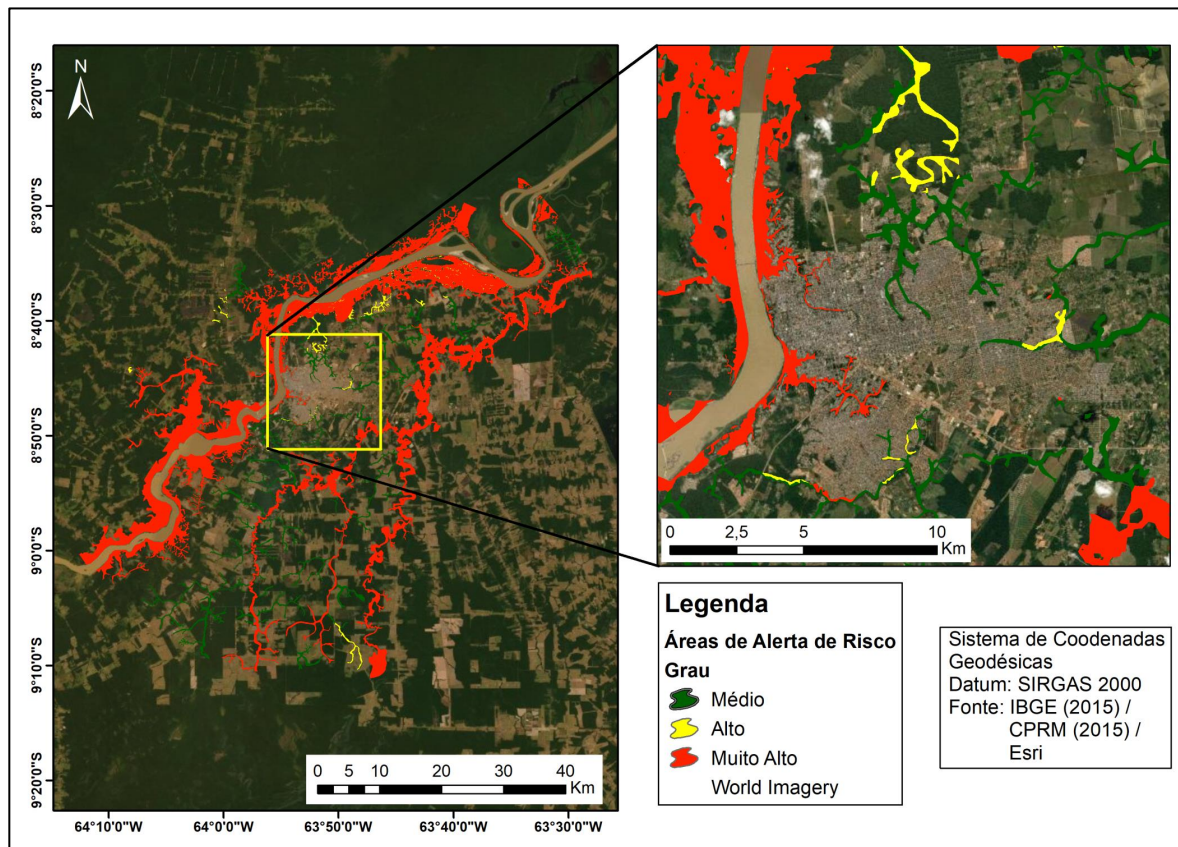
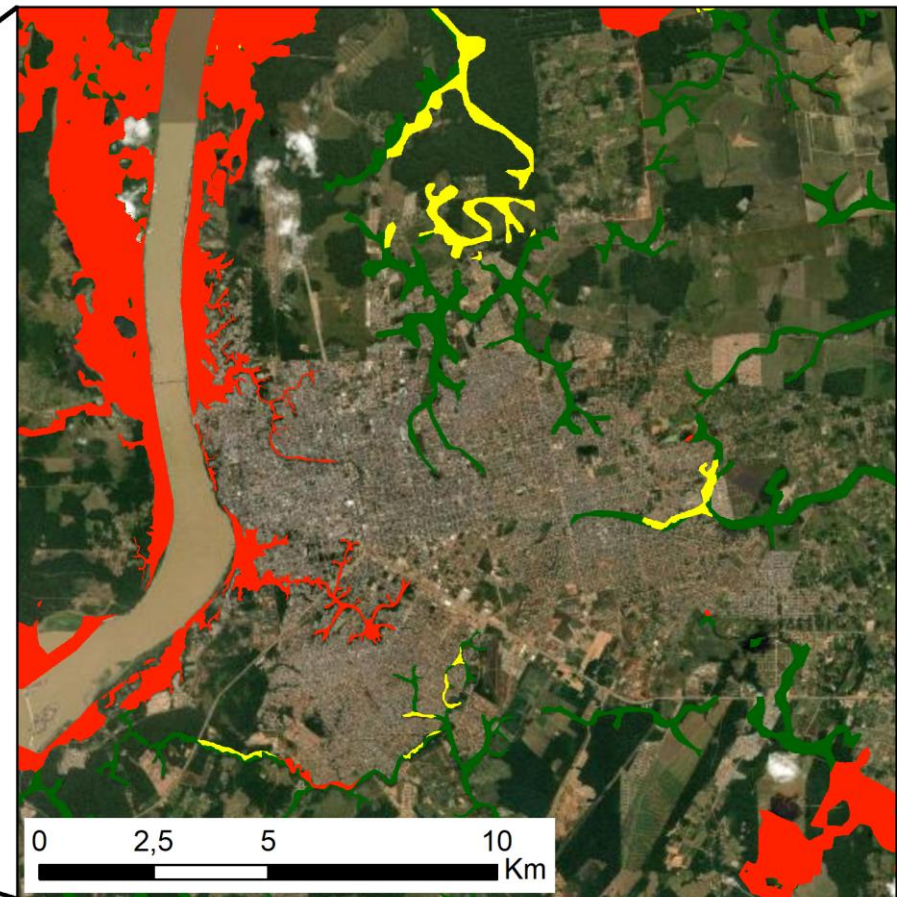
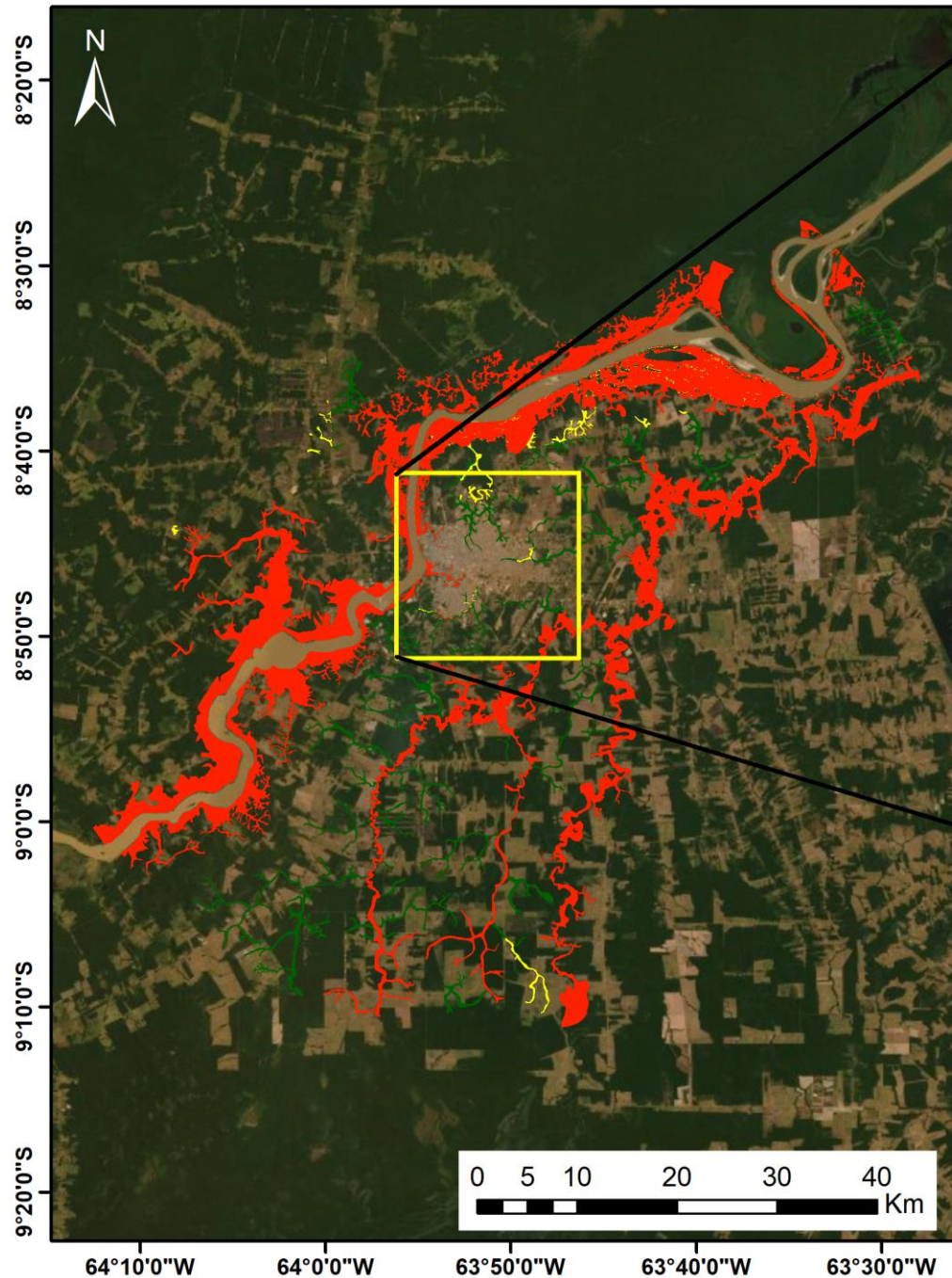


Fig. 10: Manchas de Alerta de Risco à População.



Legenda

Áreas de Alerta de Risco

Grau

-  Médio
-  Alto
-  Muito Alto

World Imagery

Sistema de Coodenadas
Geodésicas

Datum: SIRGAS 2000

Fonte: IBGE (2015) /

CPRM (2015) /

Esri

❖ Áreas de Alerta de Risco a População

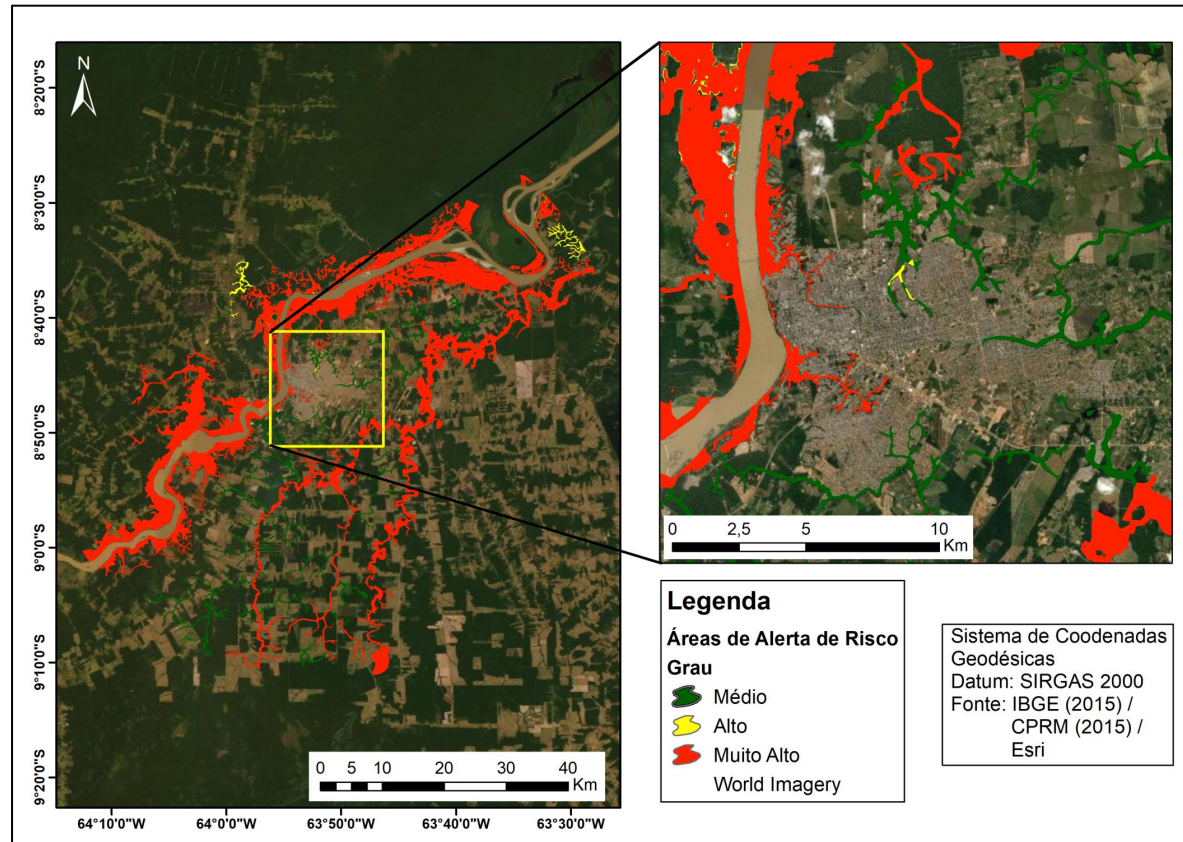
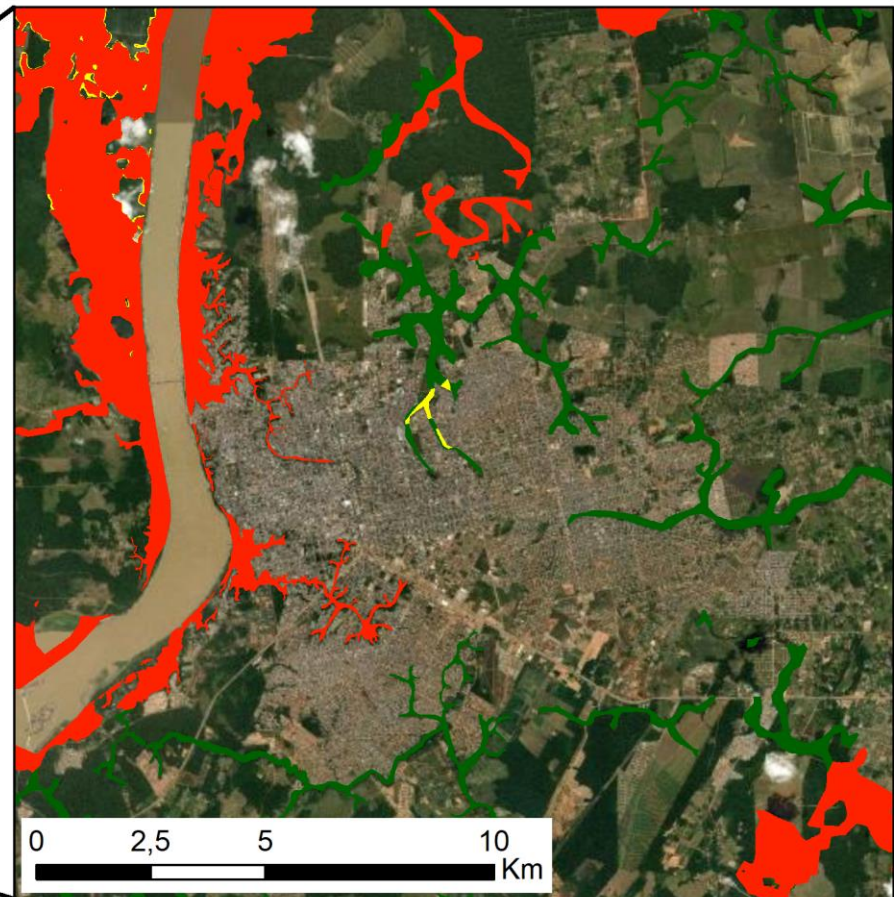
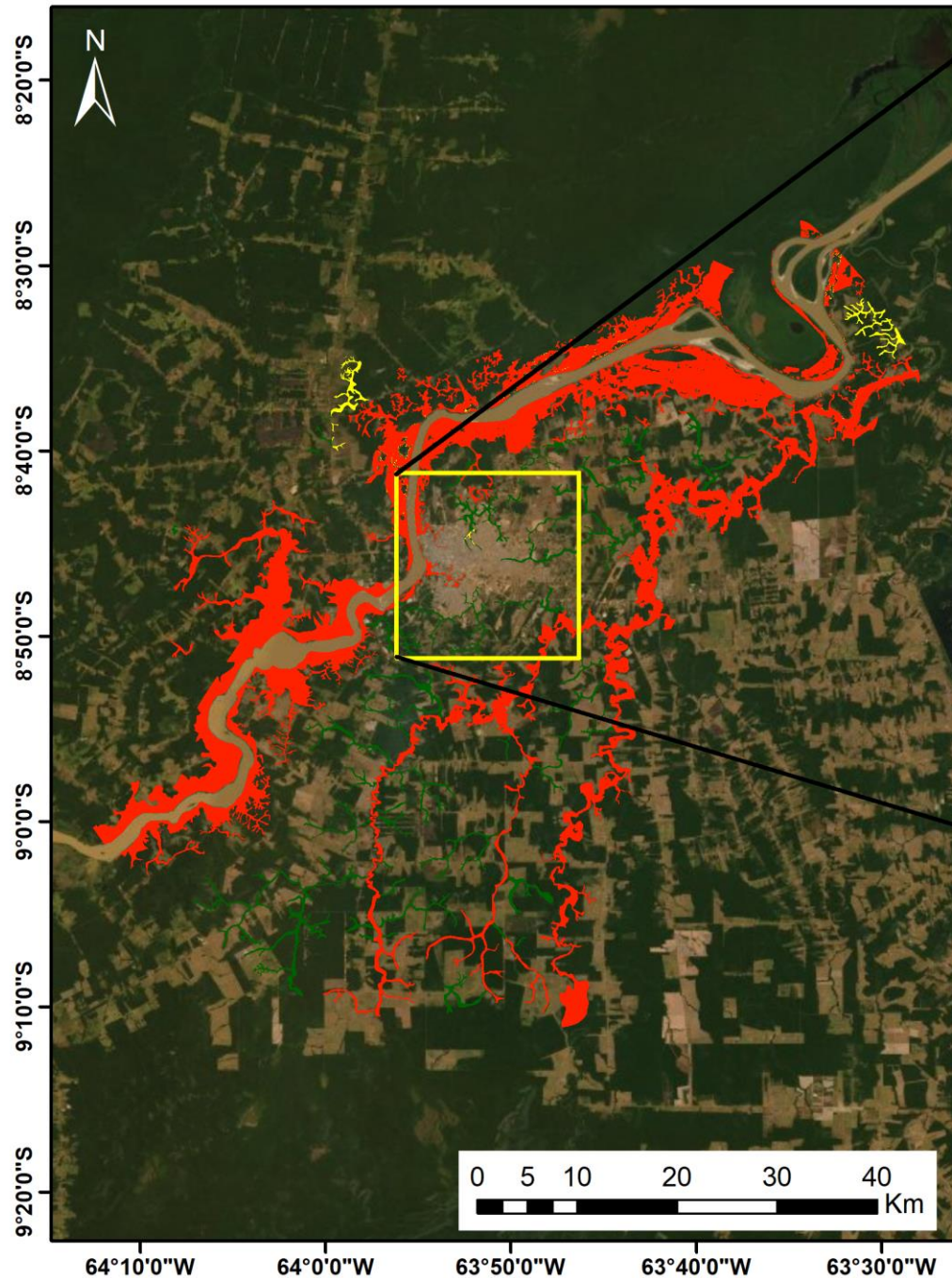


Fig. 11: Manchas de Alerta de Risco à População Idosa.



Legenda

Áreas de Alerta de Risco

Grau

-  Médio
-  Alto
-  Muito Alto

World Imagery

Sistema de Coodenadas Geodésicas

Datum: SIRGAS 2000

Fonte: IBGE (2015) /

CPRM (2015) /

Esri

Resultados e Discussão

❖ Acurácia Vertical dos MDEs

MDE	$\Delta Z_{mín}$ (m)	$\Delta Z_{máx}$ (m)	$\overline{\Delta Z}$ (m)	$S_{\Delta Z}$ (m)	RMSE (m)
AW3D30	-14,30	15,09	2,23	5,88	6,17
SRTM GL1 ASF	-15,42	11,58	3,62	5,68	6,63
TOPODATA	-14,30	13,09	5,23	6,50	8,23

Tabela 1: Resultados da Análise Exploratória dos Erros

Resultados e Discussão

❖ Acurácia Vertical dos MDEs

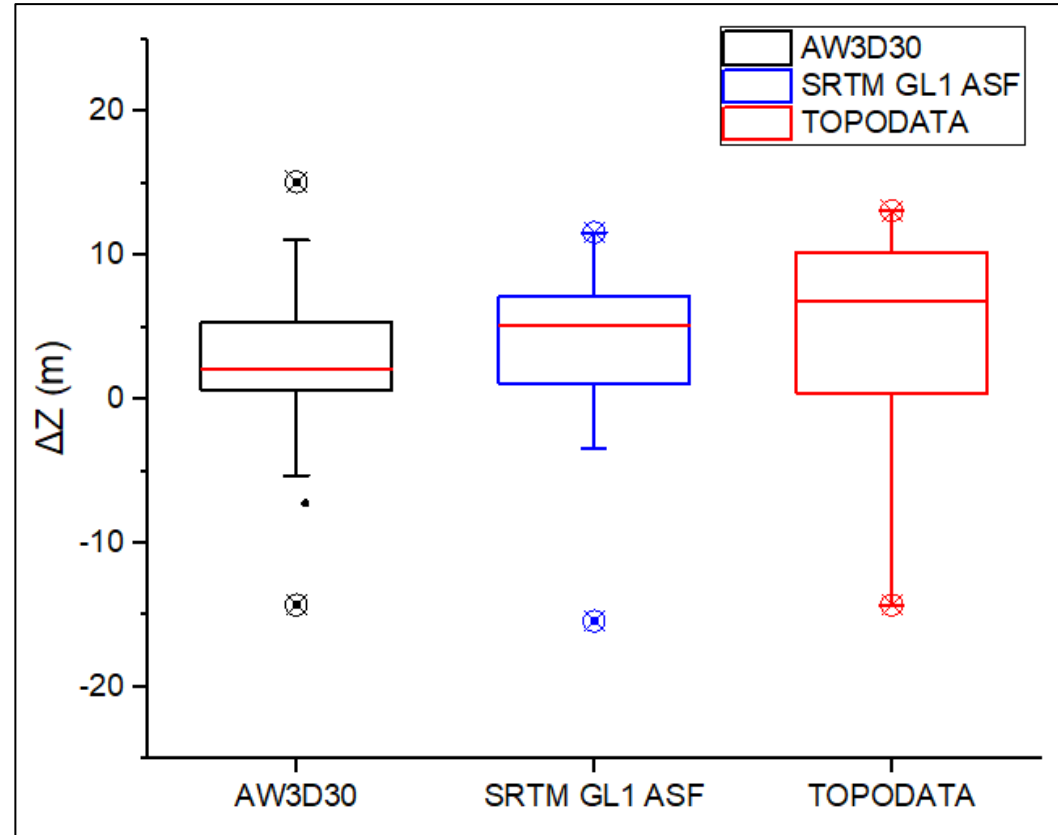


Fig. 12: Dispersão dos Erros Verticais.

❖ Acurácia Vertical dos MDEs

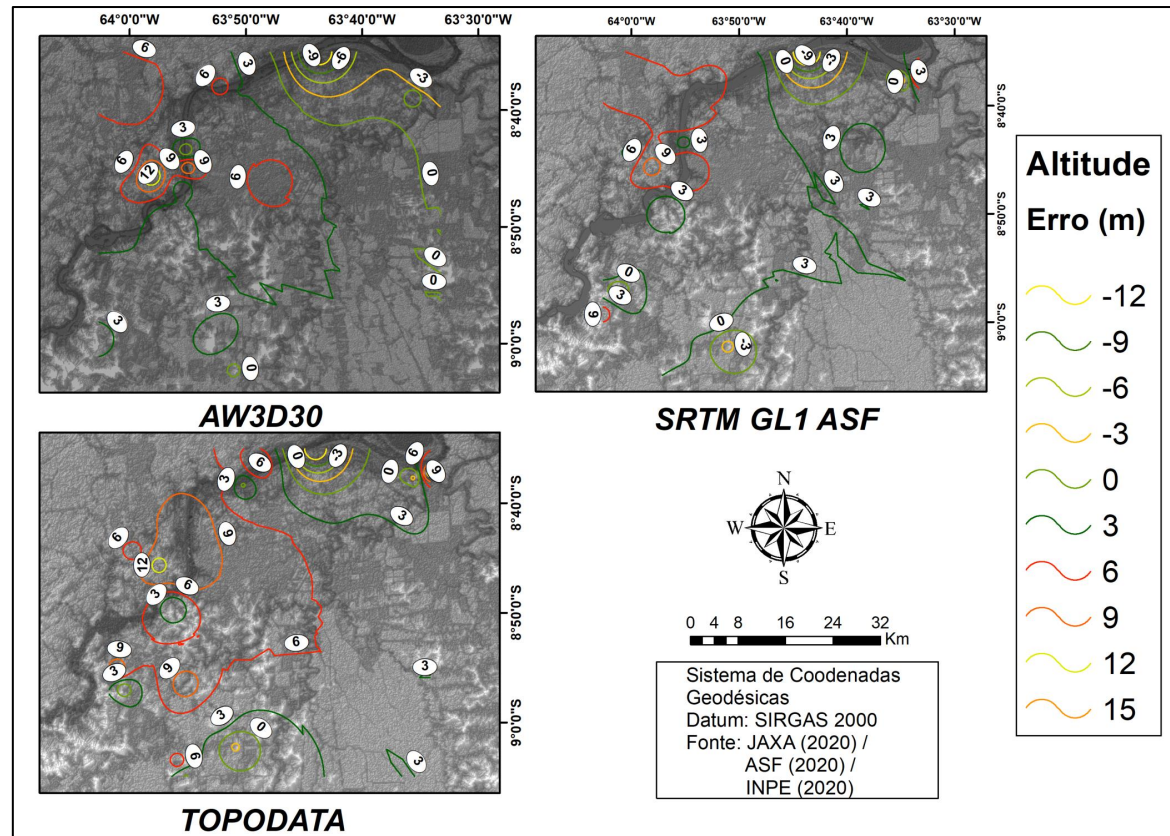
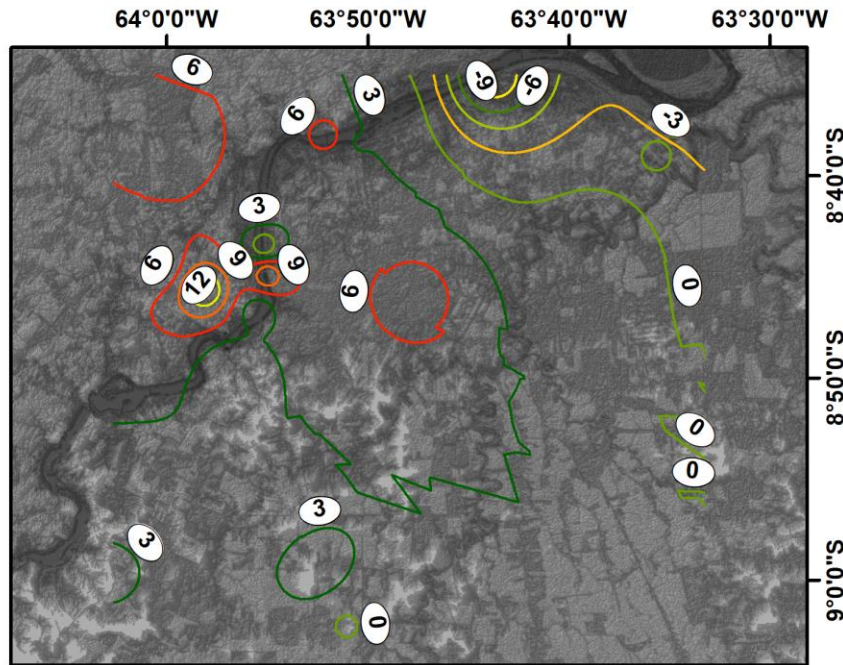
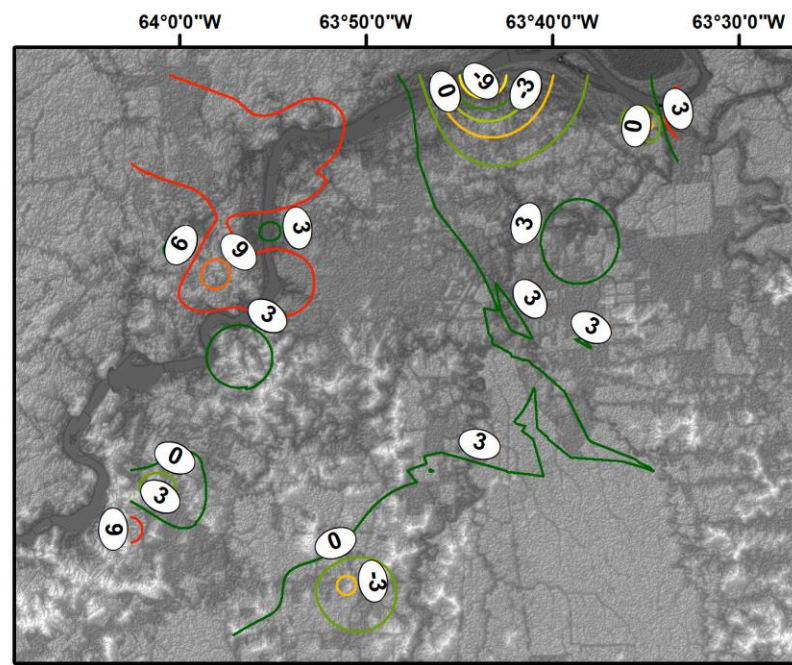


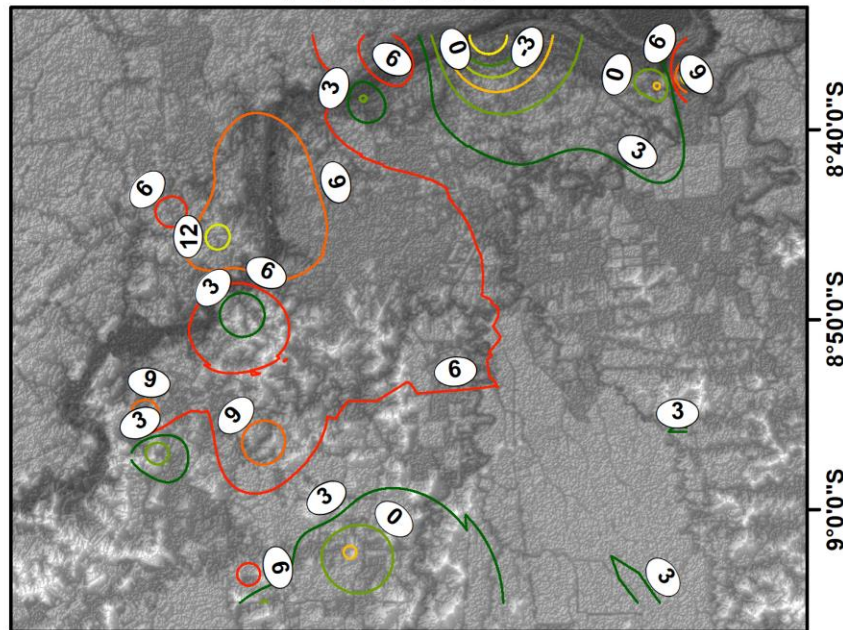
Fig. 13: Espacialização dos Erros em Isolinhas.



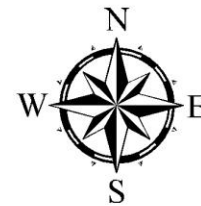
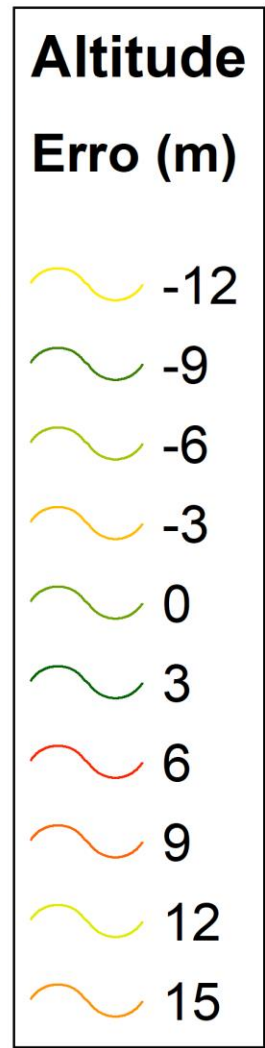
AW3D30



SRTM GL1 ASF



TOPODATA



0 4 8 16 24 32 Km

Sistema de Coodenadas
Geodésicas
Datum: SIRGAS 2000
Fonte: JAXA (2020) /
ASF (2020) /
INPE (2020)

Conclusões

- **O método empregado para a reclassificação das manchas de suscetibilidade a inundação do município de Porto Velho mostrou que apesar da incompatibilidade entre as geometrias, pode-se ter indícios dos locais onde há um número de maior de pessoas expostas à ocorrência de inundações.**
- **Concluiu-se que neste teste, o MDE AW3D30 apresentou menor RMSE em relação aos modelos SRTM GL1 ASF e TOPODATA.**
- **Assim, sugere-se que os próximos estudos que objetivem obter Manchas de Suscetibilidade a Inundação ou informações correlatas, utilizem diferentes MDEs providos por sensores orbitais e avaliem os resultados alcançados, considerando magnitude e distribuição espacial dos erros, de modo a selecionar o melhor resultado obtido.**

Referências

ALASKA SATELLITE FACILITY. **ASF Radiometrically Terrain Corrected ALOS PALSAR Products**. Disponível em: https://asf.alaska.edu/wp-content/uploads/2019/03/rtc_product_guide_v1.2.pdf. Acesso em: 01 jul. de 2020.

BITAR, O. Y. **Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações-1: 25.000: nota técnica explicativa**. São Paulo: IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo; Brasília, DF: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 50. Disponível em: http://dspace.cprm.gov.br/bitstream/doc/16588/1/NT-Carta_Suscetibilidade.pdf. Acesso em: 01 jul. 2020.

BODSTEIN, A.; LIMA, V. V. A. D.; BARROS, A. M. A. D. A vulnerabilidade do idoso em situações de desastres: necessidade de uma política de resiliência eficaz. **Ambiente & Sociedade**, v. 17, n. 2, p. 157-174, abr. 2014. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1414-753X2014000200011&script=sci_arttext. Acesso em: 02 jul. 2020.

CÂMARA, G., DAVIS, C., & MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à ciência da geoinformação**. 2001. Disponível em: <https://biblioteca.isced.ac.mz/bitstream/123456789/570/1/publicacao.pdf>. Acesso em: 03 jul. 2020.

CONGALTON, R. G.; GREEN, K. **Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices**. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 183. 2009.

FARR, T. G., ROSEN, P. A., CARO, E., CRIPPEN, R., DUREN, R., HENSLEY, KOBRICK, M. P, PALLER M. RODRIGUEZ E., ROTH L., SEAL D., SHAFFER S., SHIMADA J., UMLAND U., WERNER M., OSKIN M., BURBANK D., ALSDORF D. **The Shuttle Radar Topography Mission. Reviews of Geophysics**, [S.l.], v. 45, p. 1-33. maio. 2007.

GOLDONI, T. R.; VESTENA, L. R. Mapeamento das áreas de risco à inundação na cidade de Guarapuava–PR. Encontro nacional de geógrafos-a construção do brasil: geografia, ação política e democracia, São Luís. **Anais do evento**, v. 18, p. 14-30. 2016

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Porto Velho**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ro/porto-velho/panorama>. Acesso em: 15 jul. 2020.

Referências

IWAMOTO, H. Generation of the 30 M-Mesh Global Digital Surface Model By ALOS PRISM. **The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, v. XLI-B4, p. 157-162, jun. 2016.

Disponível em: <https://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XLI-B4/157/2016/isprs-archives-XLI-B4-157-2016.pdf>. Acesso em: 01 ago. 2020.

JAPAN AEROSPACE EXPLORATION AGENCY. **Precise Global Digital 3D Map "ALOS World 3D" Homepage**. Disponível em: http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/aw3d/index_e.htm. Acesso em: 01 ago. 2020.

PREFEITURA DE PORTO VELHO. **A cidade**. 2020. Disponível em: <https://www.portovelho.ro.gov.br/artigo/17800/a-cidade>. Acesso em: 21 jul. 2020.

RAMOS, C. Perigos naturais devidos a causas meteorológicas: o caso das cheias e inundações. **e-LP Engineering and Technology Journal**, v. 4, p.1-6, jun. 2013. Disponível em: <https://revistas.ulusofona.pt/index.php/revistae-lp/article/view/3320#:~:text=As%20cheias%20s%C3%A3o%20fen%C3%B3menos%20hidrol%C3%B3gicos,est%C3%A1%20a%20submergir%20terrenos%20costeiros>. Acesso em: 01 jul. 2020.

SANTILLAN, J. R.; MAKINANO-SANTILLAN, M.; MAKINANO, R. Vertical Accuracy Assessment of ALOS WORLD 3D – 30m Digital Elevation Model Over Northeastern Mindanao, Philippines. IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), Beijing, **Anais IEEE**, 2016. p. 5374-5377 nov. 2016.

TADONO, T.; NAGAI, H.; ISHIDA, H.; ODA, F.; NAITO, S.; MINAKAWA, K.; TAKAKU, J.; TADONO, T.; TSUTSUI, K.; ICHIKAWA, M. **Validation of 'AW3D' Global DSM Generated From ALOS PRISM**. ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, v. III-4, Prague, jul. 2016. Disponível em: https://www.aw3d.jp/wp/wp-content/themes/AW3DJapanese/technology/doc/pdf/technology_01.pdf. Acesso em: 02 set. 2020.

Referências

TUCCI, C.; BERTONI, J. C. **Inundações urbanas na América do Sul**. 1a edição. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 156. Disponível em: <https://www.cepal.org/samtac/noticias/documentosdetrabajo/5/23335/inbr02803.pdf>. Acesso em: 16 set. 2020.

VALERIANO, M. M.; ROSSETTI, D. F. **Topodata: Brazilian Full Coverage Refinement of SRTM data**. Applied Geography, [Amsterdam], v. 32, p. 300-309, mar. 2012. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0143622811000786?casa_token=B6WNYWHI5CUAAAAA:cPsRkzB_qwF5ltXqgdWcw2AnsVjRwmcj372BwkxIPKUXFvOAebxbBqgaXsoldcCZSKOY6SmyOKo. Acesso em: 12 ago. 2020.

Obrigado!

