



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

INFLUÊNCIA DOS DADOS DE ELEVAÇÃO NO MAPEAMENTO DE INSTABILIDADE DE VERTENTES

José E. Bonini^(a), Jurandyr L.S. Ross^(b), Carlos V. M. Bateira^(c), Tiago D.
Martins^(d), Bianca C. Vieira^(e)

^(a) Departamento de Geografia/FFLCH, Universidade de São Paulo, jose.bonini@usp.br

^(b) Departamento de Geografia/FFLCH, Universidade de São Paulo, juraross@usp.br

^(c) Riskam, CEG, ULisboa/FLUP, UPorto, carlosbateira@gmail.com

^(d) Instituto das Cidades/IC, Universidade Federal de São Paulo, td.martins@unifesp.br

^(e) Departamento de Geografia/FFLCH, Universidade de São Paulo, biancacv@usp.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

O uso de Modelos Digitais de Elevação é uma importante ferramenta para estudos de processos e formas na Geomorfologia. Entretanto, é fundamental que sejam avaliados os dados de origem de tais modelos de forma a melhor entender o resultado final. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi realizar uma análise preliminar sobre as implicações de dois MDEs na avaliação da instabilidade de vertentes. Foram utilizados os modelos *TanDEM-DTM* e *Alos Palsar* na avaliação de instabilidade de vertentes a partir da aplicação do Valor Informativo. Os mapas finais foram validados, a fim de identificar o melhor MDE. O melhor desempenho foi obtido pelo MDE *TanDEM-DTM*, que obteve valor de Área Abaixo da curva *Receiver Operating Characteristics* 0,6% superior ao MDE *Alos Palsar*. Conclui-se que ambos os modelos são adequados para modelação de instabilidade de vertentes, ressaltando-se a necessidade de utilização de mais de uma métrica de avaliação do desempenho do modelo.

Palavras chave: *TanDEM-DTM*, *Alos Palsar*, Valor Informativo, Vale do Ribeira, Itioca (SP).



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

1. Introdução

A representação do relevo por Modelos Digitais de Elevação (MDEs) é um importante instrumento nos estudos geomorfológicos, sobretudo as análises morfométricas, pois permitem cálculos mais precisos e rápidos (GROHMANN *et al.*, 2008). Contudo, os MDEs podem ser originados a partir de diferentes tecnologias, como o *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), os dados LiDAR (*Light Detection and Ranging*) e mesmo a partir das tradicionais curvas-de-nível. Cada um desses produtos possui particularidades, níveis de precisão e acurácia distintos, podendo tanto representar exclusivamente o terreno (Modelo Digital de Terreno – MDT), quanto as elevações sobre o terreno, como o dossel florestal e/ou construções prediais (Modelo Digital de Superfície – MDS).

Os estudos geomorfológicos relacionados aos movimentos de massa são um exemplo da adoção desses MDEs, especialmente para avaliar as implicações de determinados parâmetros morfométricos na ocorrência dos processos, ou destinados para fins de elaboração de mapas preditivos, a partir de modelos matemáticos de base física ou modelos estatísticos (DIAS *et al.*, 2016; VIEIRA *et al.*, 2018; OLIVEIRA *et al.* 2018).

Alguns trabalhos têm analisado o uso de distintos MDEs nas respostas de métodos de avaliação de instabilidade de vertentes, a exemplo do trabalho de Martins *et al.* (2017) que investigaram os resultados de um modelo de base física quando aplicados MDEs de origens distintas (curvas de nível e LiDAR) e de Sbroglia *et al.* (2018) que avaliaram a performance de um modelo, empregando MDEs com resoluções diferentes (1m e 10m).

Destarte, o objetivo deste trabalho foi realizar uma análise preliminar sobre as implicações de dois MDEs, sendo um o *TanDEM-DTM* e outro o *Alos Palsar*, na avaliação de instabilidade de vertentes.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

2. Materiais e Métodos

2.1. Seleção da Área de Estudo

A área de estudo selecionada para estes testes foi a bacia hidrográfica do Rio Gurutuba (4,56 Km²), localizada no município de Itaoca (SP) (Figura 1) e inserida na Bacia Hidrográfica do Rio Ribeira de Iguape. A área foi fortemente afetada por movimentos de massa entre os dias 13 e 14 de Janeiro de 2014 (cerca de 200mm/2h), quando foram deflagrados centenas de escorregamentos rasos (Figura 2) e corridas de detritos, que atingiram a área urbana de Itaoca (BROLLO *et al.*, 2015; GRAMANI e ARDUIN, 2015).

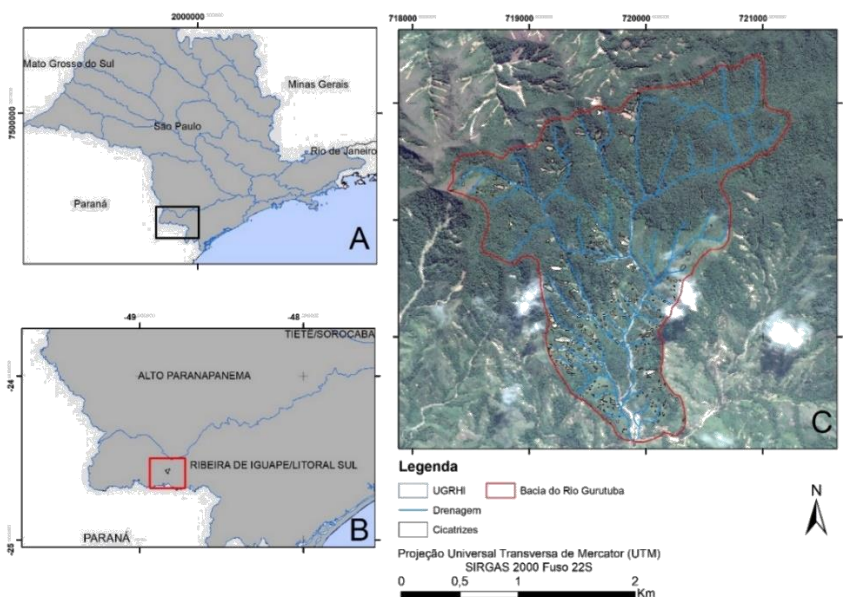


Figura 1: A) Localização da Bacia do Ribeira de Iguape no contexto do Estado de São Paulo; B) Localização da Bacia do Gurutuba (C) Mapa das cicatrizes dos escorregamentos de 2014.

2.2. Dados de Elevação

Foram adotados os MDEs *TanDEM-DTM* e o *Alos Palsar* (Figura 2), ambos com pixel de 12,5 metros. O primeiro é um produto comercial gerado pela Agência Aeroespacial Alemã, a partir de interferometria de radar (KRIEGER *et al.* 2013) e oferecido para aquisição



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

em dois formatos, um contendo as feições sobre o terreno (MDS) e outro, que exhibe apenas os dados de elevação do terreno (MDT). Este último foi aplicado na presente pesquisa. O segundo é um produto da *Japan Aerospace Exploration Agency* (JAXA) e da *Japan Resources Observation System Organization* (JAROS), disponibilizado gratuitamente pela *Alaska Satellite Facility*.

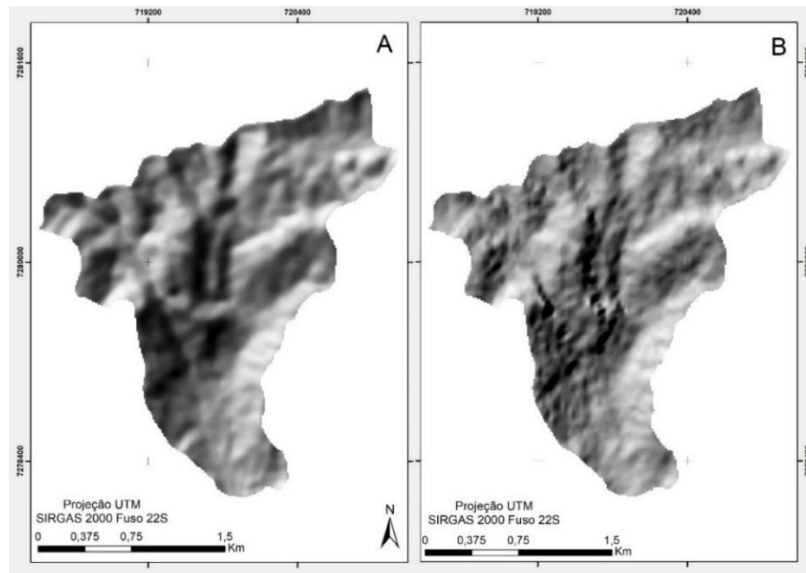


Figura 2: Relevo sombreado da Bacia do Gurutuba a partir do TanDEM-DTM (A) e do Alos Palsar (B).

2.3. Mapeamento da Suscetibilidade a partir do Valor Informativo

O Valor Informativo (VI), utilizado para mapear as áreas mais instáveis do terreno, é um método estatístico bivariado, proposto por Yin e Yan (1988) e aplicado em algumas paisagens (ZÊZERE *et al.*, 1997; BATEIRA, 2015; BONINI, 2017; DIAS *et al.*, 2018). O método visa determinar valores de ponderação (W) para uma classe i de um parâmetro com base na área afetada por escorregamentos na classe i (S_i) em relação à área total da classe i (A_i), utilizando a Equação 1.

$$W = LN \frac{(S_i/N_i)}{(\sum S_i/\sum N_i)}$$

Equação 1



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Para sua operação são identificados um conjunto de parâmetros morfométricos tidos como controladores do processo (ex.: declividade). Na presente pesquisa, os parâmetros adotados foram: a declividade das vertentes, a área de contribuição à montante e o *Topographic Position Index* (TPI). Foram gerados dois cenários com o VI, um deles a partir do MDE *TanDEM-DTM* e outro utilizando o MDE *Alos Palsar*.

Para validação dos cenários de instabilidade utilizou-se um inventário de escorregamentos com cerca de 336 cicatrizes elaborado por Carou *et al.* (2017). O número total de cicatrizes foi particionado aleatoriamente em um Grupo Treino e um Grupo Teste, cada um com 50% do total das feições. O Grupo Treino foi utilizado para calcular o Valor Informativo de cada classe dos três parâmetros morfométricos, com as cicatrizes do Grupo Teste ficando de fora da modelação. Foi calculada com o Grupo Treino a Taxa de Sucesso do modelo (CHUNG e FABBRI, 2003), cuja Área Abaixo da Curva (AAC) é uma medida do seu desempenho. Com o Grupo Teste obteve-se a Taxa de Predição, da qual a AAC é métrica para a capacidade preditiva.

De modo a determinar qual o melhor cenário entre os cenários oriundos de diferentes MDEs foi produzida a Curva ROC (*Receiver Operating Characteristics*) (FAWCETT, 2006) de cada cenário utilizando o inventário completo. Curvas ROC relacionam, para todos os valores de corte possíveis, a Sensitividade (Taxa de Verdadeiros Positivos), *i. e.*, a proporção de positivos corretamente identificados pelo modelo no total positivos, com a Especificidade (1 - Taxa de Falsos Positivos), *i. e.*, a proporção de negativos corretamente classificados no total de negativos. A AAC da curva ROC é uma medida da acurácia geral do modelo, independente dos valores de corte adotados para classificação do mapa final (BEGUERÍA, 2006). Também foram calculados o percentual de Frequência das Classes (F) de cada parâmetro morfométrico e a Concentração de Cicatrizes (CC), que consiste no percentual de ocorrência de cada classe, de cada parâmetro, no perímetro das cicatrizes.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

3. Resultados

3.1 Frequência das classes (F) e Concentração de Cicatrizes (CC)

Em relação ao ângulo de inclinação das vertentes (Tabela I), a classe com maior F foi entre 24° - 30° no MDE *TanDEM-DTM* (27,4%) e de 18° - 24° (26,4%) no MDE *Alos Palsar*. Observou-se tendência de queda no índice F para classes com ângulo acima de 30° no caso do MDE *TanDEM-DTM* e acima de 24° para o MDE *Alos Palsar*, este último identificando uma maior quantidade de áreas acima de 36° (5,4% contra 2,1% do MDE *TanDEM-DTM*). Dado que o MDE *TanDEM-DTM* possui apenas dados sobre a elevação, estas diferenças podem ser explicadas pela presença de outros elementos no MDE *Alos Palsar* (ex. árvores), que resultam em distorções quando são derivados os dados de declividade.

Para os parâmetros Áreas de Contribuição e TPI (Tabela I), as classes com maior F e maior CC foram as mesmas nos dois cenários. Para as áreas de contribuição foi observada diferença máxima de F entre os dois cenários na classe de $3000m^2$ - $6000m^2$ (10,2% - MDE *TanDEM-DTM*; 11,6% - MDE *Alos Palsar*). Em ambos os cenários, o maior CC ocorreu na classe $500m^2$ - $1000m^2$ (27,5% - MDE *TanDEM-DTM*; 26,4% - MDE *Alos Palsar*). A presença de mais cicatrizes em zonas com áreas de contribuição entre $500m^2$ e $1000m^2$ pode ser explicada pela localização destas áreas em terrenos com declividade entre 18° e 30° , intervalo que concentra a maior parte das cicatrizes nos dois cenários.

O TPI apresentou maior diferença de F entre os dois cenários na classe $-0,4$ a $0,6$ (22,1% - MDE *TanDEM-DTM*; 16,1% - MDE *Alos Palsar*). O maior CC ocorreu em áreas com TPI abaixo de $-0,4$ (39,5% - MDE *TanDEM-DTM*; 38,7% - MDE *Alos Palsar*), que representam setores mais baixos da vertente, próximos aos rios. Este maior valor pode indicar



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

que o acúmulo de mais umidade nestes setores seja relevante para a ocorrência dos escorregamentos rasos nesta área de estudo.

Tabela I – Índices F e CC para os cenários gerados pelos dois MDEs

Parâmetro		<i>TanDEM-DTM</i>		<i>Alos Palsar</i>	
		F (%)	CC (%)	F (%)	CC (%)
Ângulo de Inclinação (°)	< 6	3,4	0,6	4,4	0,2
	6-12	10,8	4,3	12,1	5,0
	12-18	16,8	8,2	20,2	7,5
	18-24	25,3	18,3	26,4	17,9
	24-30	27,4	31,8	22,1	34,7
	30-36	14,3	26,6	9,5	25,1
	> 36	2,1	10,2	5,4	9,6
Áreas Contributivas (m ²)	< 500	16,0	8,2	16,6	8,0
	500 - 1000	21,9	27,5	21,5	26,4
	1000 - 1500	15,2	16,8	13,9	18,9
	1500 - 3000	20,2	25,8	19,6	24,1
	3000 - 6000	10,2	10,9	11,6	10,9
	6000 - 12000	5,1	4,1	5,1	3,7
	12000 - 24000	2,8	1,7	2,9	2,9
	> 24000	8,7	5,0	8,8	5,1
TPI	< -0,4	41,5	39,5	43,6	38,7
	-0,4 - 0,6	22,1	24,0	16,1	25,7
	0,6 - 1	17,8	20,0	20,0	18,3
	1 - 1,8	12,6	12,8	14,5	13,6
	> 1,8	6,1	3,7	5,8	3,7

Para ambos os MDEs, as classes de 24°-30° e de 30°-36° apresentaram maior CC (31,8% e 26,6%, respectivamente, no MDE *TanDEM-DTM*; e 34,7% e 25,1%, respectivamente, no MDE *Alos Palsar*), com o índice caindo mais de 15% na classe de declividade mais acentuada (>36°) para ambos. Vertentes muito íngremes podem ser menos



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

suscetíveis aos escorregamentos rasos, pois nestas áreas é comum que não haja material suficiente para ser mobilizado pelo processo (MARTINS *et al.*, 2017; DIAS *et al.*, 2018).

3.2 Mapas de suscetibilidade obtidos pelo Modelo do Valor Informativo

O Valor Informativo (VI) obtido a partir da integração das três variáveis geradas com o MDE *TanDEM-DTM* variou entre -2,80 e 1,49 e, no caso do MDE *Alos Palsar*, entre -1,60 e 1,18. As Taxas de Sucesso (Figura 3) indicaram melhor desempenho do cenário gerado a partir do produto *Alos Palsar*, com AAC igual a 69,9% contra AAC de 67,45% obtida pelo cenário produzido a partir do MDE *TanDEM-DTM*, valores considerados abaixo do aceitável para avaliações de suscetibilidade, mas não anulando sua utilidade para a análise da influência dos MDEs nestas avaliações.

A Taxa de Predição indicou que o cenário gerado a partir do MDE *TanDEM-DTM* possui capacidade preditiva aproximadamente 1,3% superior à do modelo produzido a partir do MDE *Alos Palsar*. Os mapas finais (Figura 4) foram classificados de acordo com as quebras na geometria das curvas de predição.

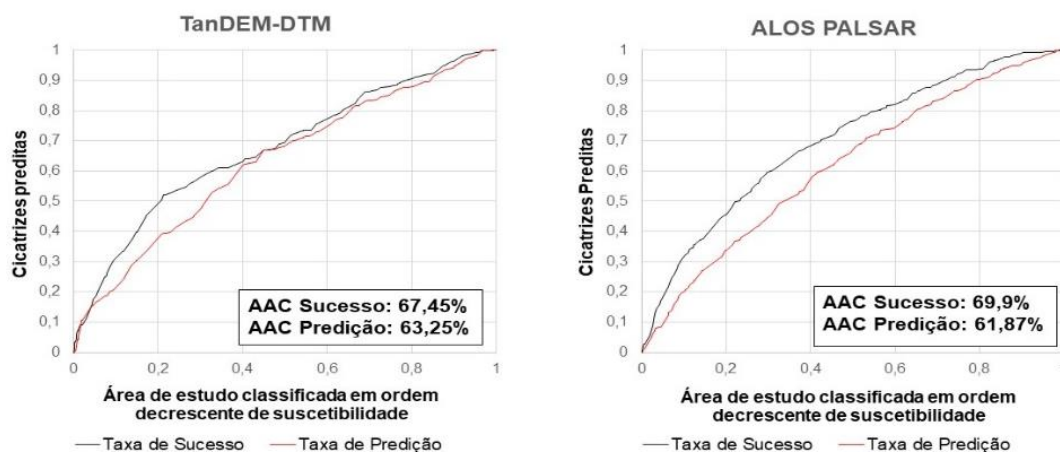


Figura 3: Taxas de sucesso e predição calculadas para os cenários produzidos com os diferentes MDEs.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

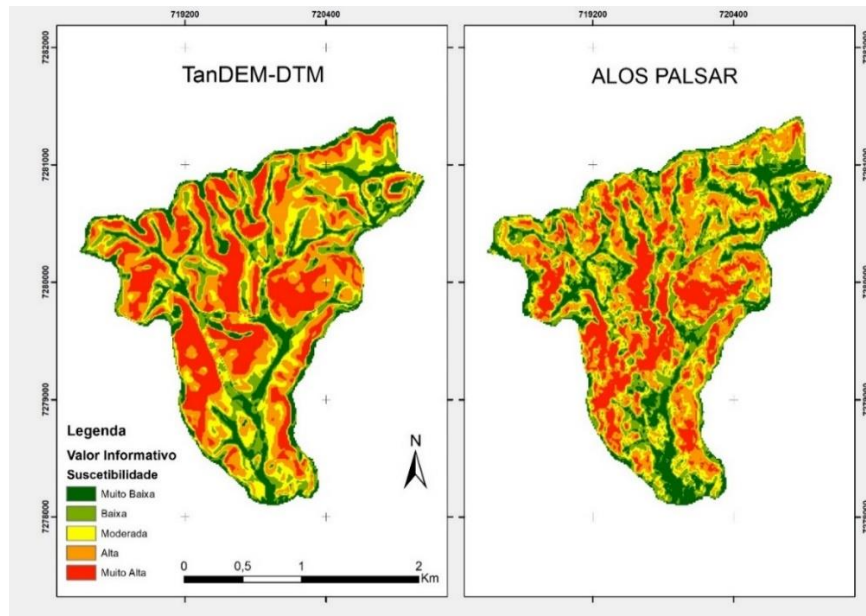


Figura 4: Mapas de suscetibilidade a partir do Valor Informativo gerados por diferentes MDEs

A partir apenas dos valores de AAC das curvas de sucesso e predição não é possível determinar com segurança qual o cenário com melhor desempenho, pois embora seja possível identificar a partir desta métrica se as zonas classificadas como mais suscetíveis são as que concentram mais cicatrizes, ela não fornece informações sobre os tipos de erros (Tipo I e Tipo II), informação crucial para a modelação da instabilidade de vertentes e pode ser obtida através de uma curva ROC (Figura 5).

A AAC ROC calculada para o cenário feito com o *TanDEM-DTM* (66,1%) foi 0,6% mais alta que aquela gerada com o *Alos Palsar* (65,5%). Dado que quanto maior o valor de AAC melhor a acurácia geral do modelo, foi possível determinar como cenário com melhor desempenho aquele obtido a partir do MDE *TanDEM-DTM*.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

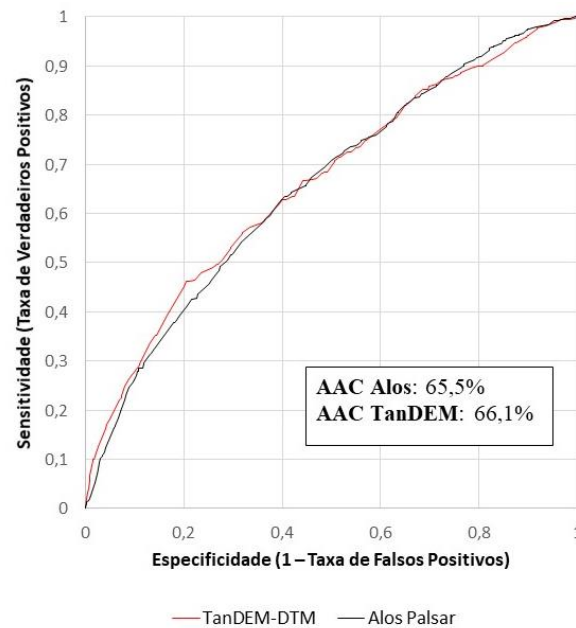


Figura 5: Curvas ROC e valores de Área Abaixo da Curva (AAC) para os cenários gerados com o MDE *TanDEM-DTM* e o com o MDE *Alos Palsar*.

4. Conclusões

Embora os índices F e CC tenham variado em cada cenário, houve significativa concordância entre os MDEs na forma como o relevo foi representado. Contudo, o MDE *TanDEM-DTM* tem a vantagem de ser construído apenas com dados referentes à elevação do terreno, podendo ser mais confiável para análises referentes a dinâmica dos escorregamentos rasos; O desempenho do *TanDEM-DTM* foi melhor, entretanto a diferença entre os MDEs é pequena, sendo que na AAC da Taxa de Sucesso o *Alos Palsar* mostrou um percentual melhor enquanto que na AAC ROC o *TanDEM-DTM* apresentou melhor resultado; A Taxa de Predição indicou que o *TanDEM-DTM* possui capacidade preditiva aproximadamente 1,3% superior à do modelo produzido a partir do *Alos Palsar*; Trabalhos futuros poderão empregar outros parâmetros morfométricos, adotados em análise de instabilidade de vertentes, para aprofundar a avaliação da eficiência dos MDEs.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Agradecimentos

Os autores agradecem o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento da pesquisa de Mestrado em andamento. Agradecem também ao Programa de Pós-Graduação em Geografia Física (PPGF) da Universidade de São Paulo e ao Grupo de Pesquisas de Processos Morfodinâmicos e Ambientais (GPmorfo).

5. Referências Bibliográficas

BATEIRA, C. V. M. Geometria dos terraços agrícolas e modelação da instabilidade de vertentes (Vale do Douro – Portugal). **Geosp – Espaço e Tempo** (Online), v.19, n.2, p. 263-284, 2015.

BEGUERÍA, S. Validation and evaluation of predictive models in hazard assessment and risk management. **Natural Hazards**, v.37, p. 315-329, 2006.

BONINI, J. E. Análise comparativa da capacidade preditiva entre dois modelos matemáticos para avaliação de suscetibilidade à escorregamentos rasos: Um estudo de caso em Itaóca (Vale do Ribeira, SP). **Trabalho de Conclusão de Curso**. Graduação em Geografia. Universidade de São Paulo, 2017. 74p.

BROLLO, M.J.; SANTORO, J.; PENTEADO, D. R.; FERNANDES DA SILVA, P. C.; RIBEIRO, R.R. Itaóca (SP): Histórico de acidentes e desastres relacionados a perigos geológicos. **14º Simpósio de Geologia do Sudeste**. Campos do Jordão –SP:1-5. 2015.

CAROU, C. B.; Vieira, B. C.; MARTINS, T. D.; GRAMANI, M. F. Inventário dos Escorregamentos da Bacia do Rio Gurutuba, Vale do Ribeira (SP). **Revista do Departamento de Geografia**, v. 1, p. 172-179, 2017.

CHUNG, C.-J.; FABBRI, A. Validation of Spatial Prediction Models for Landslide Hazard Mapping. **Natural Hazards**, v. 30, n. 3, p. 451–472, 2003.

DIAS, V. C.; Vieira, B. C.; GRAMANI, M. F. Parâmetros morfológicos e morfométricos como indicadores da magnitude das corridas de detritos na Serra do Mar. **Confins (Paris)**, v. 29, p. 1-20, 2016.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

DIAS, H.; BATEIRA, C.; PISSATO, E.; MARTINS, T.D.; VIEIRA, B.C. Avaliação da Suscetibilidade a Escorregamentos Rasos com Base na Aplicação de Estatística Bivariada: Resultados Preliminares. **Revista Do Departamento De Geografia**, Volume Especial - II Workshop Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, 34-42. 2018.

FAWCETT, T. An introduction to ROC analysis. **Pattern Recognition Letters**, v. 27, n. 8, p. 861-874, 2006.

GRAMANI, M. F.; ARDUIN, D. H. Morfologia da drenagem dos depósitos de debris flowem Itaóca, São Paulo. 15º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, Bento Gonçalves. **Anais do 15º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia**. São Paulo: ABGE, Cd-Rom, p.10. 2015.

GROHMANN, C. H.; RICCOMINI, C.; STEINER, S.S. Aplicações dos modelos de elevação SRTM em geomorfologia. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 2, p. 73-83, 2008.

KRIEGER, G., ZINK, M., BACHMANN, M., BRUTIGAM, B., SCHULZE, D., MARTONE, M., RIZZOLI, P., STEINBRECHER, U., ANTONY, J. W., ZAN, F. D., HAJNSEK, I., PPATHANASSIOU, K., KUGLER, F., CASSOLA, M. R., YOUNIS, M., BAUMGARTNER, S., LPEZ-DEKKER, P., PRATS, P., MOREIRA, A. TanDEM-X: A radar interferometer with two formation-flying satellites. **Acta Astronautica** 89. p. 83 – 98. 2013.

MARTINS, T.D.; OKA-FIORI, C.; VIEIRA, B. C.; BATEIRA, C. V. M.; MONTGOMERY, D. R. Avaliação de MDT na Modelagem de Instabilidade de Vertentes. **Ra'e Ga Espaço Geográfico em Análise**, v. 41, p. 07-19, 2017.

OLIVEIRA, A.; FERNANDES, J.; BATEIRA, C.; FARIA, A.; GONÇALVES, J. Influence of Digital Elevation Models on Landslide Susceptibility with Logistic Regression Model. **Revista Do Departamento De Geografia**, 36, 33-47. 2018.

SBROGLIA, R. M.; REGINATTO, G. M. P.; HIGASHI, R. A. R.; GUIMARÃES, R. F. Mapping susceptible landslide areas using geotechnical homogeneous zones with different DEM resolutions in Ribeirão Baú basin, Ilhota/SC/Brazil. **Landslides**, v. 1, p. 1-14. 2018.

YIN, K.L; e YAN, T.Z. Statistical prediction models for slope instability of metamorphosed rocks. **International Symposium on Landslides**, Lausanne, 1269-1272, 1988.

VIEIRA, B. C.; FERNANDES, N. F.; AUGUSTO FILHO, O.; MARTINS, T. D.; MONTGOMERY, D. R. Assessing shallow landslide hazards using the TRIGRS and



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

SHALSTAB models, Serra do Mar, Brazil. **Environmental Earth Sciences**, v. 77, p. 260, 2018.

ZÊZERE, J. L. Movimentos de Vertente e Perigosidade Geomorfológica na Região a Norte de Lisboa. Lisboa: **Dissertação de doutoramento em Geografia Física**. Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa, 1997.