

ACELERAÇÃO DO CÁLCULO DE DESCRITORES DE TERRENO COM O USO DE GPU

José Vinícius Boing de Souza ¹; Pedro Luiz Borges Chaffe ²

Palavras-Chave – Descritor de terreno, GPU, Python.

INTRODUÇÃO

Desastres hidrológicos estão entre um dos eventos naturais que mais impactam a sociedade, levando a perdas econômicas e de vidas. Estudos preveem que estes impactos irão aumentar nos próximos anos, com o aumento da frequência e exposição (DOTTORI et al., 2018; JONGMAN; WARD; AERTS, 2012) causados pelas mudanças climáticas (BLÖSCHL et al., 2017). As inundações são uns dos desastres mais comuns no estado de Santa Catarina, com prejuízos acumulados de 9,8 bilhões de reais no período de 1995 a 2014 (Banco Mundial, 2016).

Existem diversas opções para prevenir os impactos desses eventos, e entre as opções de menor custo está o mapeamento de áreas propensas a inundar. A disponibilidade de modelos digitais de elevação (MDE) tem crescido nas últimas décadas. Desde então diversos métodos de extrapolação de dados e índices a partir de MDE tem sido usado para delimitar áreas atingidas por inundações. Estes índices tentam relacionar as características topográficas com estes eventos (NARDI et al., 2013; NOBRE et al., 2016; SAMELA; TROY; MANFREDI, 2017).

Uma das limitações da utilização desse método está no grande tempo de processamento quando utilizados MDE de grandes extensões ou quando são utilizados dados de alta resolução. A utilização de tecnologias de paralelização nas etapas de cálculos pode reduzir drasticamente o tempo necessário para calcular estes descritores. Alguns estudos compararam diferentes tipos de paralelização em processos hidrológicos e o uso de GPU (Graphics Processing Unit) se destacou por não requerer um grande modificação dos algoritmos implementados e ainda ser mais rápido que outros métodos (GICHAMO; TARBOTON, 2020; NEAL et al., 2010; TRISTRAM; HUGHES; BRADSHAW, 2014).

Deste modo, o objetivo deste trabalho é utilizar implementações paralelas em GPU com o CUDA (Compute Unified Device Architecture) para acelerar os cálculos de diferentes descritores de terreno, aplicados na bacia do rio Itajaí.

METODOLOGIA

Área de estudo

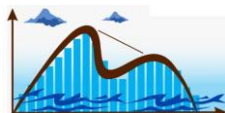
A área de estudo escolhida para este trabalho é a bacia do rio Itajaí, localizada no estado de Santa Catarina, no Sul do Brasil. A bacia pertence a bacia hidrográfica do Atlântico trecho sudeste, na região hidrográfica do Atlântico Sul (MARCUIZZO, 2017). A bacia cobre uma área de aproximadamente 15,000 km² e apresenta, segundo a classificação Köppen-Geiger (PEEL; FINLAYSON; MCMAHON, 2007), dois climas distintos, Cfa (temperado úmido com verão quente) e Cfb (temperado úmido com verão temperado).

Modelos Digitais de Elevação

Foram escolhidos três diferentes modelos de elevação para demonstrar as diferenças de tempo de processamento entre as implementações sequenciais e paralelas. Foram utilizados dois conjuntos de dados da SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), sendo um com resolução de 3 arco segundos (Aproximadamente 90 metros na linha do equador) e outra de 1 arco segundo (aproximadamente 30 metros). O outro conjunto de dados é o gerado pelo Satélite ALOS (*Advanced Land Observing Satellite*) equipado com o sensor de micro-ondas PALSAR (*Phased Array type L-band Synthetic*

1) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental – Universidade Federal de Santa Catarina; joseboing@gmail.com

2) Docente do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – Universidade Federal de Santa Catarina; pedro.chaffe@ufsc.br



Aperture Radar), com uma resolução de aproximadamente 12,5 metros na linha do equador. A Tabela 1 apresenta as informações dos conjuntos de dados.

Tabela 1: Informações matriciais dos modelos digitais de elevação

MDE	Linhas	Colunas	Nº de células	Células sem valor	Células com valor
90	1.801	2.142	3.857.742	1.846.019	2.011.723
30	5.403	6.426	34.719.678	16.614.743	18.104.935
12,5	13.447	14.317	192.520.699	94.667.183	97.853.516

Descritores de Terreno

Existem diversas informações diferentes que podem ser obtidas a partir da topografia, e estes podem indicar áreas suscetíveis a desastres como inundações ou deslizamentos. Para este estudo foram escolhidos 8 descritores geomorfológicos que já foram utilizados para o mapeamento de áreas propensas a inundar (DEGIORGIS et al., 2012; MANFREDA et al., 2015; SAMELA; TROY; MANFREDA, 2017; SPECKHANN et al., 2018).

Os descritores escolhidos foram: Declividade, índice topográfico, índice topográfico modificado, *Downslope index*, HAND, distância até a rede de drenagem, GFI (*Geomorphic Flood Index*) e $\ln(hl/H)$.

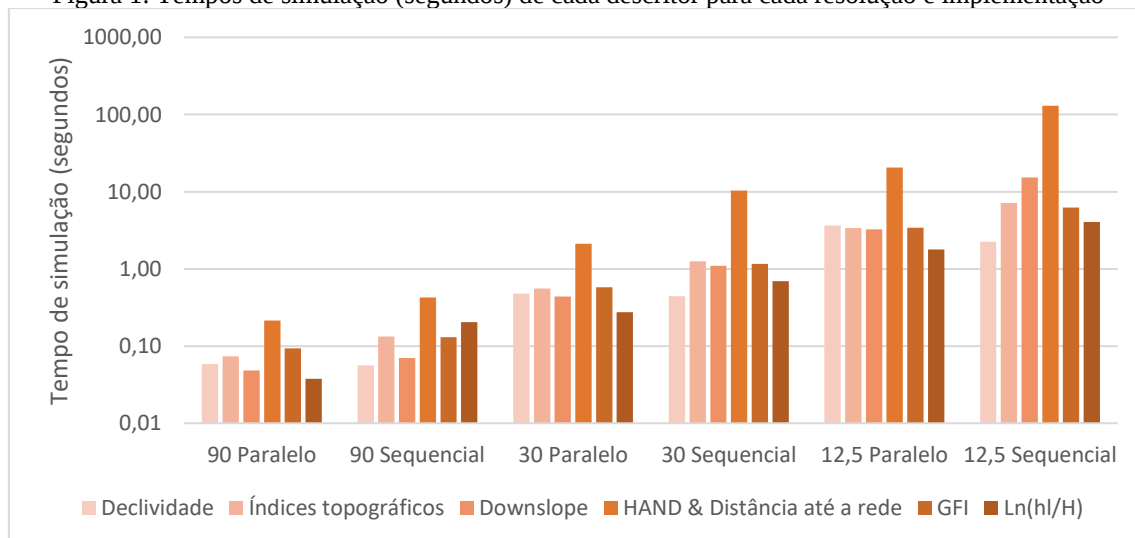
Implementações

Os algoritmos utilizados no estudo foram desenvolvidos na linguagem Python, devido a sua acessibilidade, por possuir código aberto e ter disponíveis diversas ferramentas para o auxílio de desenvolvimento. Entre os pacotes disponíveis para o Python destaca-se o “Numba”, responsável pelas acelerações dos códigos sequenciais e a implementação paralela. Diferente de outros métodos, o Numba permite a criação de funções e métodos diretamente em Python, realizando a adaptação do código para GPU automaticamente, não necessitando de grandes mudanças às lógicas de cálculos. A biblioteca contém também um compilador com JIT (*Just in time*), que sem mudanças nos algoritmos é capaz de acelerar as implementações sequenciais.

RESULTADOS

A Figura 1 apresenta os tempos de simulação (em segundos) utilizado para cada descritor e resolução, enquanto a Figura 2 apresenta alguns desses para a resolução de 30 metros. Esses valores foram obtidos após simular cada caso três vezes e utilizando a média dos valores. O computador utilizado para realizar as simulações é um notebook ASUS, equipado com um processador Intel Core i7-7700 HQ 2.80GHz, 16 GB de RAM e uma placa gráfica NVIDIA GeForce GTX 1050Ti com 4 GB de memória.

Figura 1: Tempos de simulação (segundos) de cada descritor para cada resolução e implementação



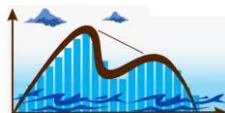
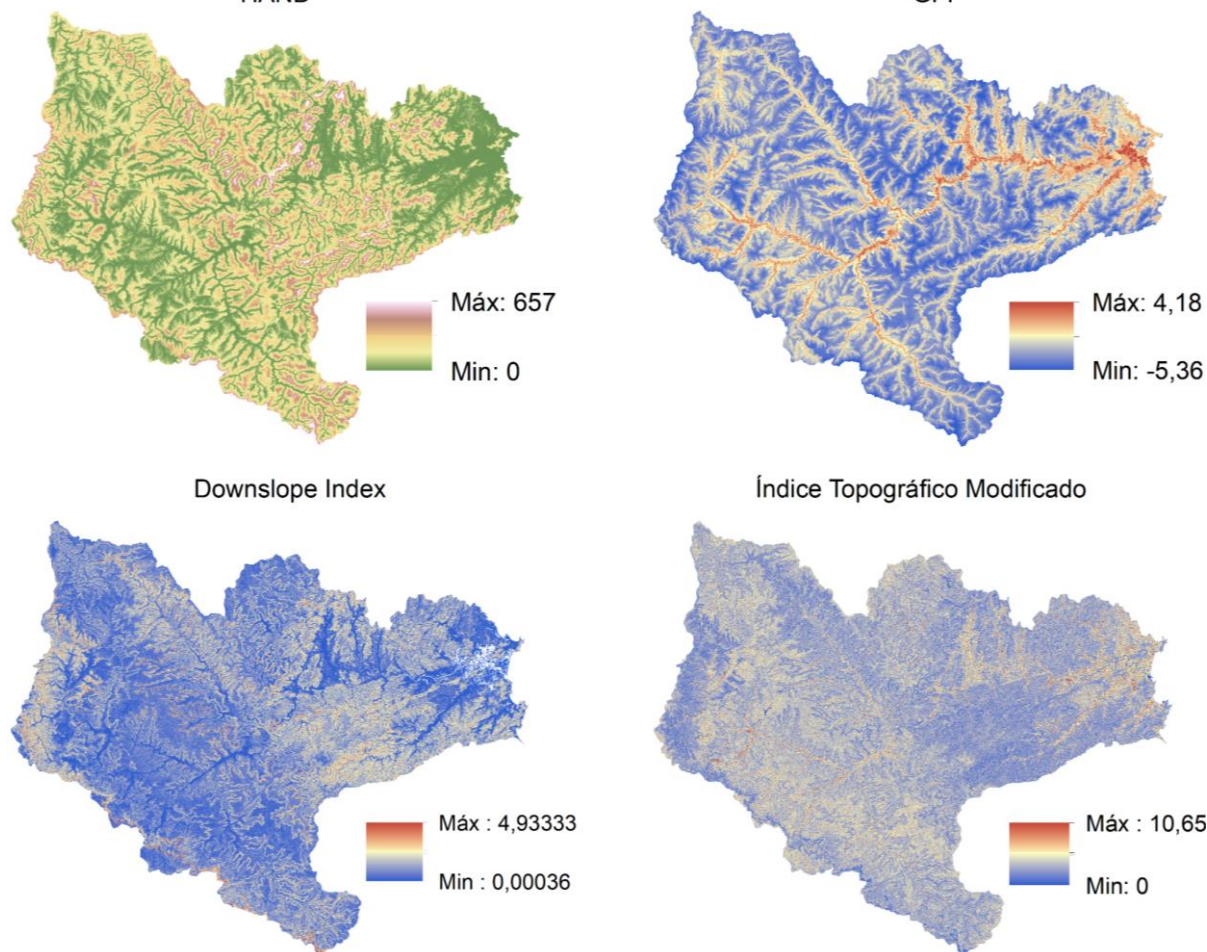


Figura 2: Descritores calculados para a bacia do rio Itajaí. MDE de 30 metros.
HAND GFI



Para todos os casos, tanto a implementação sequencial quanto a paralela apresentaram bons resultados, necessitando de poucos minutos nos cálculos. Com exceção da declividade, todos os outros descritores requereram menos tempo de processamento nas implementações paralelas. A maior diferença de tempo pode ser vista nos cálculos do HAND e distância até a rede de drenagem, devido aos seus métodos que dependem da posição da rede de drenagem e possuem mais complexidades nas implementações. A relação de aceleração entre as implementações pode ser observada na Tabela 2.

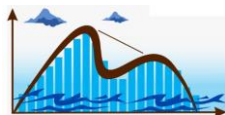
Tabela 2: Taxa de aceleração da implementação paralela

Resolução	Declividade	Índices topográficos	Downslope	HAND & Distância até a rede	GFI	Ln(hl/H)
90	0.96	1.80	1.45	1.99	1.39	5.43
30	0.92	2.25	2.49	4.88	2.00	2.51
12.5	0.62	2.11	4.70	6.32	1.83	2.28

CONCLUSÕES

Neste trabalho foram implementados algoritmos de formas sequenciais e paralelizadas em GPU para oito descritores na bacia do rio Itajaí. Para comparar os tempos de simulação foram utilizados três diferentes modelos topográficos com resoluções diferentes.

Destaca-se os seguintes pontos: Em geral, as implementações paralelas foram mais rápidas que as sequenciais, mas ambas apresentaram pouco tempo necessário de simulação. A lógica de programação permaneceu a mesma e não foi necessária grande adaptação do código para a implementação paralela. A tecnologia não requer muito conhecimento além do necessário e é bem acessível, necessitando apenas de um computador pessoal com uma placa gráfica, quando comparada



a outros métodos de paralelização. A maior limitação do método está na memória disponível para a placa gráfica.

REFERÊNCIAS

- BANCO MUNDIAL. Santa Catarina: A gestão de riscos de desastres no contexto do planejamento estratégico para o aumento da resiliência a perigos naturais. Washington, Banco Mundial, 60p
- BLÖSCHL, G. et al. Changing climate shifts timing of European floods. **Science**, n. 357, p. 588–590, 2017.
- DEGIORGIS, M. et al. Classifiers for the detection of flood-prone areas using remote sensed elevation data. **Journal of Hydrology**, v. 470–471, n. November, p. 302–315, 2012.
- DOTTORI, F. et al. Increased human and economic losses from river flooding with anthropogenic warming. **Nature Climate Change**, v. 8, n. 9, p. 781–786, 2018.
- GICHAMO, T. Z.; TARBOTON, D. G. UEB parallel: Distributed snow accumulation and melt modeling using parallel computing. **Environmental Modelling and Software**, v. 125, n. December 2019, p. 104614, 2020.
- JONGMAN, B.; WARD, P. J.; AERTS, J. C. J. H. Global exposure to river and coastal flooding: Long term trends and changes. **Global Environmental Change**, v. 22, n. 4, p. 823–835, 2012.
- MANFREDA, S. et al. Flood-prone areas assessment using linear binary classifiers based on flood maps obtained from 1D and 2D hydraulic models. **Natural Hazards**, v. 79, n. 2, p. 735–754, 2015.
- MARCUZZO, F. F. N. (2017). “Bacias hidrográficas e regiões hidrográficas do Brasil: cálculos de áreas, diferenças e considerações”. In Anais do XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Florianópolis, 1, pp. 1-8.
- NARDI, F. et al. Comparing a large-scale dem-based floodplain delineation algorithm with standard flood maps: The Tiber river basin case study. **Irrigation and Drainage**, v. 62, n. S2, p. 11–19, 2013.
- NEAL, J. C. et al. A comparison of three parallelisation methods for 2D flood inundation models. **Environmental Modelling and Software**, v. 25, n. 4, p. 398–411, 2010.
- NOBRE, A. D. et al. HAND contour: A new proxy predictor of inundation extent. **Hydrological Processes**, v. 30, n. 2, p. 320–333, 2016.
- PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 11, p. 1633–1644, 2007.
- SAMELA, C.; TROY, T. J.; MANFREDA, S. Geomorphic classifiers for flood-prone areas delineation for data-scarce environments. **Advances in Water Resources**, v. 102, p. 13–28, 2017.
- SPECKHANN, G. A. et al. Flood hazard mapping in Southern Brazil: a combination of flow frequency analysis and the HAND model. **Hydrological Sciences Journal**, v. 63, n. 1, p. 87–100, 2018.
- TRISTRAM, D.; HUGHES, D.; BRADSHAW, K. Accelerating a hydrological uncertainty ensemble model using graphics processing units (GPUs). **Computers and Geosciences**, v. 62, p. 178–186, 2014.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq e CAPES pelo suporte financeiro para a realização da pesquisa.