

PRÉ-PROCESSAMENTO DO MODELO HIDROLÓGICO WRF-HYDRO USANDO O ARCGIS

José Roberto Dantas da Silva Júnior¹; Filipe Milani de Souza² Davidson Martins Moreira³

¹ Mestrando em 2020; Centro Universitário SENAI CIMATEC; roberto.dantas@me.com

² Graduando em 2020; Iniciação Científica - Voluntário; Salvador-BA; filipemilani@outlook.com

³ Professor Titular; Centro Universitário SENAI CIMATEC; Salvador-BA; davidson.moreira@fieb.org.br

RESUMO

Um dos desafios globais mais eminentes para o desenvolvimento sustentável é gestão de águas. A governança sustentável da água exige interdisciplinaridade do conhecimento sobre processos ambientais e sociais, bem como estratégias inclusivas que possam agregar cientistas, gestores, políticos e outras partes interessadas em sinergia para produzir conhecimento e soluções colaborativas. Neste contexto, a modelagem computacional surge como uma ferramenta poderosa no auxílio de tomada de decisão, onde o sistema WRF-Hydro representa o estado da arte no que refere a recursos hídricos, o qual proporciona um acoplamento entre um modelo atmosférico e um modelo hidrológico. Este sistema foi desenvolvido para modelar e simular chuvas, gerenciamento de reservatórios e previsão de inundações que permitem aos usuários criar, salvar e comparar cenários futuros. No entanto, o modelo WRF-Hydro necessita de um complexo pré-processamento para inclusão de dados importantes na modelagem, ou seja, a utilização de um software GIS (*Geographic Information System*) para o referenciamento geográfico em alta resolução. Desta forma, o objetivo deste trabalho é mostrar a construção do pré-processamento usando o sistema de informações geográficas ArcGIS.

PALAVRAS-CHAVE: modelo WRF-Hydro; WPS; ArcGIS; Salvador; Bahia.

1. INTRODUÇÃO

Diante do cenário das mudanças climáticas, um dos desafios globais mais importantes para o desenvolvimento sustentável é gestão das águas, onde a modelagem computacional surge como uma ferramenta poderosa no auxílio de tomada de decisão. Neste contexto, o sistema WRF-Hydro representa o estado da arte no que refere a recursos hídricos, o qual proporciona um acoplamento entre um modelo atmosférico e um modelo hidrológico. Este sistema foi desenvolvido pelo NCAR (*National Center for Atmospheric Research*) em parceria com a NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) para modelar e simular chuvas, gerenciamento de reservatórios e previsão de inundações que permitem aos usuários criar, salvar e comparar cenários futuros. A Figura 1 apresenta esquematicamente como é feita a integração dos modelos.

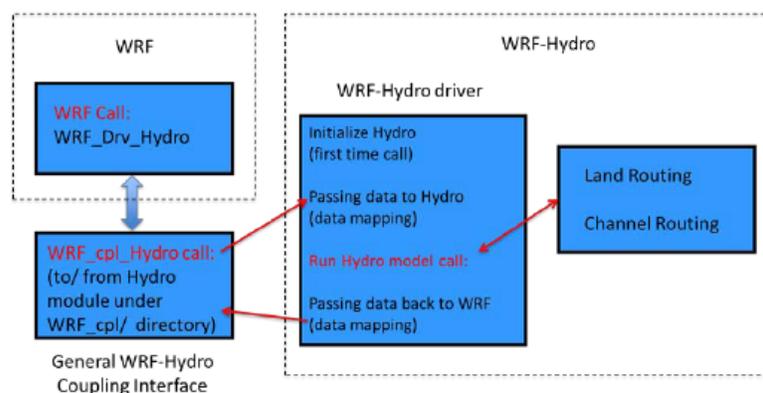


Figura 1 – Integração WRF com o módulo Hydro.

A figura 2 mostra a estrutura do sistema WRF-Hydro frente aos aspectos físicos relacionados a meteorologia e o tipo de acoplamento.

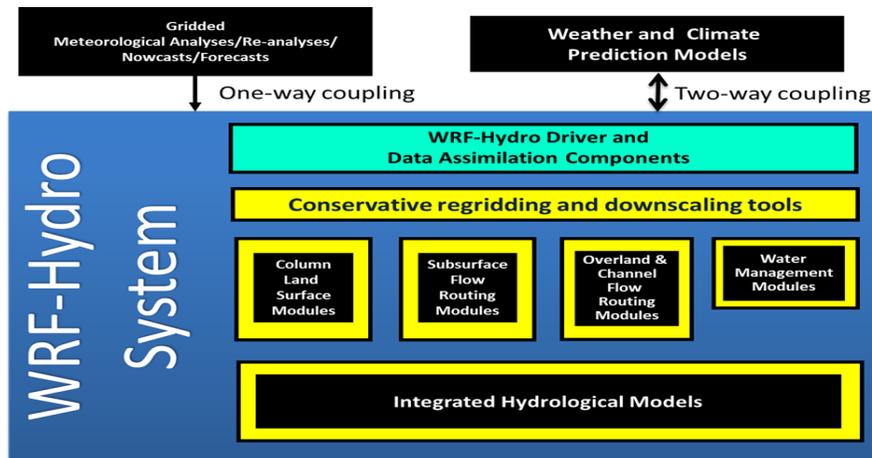


Figura 2 – Estrutura do WRF-Hydro.

Observa-se prontamente que a grade computacional a ser usada em uma simulação é de fundamental importância frente ao acoplamento, pois deve ter uma resolução suficientemente boa para levar em conta a meteorologia (proveniente do modelo WRF), juntamente com um boa resolução do terreno (modelo hidrológico), tendo em vista que deve captar todas as informações relacionadas a parte hídrica (pequenos rios, açudes, lagos, lagoas, etc.). Neste sentido, a principal ferramenta na construção deste pré-processamento das informações do terreno e dos recursos hídricos podem ser obtidas com o sistema ArcGIS em alta resolução.

2. METODOLOGIA

2.1. Descrição da área em estudo

A área em estudo é a cidade de Salvador que pertence ao estado da Bahia, e sua geografia possui a característica peculiar de separar a Baía de Todos os Santos das águas abertas do Oceano Atlântico, além de um relevo que é acidentado e cortado por vales profundos. A região possui uma estreita faixa de planícies que em alguns locais se alargam. A cidade está a oito metros acima do nível do mar. Dentre suas características uma singular é a escarpa que divide Salvador em Cidade Baixa, porção noroeste da cidade, e Cidade Alta, com maior abrangência territorial, sendo que a primeira está 85 m abaixo da última. A cidade é ocupada aproximadamente por 3 milhões de habitantes distribuídos em uma área de 692.818 km².

2.2. Descrição dos detalhes de simulação dos módulos WPS do WRF-Hydro

A simulação foi realizada utilizando o núcleo WRF-ARW, versão 3.9.1, com inicialização às 1200 UTC do dia 01 de agosto de 2018, estendendo-se até às 1300 UTC do dia 01 de agosto de 2018 (1 h de simulação). Esta simulação teve como objetivo gerar os dados preliminares que são requisitos para processamento do ArcGIS. As condições iniciais e de contorno empregadas nas simulações são provenientes do modelo atmosférico global GFS (Global Forecast System) do NCEP (*National Center for Environmental Prediction*), com resolução horizontal de 0,25° x 0,25° e resolução temporal de 6 horas. Os dados de topografia e uso e ocupação do solo são fornecidos pela USGS (*United States Geological Survey*) com resolução de 30 s.

O modelo foi configurado com duas grades aninhadas com resolução de 9 km e 3 km, respectivamente (ver Figura 3). O domínio de interesse (D02) tem resolução horizontal de 3 km numa matriz de 100 x 100. Uma visão geral das configurações espaciais é mostrada na Tabela 1.



Figura 3 – Localização dos dois domínios aninhados (grade maior, D01 e grade menor, D02).

Domínio	D01	D02
Resolução Horizontal	9 km	3 km
Número de células	100x100	100x100
Tamanho do domínio	900x900 km	300x300 km

Tabela 1 – Configuração de domínios.

2.3. Descrição dos detalhes de processamento do ArcGIS

Após o pré-processamento com o WRF são obtidos os arquivos intermediários necessários para o processamento de dados com o ArcGIS. Importante frisar que o ArcGIS também foi desenvolvido para caracterização de sistemas de drenagem (redes de riachos, bacias hidrográficas, características de várzeas) e integração de modelos. A estrutura é implementada como um conjunto de ferramentas Python gratuitas e de código aberto, e se baseia na funcionalidade principal do ArcGIS e usa recursos de geoprocessamento para garantir a extensibilidade.

O ArcGIS é um pacote de softwares da ESRI (*Environmental Systems Research Institute*) de elaboração e manipulação de informações vetoriais e matriciais para o uso e gerenciamento de bases temáticas. O ArcGIS disponibiliza em um ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG) uma gama de ferramentas de forma integrada e de fácil utilização. O geoprocessamento pode ser entendido como a ligação técnica e conceitual das ferramentas para captura, armazenamento, processamento de dados e a apresentação de informações espaciais georreferenciadas.

O WRF-Hydro *GIS Pre-processing Toolkit*, foi desenvolvido para facilitar o processo de derivação de arquivos de entrada e parâmetros WRF-Hydro de produtos de dados geoespaciais comumente disponíveis, como modelos de elevação digital processados hidrológicamente. Um grande número de arquivos de entrada e

parâmetro hídricos pode ser gerado por essas ferramentas, bem como um arquivo de metadados geoespaciais para dar suporte ao georreferenciamento dos arquivos de saída do modelo WRF-Hydro e dos *shapefiles* relevantes para ajudar na visualização dos componentes do modelo. As ferramentas de pré-processamento WRF-Hydro GIS são desenvolvidas para funcionar como um *ArcToolbox* adicional no software Esri ArcGIS. Requisitos específicos de sistema operacional e software são abordados na documentação completa do Kit de ferramentas de pré-processamento WRF-Hydro GIS.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 4 mostra os domínios gerados no WRF e processados pelo ArcGIS. Observa-se claramente o aparecimento de todos os rios quando os dados são gerados através do ArcGIS em alta resolução.



Figura 4 – Domínios gerados no WRF e processados pelo ArcGIS.

Apesar do aparente “simples procedimento”, esta tarefa é complexa e requer cuidado e atenção em todos os passos do pré-processamento. Após este procedimento, os arquivos podem ser usados no WRF-Hydro para simulações das variáveis hídricas na área de interesse.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho de pesquisa preliminar buscou mostrar o ferramental básico para a formatação do pré-processamento do modelo WRF-Hydro. Este modelo representa o estado da arte com relação as variáveis hidrológicas e tem sido usado nos grandes centros de pesquisa ao redor do mundo. No Brasil, praticamente inexistem usuários desta poderosa ferramenta de previsão e estimativas hidrológicas. Neste sentido, o SENAI CIMATEC é pioneiro na utilização do WRF-Hydro juntamente com a ferramenta ArcGIS. O próximo passo é realizar simulações na região de interesse com os dados deste pré-processamento.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Centro de Supercomputação e Inovação Industrial (CIMATEC) pelo fornecimento da infraestrutura computacional necessária para a execução dos modelos e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) pelo apoio financeiro.

5. REFERÊNCIAS

¹WHITE, Dave D. et al. Co-Producing Interdisciplinary Knowledge and Action for Sustainable Water Governance: Lessons from the Development of a Water Resources Decision Support System in Pernambuco, Brazil, *Global Challenges* 2019, 3, 1800012, 2018.

²ARNAULT, Joël et al. Papel do particionamento de escoamento-infiltração e fluxo terrestre resolvido em feedbacks terra-atmosfera: um estudo de caso com o sistema de modelagem acoplada WRF-Hydro para a África Ocidental. *Journal of Hydrometeorology*, v. 17, n. 5, p. 1489-1516, 2016.

³ARNAULT, Joël et al. Precipitation sensitivity to the uncertainty of terrestrial water flow in WRF-Hydro: an ensemble analysis for Central Europe. *Journal of Hydrometeorology*, v. 19, n. 6, p. 1007-1025, 2018.

⁴XIANG, Tiantian et al. On the diurnal cycle of surface energy fluxes in the North American monsoon region using the WRF-Hydro modeling system. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, v. 122, n. 17, p. 9024-9049, 2017.

⁵SILVER, Micha et al. An innovative method for determining hydrological calibration parameters for the WRF-Hydro model in arid regions. *Environmental Modelling and Software*, v. 91, p. 47-69, 2017.

⁶Gochis, D.J., M. Barlage, R. Cabell, M. Casali, A. Dugger, K. FitzGerald, M. McAllister, J. McCreight, A.RafieeiNasab, L. Read, K. Sampson, D. Yates, Y. Zhang (2020). The WRF-Hydro® modeling system technical description, (Version 5.1.1). NCAR Technical Note. 107 pages. Available online at: <https://ral.ucar.edu/sites/default/files/public/WRFHydroV511TechnicalDescription.pdf>.