

Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics

Comparação entre uma neuroprevisão(empírica) e um modelo físico simplificado para estimação hidrológica

Leonardo B. L. Santos¹

Onofre A. Candido²

Glauston R. T. Lima³

Adenilson R. Carvalho⁴

Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais, São José dos Campos, SP

Tiago Carvalho⁵

Instituto Federal de São Paulo, Campinas, SP

Resumo. O monitoramento de desastres naturais no Brasil é responsabilidade do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden), que trabalha em colaboração com diversos órgãos e conta com uma divisão dedicada a pesquisa científica. Modelos empíricos baseados em dados utilizam técnicas estatísticas e/ou de aprendizado de máquina para, dado um banco de dados para treinamento, promover estimações frente a novos padrões de entrada. O produto neuroprevisão consiste em uma Rede Neural Artificial aplicada para prever o nível de um dado rio. Por outro lado, modelos físicos utilizam equações referentes ao fenômeno modelado, e os parâmetros de tais equações podem ser estimados com base em dados observacionais. O produto Modelagem hidrológica rápida é baseado na equação do tempo de translado. Este trabalho promove comparações entre diferentes abordagens em fase de testes operacionais no Cemaden.

Palavras-chave. Rede Neural Artificial, Neuroprevisão, Modelo Hidrológico, Modelo empírico, Modelo físico.

1 Introdução

O Brasil é um país com grande risco da ocorrência de desastres socioambientais [1]. Um dos grandes desafios das entidades é monitoramento e alerta precoce desses eventos extremos de modo que seja possível mitigar as perdas causadas por esses fenômenos. Em virtude disso, tem se buscado a implementação de modelos e programas de computador que sejam capazes de realizar uma previsão para um dado evento natural, com boa qualidade e confiabilidade com um horizonte de previsão que permita a realização de ações que minimizem as perdas.

¹leonardo.santos@cemaden.gov.br

²onofre.candido@cemaden.gov.br

³glauston.lima@cemaden.gov.br

⁴adenilson.carvalho@cemaden.gov.br

⁵tiago.carvalho@gmail.com

A área apresentada no estudo compreende a bacia a montante da estação hidrológica de Banquete, Região de Bom Jardim, estado do Rio de Janeiro. Essa área tem um histórico de desastres socioambientais, com alto índice de perdas [2,3]. A região pode ser observada na Figura 1 que mostra a hidrografia, relevo e posicionamento das estações de coleta de dados.

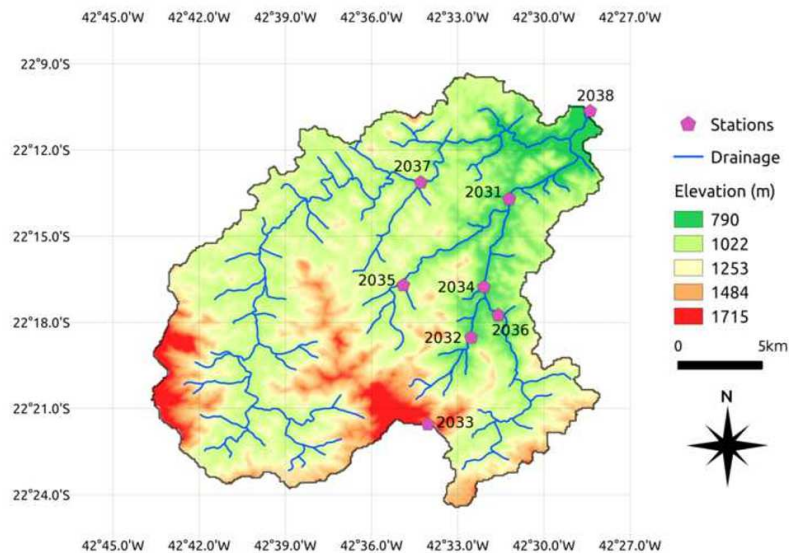


Figura 1: Bacia a montante da estação Banquete. Fonte: [3]

Dessa forma, este trabalho apresenta a comparação de dois produtos que se encontram em fase de teste para operacionalização no Cemaden, um modelo empírico representado por uma Rede Neural Artificial (RNA), e um modelo físico/determinístico representado por um Modelo Hidrológico simplificado. A RNA utiliza dados históricos de precipitação para treinamento e calibração. O Modelo Hidrológico utiliza dados de um radar meteorológico.

2 Modelagem Hidrológica Rápida

A Modelagem Hidrológica Rápida (MR) foi concebida com o intuito de permitir que fosse possível prever a tendência da altura da linha d'água num curso de água monitorado. Nesse modelo são usados dados provenientes da precipitação através do uso de radar meteorológicos, mapas de Modelo Digital do Terreno, hidrografia e entre outros recursos disponíveis do local, para estimar a tendência de altura. Isso permite ter condições de prever a ocorrência de desastres socioambientais decorrentes da elevação de altura do nível dos rios [4].

A Modelagem Hidrológica Rápida utiliza as informações sobre precipitação horária provenientes da varredura de um radar meteorológico.

O objetivo primordial da Modelagem Hidrológica Rápida é desenvolver um modelo que utilize dados gratuitos e de imediato acesso, e que forneça a tendência da linha d'água de um rio com precisão suficiente para que tenha valor operacional [4]. Na Figura 2 pode-se observar a comparação entre os valores reais observados por uma estação hidrológica e os valores previstos pela Modelagem Rápida.

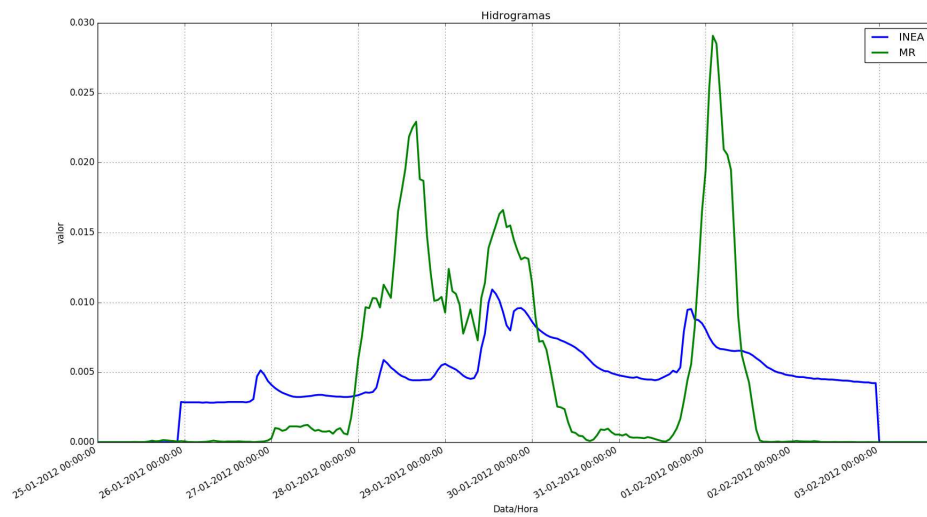


Figura 2: Previsão MR e valor observado. Fonte: própria

3 Neuroprevisão Hidrológica

Uma rede neural é uma coleção de unidades “neurônios” conectadas; as propriedades da rede são determinadas pela sua topologia e pelas propriedades dos “neurônios” [5].

A RNA utilizada é um *Multilayer Perceptron* (MLP), que se caracteriza por possuir uma camada de entrada, uma ou mais camadas ocultas, e uma camada de saída.

As Redes Neurais Artificiais são uma boa alternativa para auxiliar na previsão de desastres socioambientais provenientes de fenômenos hidrológicos, pois é possível criar um modelo a partir de um conjunto reduzido de parâmetros. O modelo neural desenvolvido pelo CEMADEN utiliza as informações provenientes de sete estações hidrológicas e uma estação meteorológica, todas distribuídas dentro de uma bacia hidrográfica. As estações fornecem a cada 15 minutos o nível do rio e precipitação de onde estão localizadas e a estação meteorológica o valor de precipitação. As informações recebidas pelas estações formam os padrões de entrada que serão utilizados pela RNA [3].

Para realizar o treinamento da RNA, cada padrão de entrada (gerado a cada 15 minutos) é associado a um valor de saída, que no caso deste estudo é o nível do rio observado na estação localizada no exutório da bacia hidrográfica. Foram treinadas RNAs com horizonte de previsão de 15 e 120 minutos futuros.

A cada ciclo de treinamento da rede os pesos são ajustados para minimizar o erro entre o valor de saída da rede e o valor real observado. Esse processo é realizado até que seja satisfeito uma condição de parada no treinamento, ou obtenha um percentual de erro aceitável.

A RNA depende basicamente da qualidade do seu treinamento e de seus dados. O treinamento adequado deve levar em consideração a escolha correta do número de neurônios bem como a correta distribuição deles nas camadas ocultas. A escolha de funções de ativação corretas para cada problema é determinante para que as saídas da rede convirjam para a faixa de valores da base de dados observados [5].

O treinamento “ensina” a RNA a estabelecer uma relação entre os valores de entrada e de saída e forma a minimizar o erro entre a saída da RNA e a saída verdadeira (valor observado). A Figura 3, mostra os valores obtidos por [3], utilizando a Rede Neural.

4 Comparações

As duas propostas apresentam diferentes características de obtenção, processamento e saída dos dados para previsão, como pode ser observado na Tabela 1.

A MR utiliza um modelo físico na qual os dados são obtidos através de equações matemáticas que possuem um significado físico. A RNA utiliza um modelo empírico na qual, os dados observados pertencem a uma base de dados com informações de precipitação que é utilizada para que a rede “aprenda” a melhor maneira de estimar um valor de saída.

Os dados utilizados na MR são provenientes de observações realizadas por radares meteorológicos, o que faz com que todo espaço da área de alcance do radar seja considerado. Os dados não ficam concentrados em um ponto específico da bacia estudada, mas de todo o campo. Por outro lado, os dados utilizados na RNA são provenientes de estações de coleta de dados hidrológicos instaladas em pontos específicos da bacia monitorada.

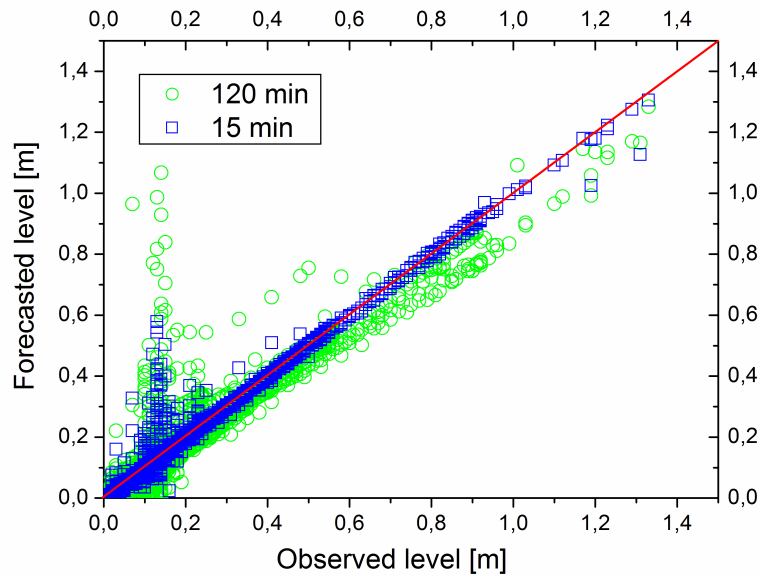


Figura 3: Previsões para 15 (azul) e 120 (vermelho) minutos (eixo Y) e dados observados (eixo X). Fonte: [3]

Tabela 1: Comparação entre os dois modelos. Fonte própria

Modelagem Hidrológica Rápida	Redes Neurais Artificiais
Modelo Físico/ Determinístico	Modelo Empírico
Dados provenientes de radar	Dados de PCD hidrológicas
Forte dependência dos parâmetros	Forte dependência do treinamento
Considera todo o espaço	Considera alguns pontos específicos
Distribuído	Concentrado
Linguagem Java + SQL	Python + FORTRAN + SQL
Considera a subida e descida do nível d'água	Nível do rio no exutório
—	NASH: 0.86

O foco da MR é considerar a subida e descida do nível d'água no rio, a variação do hidrograma de vazão modelado será comparado à variação do hidrograma de nível fornecido pela estação telemétrica. Na RNA o foco é considerar o nível de rio no exutório da bacia, tendo em vista que as estações estão localizadas a montante do exutório da bacia.

5 Conclusões

No caso da Modelagem Rápida pode-se perceber que o modelo acompanha uma tendência geral dos dados, mas a qualidade do resultado do ponto de vista de produto operacional não é alta.

No caso da Neuroprevisão pode-se observar que os resultados apresentados mostram uma boa qualidade nas previsões, mesmo para o horizonte de previsão de 120 minutos, com o valor de NASH de 0.86.

Agradecimentos

Esta pesquisa é parte das atividades do Comitê Temático “Matemática & Desastres” da Sociedade Brasileira de Matemática Aplicada e Computacional (SBMAC), e é parcialmente apoiada por FAPESP 2015/50122-0 e DFG-GRTK 1740/2.

Referências

- [1] M. Kobiyama, T. Checchia, R. V. Silva, P. H. Schröder, A. Grandó, G. M. P. Reginato. Papel da comunidade e da universidade no gerenciamento de desastres naturais. In *Proceedings of Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais*, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil, 2004.
- [2] INEA (2017) Instituto Estadual do Ambiente. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/Portal/MegaDropDown/Monitoramento/Centrodemonitde-desastresamb>. Acesso em: 27 de mar. 2017.
- [3] G. R. T. Lima, L. B. L. Santos, T. J. Carvalho, A. R. Carvalho, F. D. Cortivo, G. B. Scofield, R. G. Negri. An operational dynamical neuro-forecasting model for hydrological disasters. In *Modeling Earth Systems and Environment*, Brazil, 2016.
- [4] ANA. Agência Nacional de Águas, Nota Técnica nº 41/2013/SUM. Desenvolvimento da Ferramenta Modelagem Rápida para Cheias Rápidas e Graduais. 04 de nov de 2013.
- [5] S. Russel; P. Norvig. Inteligência Artificial. 3ª Edição, Editora Campus, 2013. 1016 p.