

UM MÉTODO DE PREVISÃO CLIMÁTICA DE VAZÃO NOS RIOS IGUAÇU, PARANÁ E PARAGUAI

Ilja S. Kim (Centro de Pesquisas Meteorológicas, Faculdade de Meteorologia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas RS, Brasil).

Nelson Luís Dias (Sistema Meteorológico do Paraná, Curitiba PR, Brasil)

Alexandre K. Guetter (Sistema Meteorológico do Paraná, Curitiba PR, Brasil)

Leonardo Deane de Abreu Sá (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, S. José dos Campos, Brasil)

ABSTRACT

A model for forecasting monthly flows of the Iguazu, Parana and Paraguay rivers has been developed. As predictors for the creation of Multiple Linear Regression equations we used the shelter-level air temperature and sea-surface temperatures at support points. Each studied field was separated into homogeneous regions, and for each homogeneous region a support point was chosen. These points are practically independent to each other and each point characterizes one homogeneous region. The set of all support points characterized the field over the Southern Hemisphere. The prediction model was tested with an independent data set, and the results indicate that they have the potential for operational use.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, um dos problemas difíceis da meteorologia é a Previsão Climática, porque por enquanto não podemos representar exatamente a física dos processos de formação das condições do clima nas diferentes regiões da Terra. Com o desenvolvimento dos computadores, surgiu a possibilidade de se processar quantidades imensas de dados e assim, iniciaram-se as pesquisas de previsão dos parâmetros do clima para diferentes regiões. Entre os parâmetros climáticos mais importantes está a vazão dos rios, cuja estimativa é importante no gerenciamento de recursos hídricos. Previsões climáticas de vazão são potencialmente muito úteis para o planejamento da produção de energia elétrica, e na agricultura. Muitas vezes a previsão climática de vazão é feita indiretamente, através de previsão da precipitação nas bacias hidrográficas. Foram feitas diversas pesquisas sobre previsão climática da precipitação para diferentes regiões do globo e América do Sul (e.g., Barnston et al. 1996; Barnston e Livezey 1989; Diaz e Studzinski 1994; Grimm 1994; Hastenrath e Greichar 1993; Silva e da Silva Dias 1994; Uvo et al. 1994;); porém, os estudos sobre previsão climática de vazão são menos numerosos. Há trabalhos recentes (e.g., Guietto e Berry 1996, Cacik 1995, Flamenco 1995, Risso 1995) que apresentam relações entre as vazões anuais, trimestrais e mensais nos rios do sudeste da América do Sul e índices de El-Niño. Contudo, as associações entre índices de El Niño e vazão são significativas somente para alguns trimestres e quando se excedem certos limites da anomalia climática.

Neste trabalho, desenvolveram-se modelos estatísticos de previsão de vazão mensal, que atendam todos os meses do ano, para os rios Iguazu, Paraná e Paraguai com utilização os dados da temperatura do ar e temperatura da água na superfície dos oceanos no Hemisfério Sul. Por causa do nosso desconhecimento dos mecanismos exatos da formação do clima nas diferentes regiões, usamos todos os dados disponíveis. Por isso, o principal problema nos métodos de previsão do clima é a procura de preditores informativos e a diminuição da dimensão do vetor-preditor inicial. Neste trabalho foi usado o método de diminuição do vetor preditor de Kim (Kim 1998, Kim e Nikulina 1992).

2 DADOS E METODOLOGIA

Foram utilizados dados de temperatura média mensal da superfície do mar do COADS, NOAA e JMA (EUA) na grade 2° por 2° no Hemisfério Sul no período 1940-1989, dados recuperados com a utilização de componentes principais na grade 2° por 2° para o período 1950-1992 (Smith, et al. 1996), e os dados de temperatura do ar na grade 5° por 5° no período 1900-1993. Os dados de vazão mensal foram fornecidos pelo SIMEPAR e pelo INPE.

A dimensão preditores iniciais foi reduzida através de procura de regiões homogêneas e da definição de pontos de apoio nestas regiões, feita por meio do algoritmo de classificação de auto-ensino com classes desconhecidas.

A previsão climática de vazão foi feita por meio de regressão linear múltipla:

$$V_{pr} = \sum_{i=1}^n \alpha_i x_i + c$$

onde V_{pr} é a vazão prevista, x_i são os preditores, e α_i, c são os coeficientes da regressão.

As previsões foram avaliadas através dos seguintes critérios:

1. $\Delta V = V_{pr} - V_{obs}$,

onde ΔV é o erro de previsão da vazão, V_{pr} é a previsão de vazão, e V_{obs} é a vazão observada. Se ΔV é menor que um desvio padrão mensal, a previsão é considerada certa e recebe a nota 100%; Se ΔV for maior que um desvio padrão mensal, a previsão é considerada incorreta e recebe nota 0%. Ao fim, calcula-se a média aritmética para o ano ou para o mês durante o período de avaliação.

2. As séries mensais foram divididas em três intervalos: abaixo de 90% da normal, acima de 110% da normal, e entre 90% e 110%. Se os valores das vazões prevista e observada estão no mesmo intervalo, a previsão é considerada certa e recebe a nota 100%; se os valores de vazão prevista e observada estão em intervalos vizinhos, a previsão recebe a nota 50%; finalmente, se os valores estão nos intervalos extremos, a nota é 0%. Novamente, calcula-se a nota média para o ano ou para o mês durante o período de avaliação.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram utilizados os dados nos pontos de apoio definidos em (Kim, 1998) para se desenvolver o modelo estatístico de previsão de vazões. A partir de todos os dados nos pontos de grade no Hemisfério Sul foi procurado o ponto que tem maior número de correlações iguais ao, ou acima do nível de significância. Este é o primeiro ponto de apoio e os pontos correlacionados acima dos níveis significância com ele formam uma região homogênea. Em seguida, estes pontos são excluídos e o procedimento é repetido, sendo selecionado o segundo ponto de apoio e a segunda região homogênea e assim por diante. Este procedimento foi feito com os todos meses e foram definidos os pontos de apoio e regiões homogêneas.

Uma vez que os pontos de apoio podem variar ligeiramente de mês para mês, adotou-se por simplicidade um ponto de apoio representativo no centro de gravidade dos pontos de apoio mensais. Finalmente, foram escolhidos 15 pontos de apoio para a temperatura do ar e 15 para a temperatura da superfície do mar. É interessante notar que entre os pontos de apoio no campo da temperatura da água na superfície do mar no Hemisfério Sul estão pontos localizados nas regiões que são caracterizadas como El-Niño 3, 4 (Kim, 1998). Cada ponto de apoio caracteriza uma região onde a oscilação da temperatura é homogênea; o conjunto de pontos de apoio pode ser considerado representativo de todo o campo de temperatura do ar e da superfície do mar no Hemisfério Sul. Assim, como a maior parte do Hemisfério Sul é ocupado pelo oceano, a análise mostrou que os pontos de apoio são localizados nas zonas de correntes oceânicas. E como se sabe, existe forte relação entre a temperatura da água do oceano e a temperatura do ar próximo à superfície do oceano. Por isso a temperatura mensal do ar e a temperatura do oceano nos pontos de apoio podem caracterizar o campo da temperatura na superfície

da Terra no Hemisfério Sul. A temperatura do ar é uma característica integrada dos processos atmosféricos e oceânicos.

Foram feitos experimentos para prever a vazão mensal no rio Iguazu, no Paraná e no Paraguai, com a utilização só dos dados de temperatura do ar mensal, só dos dados de temperatura da superfície do mar mensal e os dados de vazão nos meses anteriores (até 4 meses). As equações de regressão linear múltipla foram criadas por meio de procedimento passo a passo “stepwise”. Nas equações foram aplicados até 3 preditores, e foram criadas 12 equações para cada mês em separado. As previsões foram calculadas para 1, 2, ..., até 9 meses à frente. Para cada defasagem dados de dois meses seguidos são usados na previsão. Por exemplo, no início de dezembro a previsão de 1 mês à frente da vazão de janeiro utiliza como preditores os dados de temperatura de outubro e novembro; para a previsão 2 meses à frente, utiliza-se setembro e outubro, etc.. As equações obtidas foram avaliadas com dados independentes de 4 anos, que não foram utilizados para calcular os coeficientes de regressão. Os experimentos mostram que as melhores previsões são obtidas através de utilização em conjunto dos dados de temperatura de ar, temperatura da água na superfície do oceano e vazões nos meses anteriores.

Para o rio Iguazu, os experimentos mostram que para prever as vazões é preciso usar os dados da temperatura do ar e do oceano com defasagem até 7-8 meses e dados de vazão com defasagem de 1 a 4 meses. Porém na maioria dos meses (agosto-maio) os melhores resultados de avaliação foram obtidos com o uso de preditores meteorológicos e oceânicos com defasagem de 3-4 meses e dados de vazão antecedentes. Nos meses de junho e julho é melhor usar os dados da temperatura do ar e temperatura do oceano com defasagem de 7-8 meses.

Para o rio Paraná, as defasagens de dados de temperatura do ar e oceano mais frequentes são de 3-4 meses e 6-7 meses.

Para rio Paraguai bons resultados foram obtidos com os dados da temperatura do ar e do oceano que têm defasagem até 6-7 meses. Mas os melhores resultados foram obtidos com defasagem 1-2 e 2-3 meses. É preciso notar que a vazão com defasagem de 1 mês é o principal preditor para previsão vazão mensal do rio Paraguai, e os preditores restantes possuem importância menor.

Na Tabela 1 são mostrados os resultados das avaliações das previsões obtidas por meio da utilização como preditores dos dados de temperatura do ar, temperatura na superfície do oceano nos pontos de apoio e vazões nos meses anteriores em conjunto para os rios Iguazu, Paraná e Paraguai com as melhores defasagens dos preditores, segundo os critérios 1 e 2.

Tabela 1. Avaliações das previsões das vazões dos rios Iguazu, Paraná e Paraguai

		Rio Iguazu												
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Media
1		100	75	100	75	67	67	100	100	75	100	100	75	86
2		63	63	100	75	83	50	50	75	63	100	75	75	73
		Rio Paraná												
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Media
1		100	75	100	50	75	50	100	67	75	100	75	75	79
2		63	63	100	75	75	75	83	67	75	63	75	50	72
		Rio Paraguai												
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Media
1		100	75	50	75	100	75	100	100	100	100	100	100	89
2		63	88	63	88	100	88	88	100	100	100	88	88	87

Como podemos ver da Tabela 1 em média os melhores resultados foram obtidos para rio Paraguai, mas para os rios Iguazu e Paraná os resultados também são razoáveis. Em média cerca de 85% das previsões ficam dentro de um desvio-padrão.

4 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos mostram a possibilidade de usar os dados das temperatura do ar e temperatura do oceano nos pontos de apoio no Hemisfério Sul para previsão climática de vazão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARNSTON A.G., LIVEZEY R.E.. An operational multifield analog/antianalog prediction system for United States seasonal temperatures. Part II: Spring, summer, fall and intermediate 3-month period experiments. *Journal of Climate*, Boston, 1989, 2, p. 513-541.

BARNSTON A. G., HE Y.. Skill of Canonical Correlation Analysis Forecasts of 3-month Mean Surface Climate in Hawai and Alaska. *Journal of Climate*, 1996, v. 9, n. 10, p. 2579-2604.

CALVO J.C., GREGORY J.D.. Predicting Monthly and Annual Air Temperature Characteristics in North Carolina. *Journal of Applied. Meteorology*, 1994, vol. 33, p. 490-499.

DIAZ A. E STUDZINSKI C.. Rainfall anomalies in the Uruguay-Southern Brazil region related to SST in Pacific and Atlantic oceans using canonical correlation analysis. *VIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, II Congresso Latino-Americano e Ibérico de Meteorologia*, 1994, vol. 2, p. 42-45.

HASTENRATH S., GREISCHAR L.. Further work on the prediction of Northeast Brazil Rainfall Anomalies. . *Journal of Climate*, 1993, v.6, p.743-758.

KIM I.S. NIKULINA S.P. About possible approaches to selection of predictors for long-range meteorological forecasting. *Proc. SANIGMI*, 1992a, vol.143(224), p. 92-97, (em Russo).

KIM, I.S. Um método de previsão da anomalia de temperatura máxima, mínima e média mensal nos estados Rio Grande do Sul e Santa Catarina. X Congresso Brasileiro de Meteorologia e VIII Congresso Latino-Americana e Ibérica de Meteorologia.

SILVA M.E.S., DA SILVA DIAS P.L. Previsão probabilística de precipitação em São Paulo, no verão, baseada em componentes principais. In: *VIII Congresso Brasileiro de Meteorologia*, 1994, vol. 1, p. 515-518.

UVO C.B., REPELLI C.A., ZIBIAK S.E. E KUSHNIR Y.. The Influence of tropical pacific and atlantic SST on northeast Brazil monthly precipitation. In: *VIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, II Congresso Latino-Americano e Ibérico de Meteorologia*, 1994, vol.2, p. 485-491

GUIETTO, M.A.,and G.J. BERRY, 1996: Anomalías Estacionales de los Volúmenes de la Cuenca del Plata en Puerto Bermejo, Posadas y Corrientes y su Relacione con El Niño, *Anais do VII Congresso Argentino de Meteorologia – Buenos Aires /setembro 1996*, 139-140.

CACIK, P., 1995: Relationship Between Climate Variability in the Pacific and Atlantic Oceans and River Flows in the Upper Parana River Basin, *El Niño Impact on Water Resources in Central and South America, and New Methodologies of Practical Use to Seasonal and Interannual Hydrologic Forecasts* (Guillermo J. Berry– IRIP-CR-SF96/1), **1**, 7-9.

FLAMENCO, E., 1995: Prediction of Seasonal Volumes of Mountain Rivers in Argentina Due to Snow Melt., *El Niño Impact on Water Resources in Central and South America, and New Methodologies of Practical Use to Seasonal and Interannual Hydrologic Forecasts* (Guillermo J. Berry– IRIP-CR-SF96/1), **1**, 14-16.

RISSO, A., 1995: Preliminary Study of the Uruguai River Flow Predictions as a Function Sea Surface Temperatures in the Equatorial Pacific and the South Atlantic Oceans, *El Niño Impact on Water Resources in Central and South America, and New Methodologies of Practical Use to Seasonal and Interannual Hydrologic Forecasts* (Guillermo J. Berry– IRIP-CR-SF96/1), **1**, 41-45.

GARCIA, N.O., and W.M. VARGAS, 1998: The Temporal Climatic Variability in the 'Rio de la Plata' Basin Displayed by the River Discharges, *Climatic Change*, **38**, 359-379.