

MODELO DE PREVISÃO DE VAZÕES ATRAVÉS DO “DOWNSCALING” ESTATÍSTICO DE MODELO DE CIRCULAÇÃO ATMOSFÉRICA GLOBAL (ECHAM 4.5)

Diego de Castro Maia Ribeiro¹; Danilo Nogueira de Souza²; Francisco Edson Pinheiro Pessoa³; Mauro César de Brito Sousa⁴; Marcelo Leão Nogueira⁵; Wictor Edney Dajtenko Lemos⁶; Silvano Porto Pereira⁷; Marcos Abílio Medeiros de Sabóia⁸ & Francisco de Assis de Souza Filho⁹

Resumo --- O artigo apresenta um método de previsão de vazões para o sistema de Bacias Jaguaribe-Metropolitana no estado do Ceará (nordeste do Brasil), a partir da previsão da precipitação obtida por modelos de circulação global atmosférica ECHAM 4.5; esta estimativa é realizada a partir da redução de escala (“downscaling”) da previsão do modelo global ECHAM 4.5 para a escala do modelo regional. Os resultados do modelo são comparados com as vazões observadas no período (1968 – 1995). Pode-se afirmar, a partir das análises, que o modelo apresentado neste artigo obteve resultados bastante satisfatórios para a previsão de vazões nos reservatórios estudados, especialmente para o caso do açude Orós.

Abstract --- The paper presents a method for prediction of flows for the Metropolitan Jaguaribe Basins system in the State of Ceará (Northeast of Brazil), from the forecast of precipitation obtained by global atmospheric circulation model ECHAM 4.5, this estimate is based on the reduction of scale ("downscaling") of the forecast of the global model ECHAM 4.5 for the scale of the regional model. The model results are compared with observed streamflows for the period (1968 - 1995). It can be stated from the analysis, the model presented in this paper achieved very satisfactory for the prediction of flow in the reservoirs that were studied, especially for the case of the Orós dam.

Palavras-chave: Modelo de circulação global, Previsão de vazões, Análise de correlação canônica.

¹ Mestrando em Engenharia Civil (Recursos Hídricos) - E-mail: diegocmr@gmail.com

² Doutorando em Engenharia Civil (Recursos Hídricos) - E-mail: danilomaxbr@yahoo.com.br

³ Doutorando em Engenharia Civil (Recursos Hídricos) - E-mail: epessoa2010@yahoo.com.br

⁴ Doutorando em Engenharia Civil (Recursos Hídricos) - E-mail: engmaurocesar@hotmail.com

⁵ Mestrando em Engenharia Civil (Recursos Hídricos) - E-mail: marcyiello@hotmail.com

⁶ Mestrando em Engenharia Civil (Saneamento Ambiental) - E-mail: wictoredney@hotmail.com

⁷ Doutorando em Engenharia Civil (Saneamento Ambiental) - E-mail: silvano@cagece.com.br

⁸ Mestrando em Engenharia Civil (Recursos Hídricos) - E-mail: marcos_abilio@hotmail.com

⁹ Professor do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará (UFC) - E-mail: assis@ufc.br

Universidade Federal do Ceará - UFC, Campus do Pici - Bloco 713 - CEP 60455-900 - Fortaleza – CE

INTRODUÇÃO

O presente artigo tem o objetivo de aplicar a técnica do “Downscaling Estatístico” no modelo de circulação global (ECHAM 4.5) para estimar as vazões do sistema de bacias Jaguaribe - Metropolitana de Fortaleza do Estado do Ceará. Em seguida, comparar os resultados de vazões obtidas com as vazões observadas no período de 1968 a 1995. Essa comparação é feita usando o modelo estatístico de correlações canônicas.

Os registros pluviométricos para do modelo de circulação global (ECHAM 4.5) estão disponíveis desde aproximadamente 1968, e foram obtidos do IRI (The International Research Institute for Climate and Society) da Universidade de Columbia em Nova Iorque.

LOCAL E APLICAÇÃO DOS DADOS

As Bacias do Jaguaribe e Região Metropolitana de Fortaleza (JMF), no Estado do Ceará, se encontram integradas através do Canal do Trabalhador e do recém concluído Eixo de Integração, o qual transporta água do Açude Castanhão para a região Metropolitana de Fortaleza. É na região Metropolitana que se concentra a grande maioria das Indústrias e mais de 42% da população do Estado. Por sua vez, é na região do Baixo e Médio Jaguaribe, contígua à região Metropolitana, que se localiza a principal área de irrigação do estado. Esses dados justificam a escolha da área adotada no estudo, qual é aquela que concentra a maior demanda de água para irrigação, consumo humano e industrial do Ceará. Dos seis açudes (ver Tabela 1) que integram o estudo, três deles se situam na Região Metropolitana de Fortaleza (Pacajus, Pacoti-Riachão e Gavião), enquanto os outros três se situam na Bacia do Jaguaribe (Orós, Banabuiu e Pedra Branca). Os açudes Orós, Banabuiu, Pedra Branca e Pacajus têm suas bacias inseridas no semi-árido do Estado, enquanto Pacoti- Riachão e Gavião são influenciadas pelas chuvas orográficas da serra de Baturité. Os registros de chuva nas bacias envolvidas e as vazões em alguns dos açudes considerados se encontram disponíveis desde o início do século passado.

Os dados de vazões dos açudes considerados foram obtidos do Plano de Bacia Hidrográficas da Companhia de Gestão de Recursos Hídricos-COGERH (COGERH,2000_a; COGERH,2000_b) do Estado do Ceará.

Tabela 1: Dados Básicos e Estatísticos da afluência anual aos reservatórios (m³/s) baseados nos dados de 1913-1990

Reservatório	<i>Oros</i>	<i>Banabuiu</i>	<i>Pedras Branca</i>	<i>Pacajus</i>	<i>Pacoti Riachao</i>	<i>Gaviao</i>
Rio	Jaguaribe	Banabuiú	Sitiá	Choró	Pacoti-Riachão	Cocó
Area da Bacia(km ²)	24563	14931	1787	4060	1108	95
Armazenamento (hm ³)	1956	1800	434	148	420	54
1 st Quartil	6.9	4.5	0.7	2.9	2.8	0.4
Mediana	18.5	15.1	2.1	17.3	7.1	0.8
3 rd Quartil	37.2	34.3	5.9	32.7	12.0	1.5
Média	30.0	26.6	5.2	24.6	8.5	1.2
Desvio Padrão	37.8	31.8	8.0	29.5	7.8	1.1
Covariância	1.3	1.2	1.5	1.2	0.9	0.9

A área de aplicação do modelo ECHAM 4.5 para a obtenção dos dados pluviométricos ficou restrita a região nordeste do Brasil (30,94°O a 46,00°O e 1,40°N a 14,00°S), sendo aplicado um filtro para selecionar apenas os dados referentes a estação chuvosa de Janeiro até Maio de cada ano.

METODOLOGIAS APLICADAS

A metodologia consiste na aplicação sobre um modelo de circulação global da atmosfera (ECHAM4.5) de “Downscaling” estatístico utilizando a técnica da análise de correlação canônica. Descreve-se em seguida o modelo de circulação global e a metodologia de regionalização.

Modelo de Circulação Global (ECHAM 4.5)

O modelo numérico utilizado ao longo deste trabalho é um avanço da quarta geração de modelo de circulação geral atmosférica (ECHAM4) desenvolvido pelo Instituto Max Planck de Meteorologia (MPI), em Hamburgo. O modelo tem evoluído a partir do modelo de predição espectral meteorológicas do Centre for Medium Range Weather Forecasts (ECMWF). O modelo atmosférico é resolvido na vertical por 19 camadas da superfície até o nível de pressão de 10 hPa. Também contem um conjunto de parametrizações para processos dinâmicos e físicos, incluindo radiação, convecção do cumulus, difusão vertical e fluxos de superfície, parâmetros de superfície tais como albedo, rugosidade, tipo de vegetação, índice de área foliar e parâmetros de solo tais como, capacidade de armazenamento de água e condutividade térmica.

Através do site IRI (International Research Institute for Climate and Society) é obtida a previsão de variáveis atmosféricas pelo modelo de circulação global ECHAM 4.5, do Instituto Max Plack, para a aplicação do “downscaling”. As saídas desse modelo global são utilizadas para inicializar o modelo de previsão de vazões.

Modelo estatístico de análise de correlações canônicas

A análise de correlação canônica pode ser entendida como uma extensão da regressão múltipla, onde uma variável é explicada por uma combinação linear de outras variáveis. A análise tem como objetivo principal explicar a relação entre conjuntos de variáveis encontrando um número resumido de combinações lineares, para cada um dos conjuntos de variáveis, de modo a maximizar as correlações possíveis entre os grupos. Na correlação canônica não existe a distinção entre variável independente e dependente, existem apenas dois conjuntos de variáveis em que se busca a máxima correlação entre ambos.

O cálculo e interpretação de uma correlação canônica podem ser resumidos em alguns passos, são eles: especificação dos objetivos da análise, teste das hipóteses da correlação, estimativa do modelo e cálculo do poder de explicação, interpretação dos resultados, e validação do modelo.

As análises de correlações canônicas foram estimadas como medida de associação conforme considerações gerais de MINGOTI(2005), no qual têm-se dois grupos de variáveis, X e Y, definidos como sendo:

$X' = [x_1 \ x_2 \ \dots \ x_p]$ é o vetor de medidas de p elementos que constituem as precipitações obtidas pelo modelo ECHAM 4.5, e

$Y' = [y_1 \ y_2 \ \dots \ y_p]$ é o vetor de medidas de q elementos que constituem as vazões dos reservatórios analisados.

O problema consiste em estimar a máxima correlação entre combinações lineares de elementos das precipitações e das vazões, bem como estimar os respectivos coeficientes de ponderação dos elementos em cada combinação linear. Sendo X_1 e Y_1 uma das combinações lineares dos elementos pertencentes as precipitações e vazões, respectivamente, tem-se que:

$$X_1 = a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_px_p \quad (1)$$

$$Y_1 = b_1y_1 + b_2y_2 + \dots + b_qy_q \quad (2)$$

em que:

$a' = [a_1 \ a_2 \ \dots \ a_p]$ é o vetor $\mathbf{1 \times p}$ de pesos dos elementos das precipitações; e

$b' = [b_1 \ b_2 \ \dots \ b_q]$ é o vetor $\mathbf{1 \times q}$ de pesos dos elementos das vazões. Deste modo, será definida a primeira correlação canônica como aquela que maximiza a relação entre X_1 e Y_1 . As funções X_1 e Y_1 constituem o primeiro par canônico associado àquela correlação canônica que é expressa por:

$$r_1 = \frac{C\hat{o}v(X_1, Y_1)}{\sqrt{\hat{V}(X_1) \cdot \hat{V}(Y_1)}} \quad (3)$$

assim, verifica-se que:

$$C\hat{o}v(X_1, Y_1) = a' S_{12} b; \quad (4)$$

$$\hat{V}(X_1) = a' S_{11} a; \quad (5)$$

$$\hat{V}(Y_1) = b' S_{22} b. \quad (6)$$

Deste modo:

S_{11} é a matriz $p \times p$ de covariâncias entre os elementos das precipitações;

S_{22} é a matriz $q \times q$ de covariâncias entre os elementos das vazões;

S_{12} é a matriz $p \times q$ de covariâncias entre os elementos das precipitações e das vazões.

Para os casos em que se utilizam variáveis padronizadas, têm-se $S_{11}=R_{11}$, $S_{22}=R_{22}$ e $S_{12}=R_{12}$ em que R representa uma matriz de correlações.

Sendo que R corresponde a matriz de correlação dos dois grupos de variáveis (precipitações e vazões), correspondente a:

$$R = \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} \\ R_{21} & R_{22} \end{bmatrix}, \text{ sendo } R_{21} = R_{12} \quad (7)$$

A estimativa dos vetores a e b é obtida pela maximização da função r , sujeita à restrição de que $a'R_{11}a = b'R_{22}b = 1$. Essas restrições são necessárias para prover estimadores únicos de a e b e indicam que cada combinação linear tem variância igual a 1 (MINGOTI, 2005).

O primeiro passo é a determinação dos autovalores (λ) das equações características:

$$|R_{11}^{-1}R_{12}R_{22}^{-1}R_{21} - \lambda I| = 0 \quad (8)$$

$$|R_{22}^{-1}R_{21}R_{11}^{-1}R_{12} - \lambda I| = 0; \quad (9)$$

a seguir, procede-se o cálculo dos seus respectivos autovetores associados (a e b). Os autovalores podem ser estimados através de duas equações características distintas, a partir de duas matrizes diferentes, uma de ordem p e outra de ordem q . No caso em que $p = q$ e as variáveis X_1, X_2, \dots, X_p , bem como as variáveis Y_1, Y_2, \dots, Y_q são linearmente independentes, então, existirão $p = q$ autovalores não nulos e $p = q$ pares canônicos. Entretanto, se, por exemplo, $p < q$, existirão $p - q$ autovalores nulos da matriz $R_{22}^{-1}R_{21}R_{11}^{-1}R_{12}$ e apenas p pares canônicos.

Sendo assim, o sistema de equações lineares é dado por:

$$(R_{11}^{-1}R_{12}R_{22}^{-1}R_{21} - \lambda I) = \theta \quad (10)$$

$$(R_{22}^{-1}R_{21}R_{11}^{-1}R_{12} - \lambda I) = \theta; \quad (11)$$

Assim, tem-se que: (1) a primeira correlação canônica (r_1) entre a combinação linear das características das precipitações e vazões é dada por: $r = (\lambda_1)^{0,5}$ em que λ_1 é o maior autovalor da matriz $R_{11}^{-1}R_{12}R_{22}^{-1}R_{21}$, que é quadrada e, em geral, não simétrica de ordem p ; (2) o primeiro fator canônico é dado por $X_1 = a' X$ e $Y_1 = b' Y$ em que: a é o autovetor associado ao primeiro autovalor

de $R_{11}^{-1}R_{12}R_{22}^{-1}R_{21}$ e b é o autovetor associado ao primeiro autovalor de $R_{22}^{-1}R_{21}R_{11}^{-1}R_{12}$; e (3) as demais correlações e fatores canônicos são estimados utilizando-se os autovalores e os autovetores das expressões descritas, de ordem correspondente a p ou q -ésima correlação estimada.

Também foram realizadas análises de correlações canônicas para verificar as associações existentes entre as precipitações obtidas pelo modelo ECHAM 4.5 e as vazões observadas para os seis reservatórios. Todas as análises foram feitas utilizando-se o programa CPT (Climate Predictability Tool) desenvolvido pelo *International Research Institute for Climate and Society* da Universidade de Columbia (<http://iri.columbia.edu>).

RESULTADOS PRELIMINARES

Na previsão do modelo para anos tidos como “chuvosos”, considerou-se como acerto tanto os anos realmente chuvosos como os anos normais. Isso, aparentemente, poderia ser tomado como um possível erro de previsão, porém quando o modelo prevê um ano “chuvoso” e este é, na verdade, “normal”, tem-se a probabilidade de se obter um ano com vazões, pelo menos, dentro da média. Isso já representaria um ganho, pois para previsões de anos “chuvosos”, poderia se esperar, pelo menos, um ano “normal”.

A mesma consideração foi feita para os anos previstos como “normais” pelo modelo. Quando o modelo prevê anos “normais” e estes, de fato, ficam dentro da média, tem-se o resultado esperado. Porém, se este ano for, na verdade, “chuvoso”; isso representa um ganho. Ou seja, há a probabilidade de se ter um ano com vazões acima da média.

As figuras abaixo representam a área de abrangência do estudo.

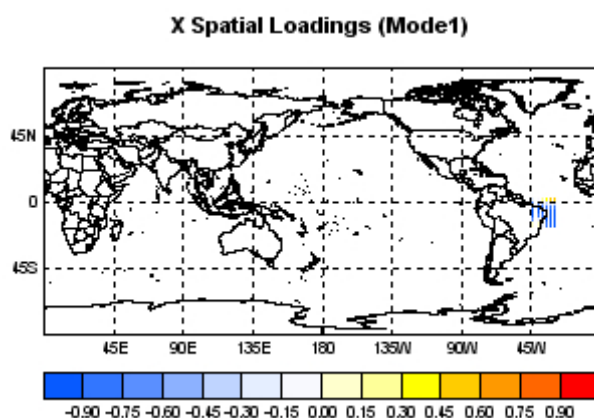


Figura 1: Mapa do globo

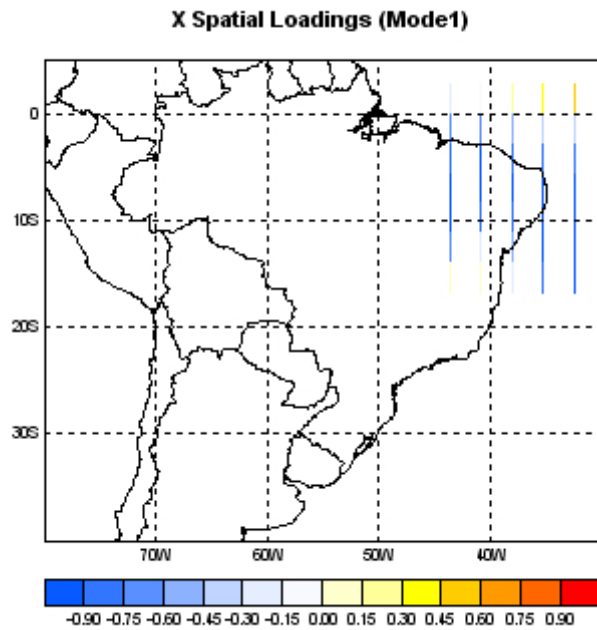


Figura 2: Mapa do Brasil mostrando, em tracejado, a área abrangida pelo estudo: Nordeste.

A seguir, serão discutidos os resultados de previsão do modelo para as vazões nos 6 açudes estudados.

Reservatório Orós

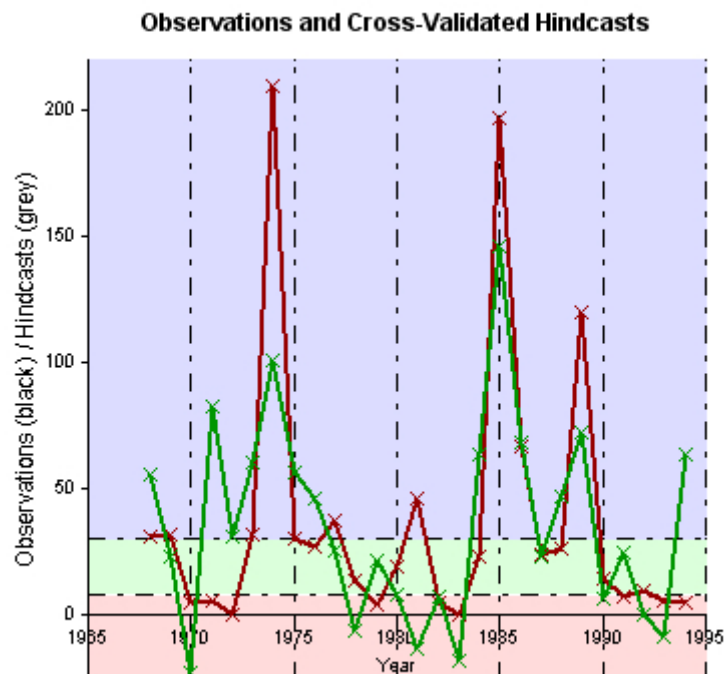


Figura 3: Comparação entre os valores das vazões observadas (vermelho) e simuladas (verde) para o açude Orós.

Analisando a Figura 3, pode-se observar que as vazões geradas pelo Modelo de Circulação Global apresentaram uma tendência muito semelhante à tendência das vazões observadas. Tal fato é confirmado ao examinar a Tabela 2. Nesta tabela, nota-se que dos 13 anos previstos como “chuvosos” pelo modelo, apenas 3 foram, na verdade, “secos” e dos 6 anos previstos como “normais” pelo modelo, apenas 2 foram, de fato, “secos”. Já para os 8 anos previstos como “secos” pelo modelo, apenas 4 foram realmente “secos”.

Tabela 2: Tabela de contingência para o açude Orós.

		Previsto			Total
		Seco	Normal	Chuvoso	
Observado	Chuvoso	1	2	6	9
	Normal	3	2	4	9
	Seco	4	2	3	9
Total		8	6	13	27

Como o grau de acerto do modelo para eventos classificados como “chuvosos” e “normais” foi de 77% e 66%, respectivamente, e de 50% para o caso de eventos “secos”, conclui-se que, para o açude Orós, tem-se uma confiabilidade maior de previsão por parte do modelo para os eventos ditos “chuvosos” ou “normais”.

Reservatório Pacajus

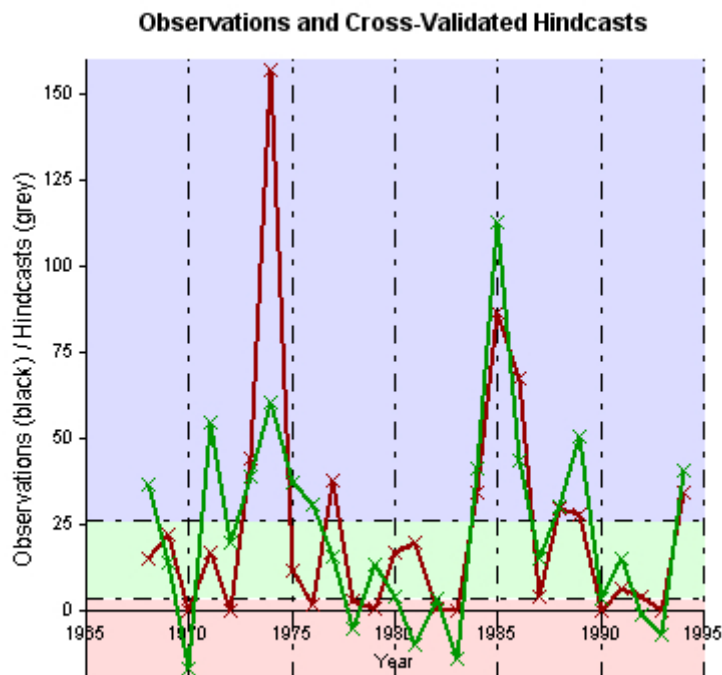


Figura 4: Comparação entre os valores das vazões observadas (vermelho) e simuladas (verde) para o açude Pacajus.

Analisando a Figura 4, observa-se as vazões geradas pelo Modelo de Circulação Global com uma tendência muito semelhante a das vazões observadas. Na Tabela 3, vê-se que dos 12 anos previstos pelo modelo como sendo “chuvosos”, apenas 1 foi “seco” e dos 7 anos previstos como “normais”, somente 2 foram “secos”. Dos 8 anos previstos como sendo “secos” pelo modelo, 6 foram, de fato, “secos”.

Tabela 3: Tabela de contingência para o açude Pacajus.

		Previsto			Total
		Seco	Normal	Chuvoso	
Observado	Chuvoso	0	1	8	9
	Normal	2	4	3	9
	Seco	6	2	1	9
Total		8	7	12	27

O grau de acerto do modelo para os casos “chuvoso” e “normal” foi de 92% e 71%, respectivamente, e de 75% para o caso de eventos classificados como “secos”. Assim, pode-se

concluir que, para o açude Pacajus, o Modelo tem grande confiabilidade para a previsão de vazões em todos os tipos de eventos, principalmente para os “chuvosos”.

Reservatórios Pacoti-Riachão e Gavião

Como esses dois reservatórios fazem parte de um mesmo sistema, convém analisá-los conjuntamente.

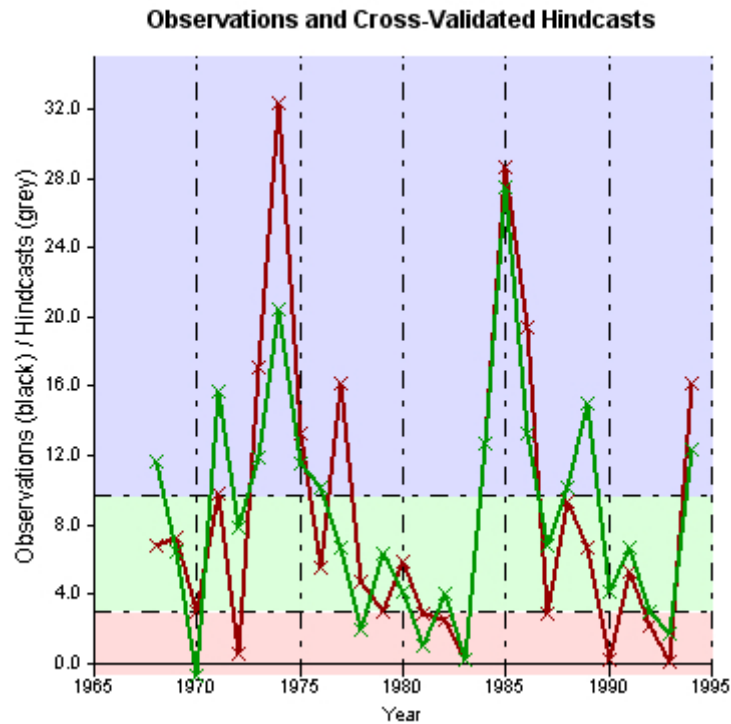


Figura 5: Comparação entre os valores das vazões observadas (vermelho) e simuladas (verde) para o açude Pacoti-Riachão.

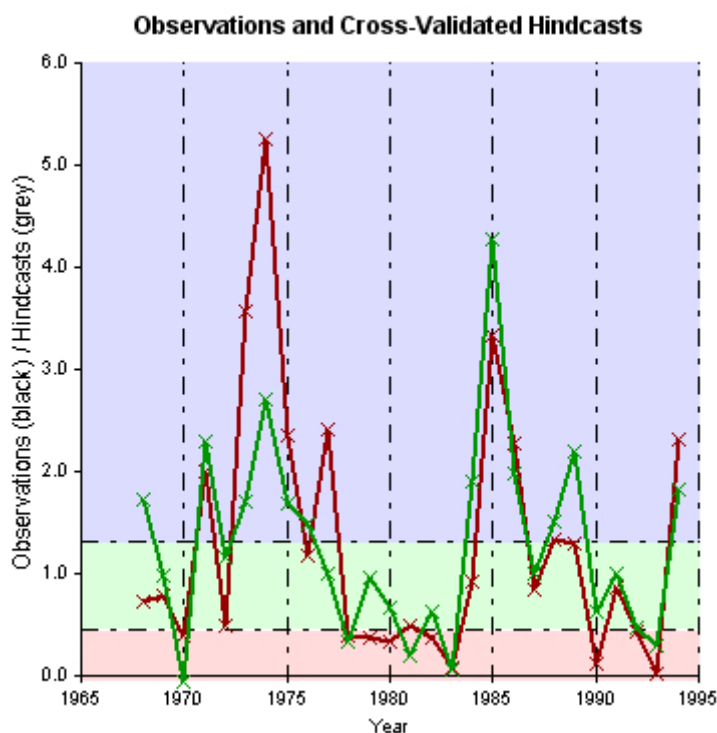


Figura 6: Comparação entre os valores das vazões observadas (vermelho) e simuladas (verde) para o açude Gavião.

As Figuras 5 e 6 mostram não só um bom ajuste da previsão do Modelo às vazões observadas, mas também, uma tendência de comportamento praticamente idêntica para os dois açudes. Observando-se a Tabela 4, vê-se que dos 12 anos tidos como “chuvosos” pelo modelo, 8 foram “chuvosos” e 4 foram “normais”. Dos 10 anos previstos como “normais”, 3 foram, de fato, “normais”, 1 foi “chuvoso” e 6 “secos”. Já para os 5 anos previstos como “secos” pelo modelo, 3 foram realmente “secos” e 2 “normais”.

Tabela 4: Tabela de contingência para o açude Pacoti-Riachão.

		Previsto			Total
		Seco	Normal	Chuvoso	
Observado	Chuvoso	0	1	8	9
	Normal	2	3	4	9
	Seco	3	6	0	9
Total		5	10	12	27

Tabela 5: Tabela de contingência para o açude Gavião.

		Previsto			Total
		Seco	Normal	Chuvoso	
Observado	Chuvoso	0	1	8	9
	Normal	1	4	4	9
	Seco	5	4	0	9
Total		6	9	12	27

O percentual de acertos do modelo para eventos classificados como “chuvosos” e “normais” foi de 100% e 40%, respectivamente, e de 60% para os casos de eventos “secos”. Conclui-se, portanto, que no caso do açude Pacoti-Riachão tem-se uma confiabilidade quase total de previsão por parte do modelo para os eventos ditos “chuvosos” e uma razoável confiabilidade para a previsão de vazões nos anos tidos como “secos”.

Na Tabela 5, dos 12 anos tidos como “chuvosos” pelo modelo, 8 foram “chuvosos” e 4, “normais”. Dos 9 anos previstos como “normais”, 4 foram, de fato, “normais”, 1 foi “chuvoso” e 4 foram anos “secos”. Já para os 6 anos previstos como sendo “secos” pelo modelo, 5 foram, de fato, “secos” e 1 foi “normal”.

O percentual de acertos do modelo para eventos classificados como “chuvosos” e “normais” foi de 100% e 55%, respectivamente, e de 83% para o caso de eventos “secos”. Conclui-se, assim, que no caso do açude Gavião tem-se uma confiabilidade quase total de previsão por parte do modelo para os eventos ditos “chuvosos” e para as vazões em anos “secos”.

O comportamento das confiabilidades para os açudes Pacoti-Riachão e Gavião, nos casos “chuvoso”, “normal” e “seco”; seria esperada, pois se tratam de componentes de um sistema integrado de reservatórios.

Reservatórios Banabuiú e Pedra Branca

Esses dois açudes fazem parte de uma mesma bacia e estão submetidos às mesmas características climáticas. Assim, é indispensável a análise conjunta de ambos.

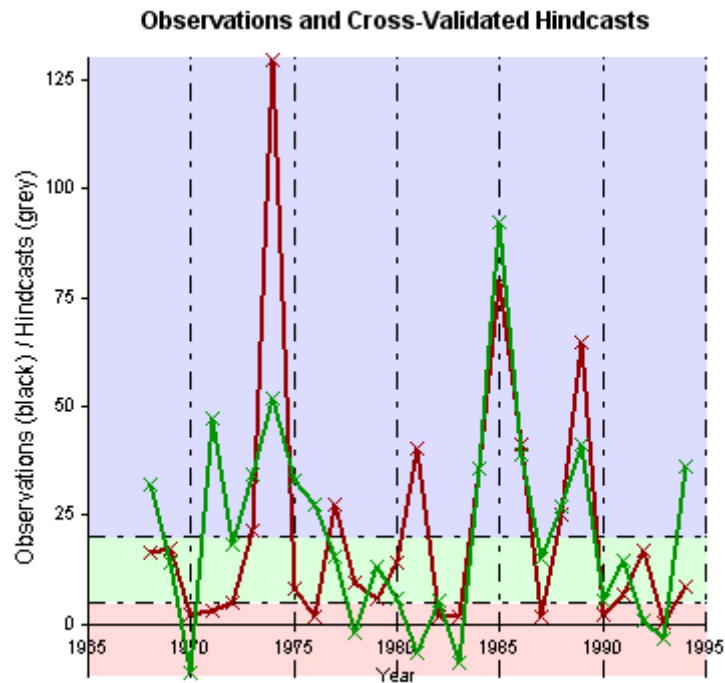


Figura 7: Comparação entre os valores das vazões observadas (vermelho) e simuladas (verde) para o açude Banabuiú.

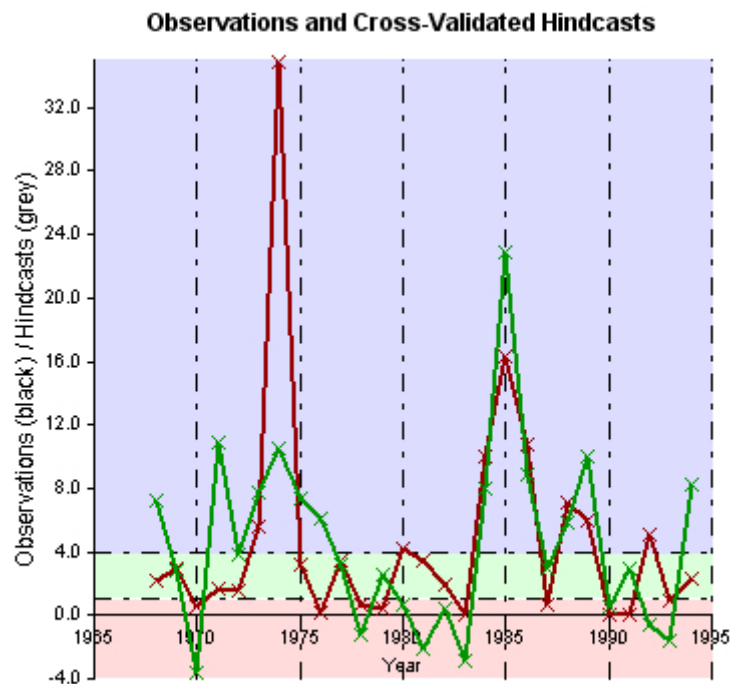


Figura 8: Comparação entre os valores das vazões observadas (vermelho) e simuladas (verde) para o açude Pedra Branca.

As Figuras 7 e 8 mostram, praticamente, uma coincidência de comportamento do Banabuiú e do Pedra Branca em relação ao Modelo Global de previsão de vazões. Na Tabela 6, vê-se que dos 12 anos tidos como “chuvosos” pelo modelo, 7 foram “chuvosos” e 3 “normais”. Dos 7 anos previstos como “normais”, 4 foram, de fato, “normais”, 1 foi “chuvoso” e 2 “secos”. Já para os 8 anos previstos como “secos” pelo modelo, 5 foram, realmente, “secos” e 2 “normais”.

Tabela 6: Tabela de contingência para o açude Banabuiú.

		Previsto			Total
		Seco	Normal	Chuvoso	
Observado	Chuvoso	1	1	7	9
	Normal	2	4	3	9
	Seco	5	2	2	9
Total		8	7	12	27

Tabela 7: Tabela de contingência para o açude Pedra Branca.

		Previsto			Total
		Seco	Normal	Chuvoso	
Observado	Chuvoso	2	0	7	9
	Normal	2	3	4	9
	Seco	5	3	1	9
Total		9	6	12	27

O percentual de acertos do modelo para eventos classificados como “chuvosos” e “normais” foi de 83% e 71%, respectivamente, e de 63% para o caso de eventos “secos”. Conclui-se, portanto, que no caso do açude Banabuiú tem-se uma grande confiabilidade para a previsão de vazões por parte do modelo para os eventos ditos “chuvosos” e para os ditos “normais”. Sendo razoável a confiabilidade para a previsão de vazões em anos ditos “secos”.

Na Tabela 7, dos 12 anos tidos como “chuvosos” pelo modelo, 7 foram “chuvosos” e 4, “normais”. Dos 6 anos previstos como “normais”, 3 foram, realmente, “normais” e 3 foram os anos realmente “secos”. Já para os 9 anos previstos como “secos” pelo modelo, 5 foram, de fato, “secos” e 2 foram os anos “normais”.

O percentual de acertos do modelo para eventos classificados como “chuvosos” e “normais” foi de 91% e 50%, respectivamente, e de 56% para o caso de eventos “secos”. Conclui-se, desse modo, que, no caso do açude Pedra Branca, tem-se uma confiabilidade maior na previsão do modelo para os eventos ditos “chuvosos”. Sendo, apenas, razoável a confiabilidade para a previsão de vazões em anos “secos”. O resultado das previsões do modelo para anos “normais” é duvidoso.

CONCLUSÕES

Pode-se afirmar, a partir das análises, que o Modelo de Circulação Global ECHAM 4.5 apresenta resultados bastante satisfatórios para a previsão de vazões nos reservatórios estudados.

No caso do açude Orós, são mais confiáveis as previsões do modelo que apontam anos “chuvosos” e “normais”.

Para o Pacajus, são confiáveis as previsões de anos “chuvosos”, “normais” e “secos”. Já para o sistema Pacoti-Riachão-Gavião, recomenda-se o uso do modelo para previsões de vazões em eventos “chuvosos” e “secos”.

No caso do açude Banabuiú, é recomendada a utilização do modelo para previsões em anos “chuvosos” e “normais”. Já para o açude Pedra Branca, a utilização do Modelo ECHAM 4.5 é muito confiável somente para o caso de previsão de vazões em anos “chuvosos”, sendo os demais resultados apenas razoáveis para anos “secos” e não-confiáveis para anos “normais”.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq), a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento aos estudos que deram origem a este trabalho.

BIBLIOGRAFIA

ALVES, J. M. B. *et al.* “Uma Avaliação Preliminar De Simulações Climáticas De Um Modelo Regional Espectral Aninhado Em Um Modelo Global (Echam4.5) Sobre O Setor Norte Da Região Nordeste Do Brasil (1971-2000)”. Revista Brasileira de Meteorologia, v.18, n.2, 161-180, 2003

COGERH. “Plano de Bacia Hidrográficas da Companhia de Gestão de Recursos Hídricos do Estado do Ceará”, 2000

MINGOTI, S. A. “Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada”. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005. 295p.

SILVA, J. W. , SOARES, L., FERREIRA, P. V., SILVA, P. P., SILVA, M. J. C. “Correlações canônicas de características agroindustriais em cana-de-açúcar”. Revista Acta Scientiarum. Agronomy - Maringá, v. 29, n. 3, p. 345-349, 2007

SOUZA FILHO, F. A., LALL, U. “*Modelo de previsão de vazões sazonais e interanuais*”. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 2003