

MODELOS ESTOCÁSTICOS DE PREVISÃO CLIMÁTICA REGIONAL DA CHUVA NO CEARÁ - NE DO BRASIL: 1964-2001

Teresinha de Ma. B. S. XAVIER^{1,3}, Airton F. S. XAVIER^{2,3},
Pedro L. da SILVA DIAS⁴ & Ma. Assunção F. da SILVA DIAS⁴

1. INTRODUÇÃO

Trata-se, aqui, da operacionalização de "modelos estocásticos" para prever a chuva nas regiões pluviometricamente homogêneas do Ceará. Os fundamentos para esta pesquisa estão detalhados em XAVIER et al. (2000-a), com referências a artigos anteriores, além de incorporar os prognósticos para 1997-99, em comparação às alturas de chuva observadas na "quadra chuvosa" que, no Ceará, corresponde climatologicamente ao quadrimestre fev.-maio, exceto no Cariri que é jan.-abril. No presente trabalho as previsões são estendidas até 2001. São também considerados "desvios" ou "erros" de ajuste ("fitting") e previsão ("forecasting"), desde 1964. O modelo foi testado na "Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos" - FUNCEME - SRH, no âmbito do projeto "TEMPO DE CHUVA" = "Técnicas Estocásticas de Modelagem para Previsão DE CHUVA".

Para a previsão são levadas em conta as etapas : a) Previsão Precoce, com os dados até nov.-dez., donde ser possível sua divulgação na 1ª quinzena de Janeiro (desde 1999 também empreendeu-se um experimento de previsão ainda mais precoce, com os dados até novembro, embora seus resultados devam ser olhados com reservas); b) Previsão com dados até janeiro, a efetivar-se na 1ª quinzena de Fevereiro, já considerada mais confiável; c) Confirmação da Previsão, com dados até fevereiro; a partir daí tem-se : d) a Monitoração da Chuva, para fins de avaliação e controle das previsões.

Tratando-se de um modelo regionalizado, daí se segue sua aplicabilidade à agropecuária e, em geral, ao setor produtivo. Além disso, as previsões consistem de "intervalos de confiança de 95%", cujos limites inferior e superior podem ser traduzidos em termos de "categorias" da chuva para cada região, ou seja, MUITO SECO (MS), SECO (S), NORMAL (N), CHUVOSO (C) e MUITO CHUVOSO (MC). O modelo também se aplica à chuva nas bacias hidrográficas no Estado, com evidente interesse respeito a projetos governamentais na interligação de bacias.

2. DADOS E METODOLOGIA

Seleção dos Preditores

Para seleção dos preditores (covariáveis preditivas) fica em jogo o conhecimento acumulado e/ou disponível na bibliografia, sobre os vários fatores e/ou sistemas responsáveis por chuvas no NE setentrional e, em particular, no Ceará. Ademais os autores fizeram estudos específicos para quantificar as relações prevalentes entre os vários fatores geofísicos (oceânicos, atmosféricos, etc.) e a chuva no Ceará, incluindo o papel da ZCIT-Zona de Convergência Intertropical; ver XAVIER & XAVIER (1998-a), XAVIER et al. (1998), XAVIER et al. (2000-b).

¹ FUNCAP/FUNCEME; Profa. apos. do Centro de Tecnologia e do Curso de Mestrado em Enga. de Recursos Hídricos - UFC; E-mail txavier@secrel.com.br

² Prof. Visitante da UECE e do Curso de Mestrado em Computação Profissionalizante UECE/CEFET

³ da ACECI-Academia Cearense de Ciências

⁴ Profs. do Depto. de Ciências Atmosféricas - IAG - USP

Fontes dos Dados Geofísicos

Os dados para a TSM (temperatura da superfície do mar) e a Pseudo-Tensão do Vento no Atlântico são cedidos pelo Dr. Jacques Servain, do IRD - *Centre de Bretagne* - França. Os arquivos, desde jan./64, referem-se às médias mensais e anomalias da TSM e também das componentes meridional e zonal da pseudo-tensão do vento, de 2 em 2 graus, entre 30° N e 20° S ; "médias" em cada mês e ano, são calculadas para as áreas A e B (no Atlântico Sul, junto à costa do Nordeste e África, resp.), C e D (ao norte, vizinhas à América do Sul e África, resp.) e G (Golfo da Guiné), e as sub-áreas respectivas A1,A2,B1,B2, etc. As anomalias da TSM no Pacífico equatorial nas clássicas áreas NIÑO e o Índice de Oscilação Sul, estão disponíveis "on-line", no *CPC Data* (Climate Prediction Center) / USA.

Dados Regionais da Chuva no Ceará

Todos os dados de chuva referem-se às regiões do Ceará, pluviometricamente homogêneas, modificação da regionalização antes usada pela FUNCEME e hoje já disponível em sua "home-page": **1]** LITORAL 1 = Lit. Norte; **2]** LITORAL2, compreendendo postos entre Trairi e Pecém; **3]** LITORAL 3, com postos de Caucaia a Beberibe, cobrindo a RMF; **4]** Mac. de BATURITÉ; **5]** Reg. da IBIAPABA; **6]** Reg. JAGUARIBANA, desde o litoral de Aracati e depois se aprofundando até à altura de Icó; **7]** CARIRI cearense; **8]** Reg. do SERTÃO CENTRAL+ INHAMUNS.

Para a pluviometria, as observações básicas são de postos controlados pela FUNCEME, alguns iniciando em 1974, mas outros muito depois, além de ocorrerem falhas. Uma solução foi construir séries "híbridas" mais longas, colando séries de postos controlados pela FUNCEME com séries de iguais localizações (em long. e lat.) da SUDENE. Foi então possível construir séries para todo o período a partir de 1964 até hoje, com respeito a 93 (noventa e três) postos pluviométricos, cobrindo todo o Ceará; trabalho feito especificamente para fins do projeto TEMPO de CHUVA; ver XAVIER & XAVIER (1999 / 1998-b).

Monitoração da Chuva através dos Quantis

Ao analisar os resultados da previsão, é conveniente expressá-los nas "categorias" ou "classes" MUITO SECO (MS) a MUITO CHUVOSO (MC), empregando os "quantis" de cada série pluviométrica, para as ordens quantílicas 15%, 35%, 65% e 85%. O quantil de 50 % é a mediana. Para os cálculos, a referência é 1964-96. Uma exposição sobre aspectos teóricos e metodológicos, a este respeito, estão em : XAVIER & XAVIER (1999 / 1998-b, op. cit.), por sua vez remetendo a artigos anteriores.

Metodologia para os Modelos de Previsão

Limita-se, aqui, ao emprego da Regressão Linear Múltipla, "passo-a-passo" ("stepwise"). Na montagem dos modelos ocorreu a restrição de trabalhar com os dados da chuva e respectivas covariáveis só até 1993, *período de ajuste dos modelos* ou *de treinamento*; utilizando-se então os modelos para as previsões nos anos seguintes, 94, ...,97,98,... e comparando as previsões com os valores efetivamente observados.

Detalhes sobre o projeto "TEMPO DE CHUVA" podem ser consultados em XAVIER & et al. (2000-a, op. cit.), que remete a trabalhos anteriores dos autores, bem como, a referências para artigos de diversos pesquisadores sobre a previsão climática e questões ligadas às interações oceano-atmosfera..

3. RESULTADOS E ANÁLISES DAS PREVISÕES

Previsões para as "Quadras Chuvosas" de 1997-99

As previsões feitas para as diversas regiões do Ceará na "quadra chuvosa" fev.-mai. (jan.-abr. para o Cariri) no que se refere à etapa de "Confirmação da Previsão", estão em XAVIER et al. (2000-a, op. cit.). Note-se que previsões nas etapas anteriores, inclusive em fases denominadas "precoces", também foram predominantemente corretas.

Previsões da "Quadra Chuvosa" de 2000

As previsões para 2000 (bem como as anteriores de 1997-99) foram apresentadas à FUNCEME, estando documentadas nos relatórios respectivos.

Com respeito às previsões para 2000 nas diversas regiões, pode-se ainda recorrer a XAVIER et al. (2000-c), conforme artigo apresentado no XI CBMET-Rio de Janeiro, aliás, único trabalho premiado na área de previsão climática, no contexto do "Comitê de Previsão do Tempo e do Clima". Com efeito, na maioria das regiões, os valores observados da precipitação durante a "quadra chuvosa" caíram dentro dos intervalos de confiança de 95 % determinados "a priori"; assim, uma previsão praticamente estabelecida ainda no início da quadra e antes do clímax das chuvas que, em geral, ocorre de março a abril. Além disso, previsões "precoces" e aquelas empreendidas com os dados das covariáveis preditoras até jan./99, também conduziram a resultados não se afastando muito dos valores observados da chuva.

Previsões para 2001

Os resultados das previsões para 2001 indicam valores predominantemente dentro da categoria NORMAL, para as chuvas nas várias regiões, porém em geral com valores abaixo dos previstos (e observados) no ano anterior. Para algumas regiões o limite inferior invade, não obstante, a faixa de valores na categoria SECO.

Os Modelos de Previsão

Nas várias etapas da previsão ensaiaram-se diversos "modelos" inclusive os chamados "substitutos", no caso da eventual indisponibilidade de dados de algumas das covariáveis. Na última etapa da previsão (ou de "confirmação da previsão") o modelo básico é aquele definido pela equação apresentada em XAVIER et al. (2000-a, 2000-c).

Um resultado animador consiste que em cada uma das equações obtidas, os sinais algébricos para os coeficientes foram sempre compatíveis com os papéis exercidos pelas covariáveis respectivas, de acordo com a literatura especializada, bem como, o que é ainda mais significativo, atendendo às interpretações físicas,

Erros de Ajuste e de Previsão

Sobre as ocorrências de "desvios" nos ajustes (para o período 1964-93) e nas previsões (entre 1994 a 1999), com respeito aos valores observados, é essencial seu estudo, no sentido de conduzir a futuros aprimoramentos no modelo

estocástico de previsão. Tais "desvios" são usuais no contexto dos modelos. Mas, somente se apreciáveis, é que devem considerar-se como erros de previsão, propriamente ditos. Para maiores detalhes, ver XAVIER et al (2000-a, op. cit.) .

4. CONCLUSÕES

Todos os modelos, numéricos ou estocásticos, hoje operacionalizados nos vários centros internacionais de previsão climática, são "experimentais". Assim, o UKMO (Inglaterra) assinala : "these forecasts are experimental and should be used with caution". Nossos resultados não fogem a essa regra, embora os testes nas últimas quadras chuvosas, 1997-2000, terem conduzido a resultados promissores.

Cabe salientar que, para 2001, a situação é delicada para a previsão, pois é "ano de transição" (com LA NIÑA fraca) que, conforme estudo nosso, em andamento, levou no passado a resultados muito variados, no Nordeste setentrional e no Ceará. Ademais, conforme o mesmo estudo, em muitas regiões, em anos de LA NIÑA, podem ocorrer "veranicos" mais prolongados, especialmente em janeiro e fevereiro.

De fato, as previsões devem ser cruzadas com informes sobre a climatologia da chuva nas várias regiões, em função dos estados do Pacífico e Atlântico, assunto que também já estamos investigando, conforme resultados preliminares mostrados no XI CBMET.

5. REFERÊNCIAS

- XAVIER, T. de Ma. B.S. & XAVIER, A.F.S (1998-a), Análise do Papel das Temperaturas Oceânicas no Atlântico e Pacífico e Outras Covariáveis, na Chuva do Ceará, **Anais do X CBMET e VIII Congresso da FLISMET**, Brasília, Outubro de 1998 (em CD-ROM)
- XAVIER, T. de Ma. B.S., XAVIER, A.F.S., SILVA DIAS, P.L. da & SILVA DIAS, M.A.F da (1998), Papel da Componente Meridional do Vento na Costa do Nordeste do Brasil para a Previsão da Chuva no Estado do Ceará (1964-97), **Rev. Brasileira de Recursos Hídricos**, Vol.3, N.4, Outubro 1998, pp. 121-139.
- XAVIER, T. de Ma. B.S. & XAVIER, A.F.S (1999), Caracterização de Períodos Secos ou Excessivamente Chuvosos no Estado do Ceará Através da Técnica dos Quantis : 1964-1998, **Rev. Brasileira de Meteorologia**, v14, N.2, p63-78 [ver também **Cadernos Atena**, 30 de julho de 1998-b, N.8A, Fortaleza-Ceará, p1-33].
- XAVIER, T. de Ma. B. S., XAVIER, A. F. S., SILVA DIAS, P.L. da & SILVA DIAS, M.A.F. da (2000-a), Previsão Regional da Chuva para o Estado do Ceará Através do Projeto "TEMPO DE CHUVA": 1964-1999, **Rev. Brasileira de Recursos Hídricos**, v5, N.3, p69-92.
- XAVIER, T.de Ma.B.S., XAVIER, A.F.S., SILVA DIAS, P.L. da & SILVA DIAS, M.A.F. da (2000-b), A Zona de Convergência Intertropical-ZCIT e suas Relações com a Chuva no Ceará (1964-98), **Revista Brasileira de Meteorologia – Brazilian J. of Meteorology**, Vol. 15, N.1, Junho de 2000, p27-43.
- XAVIER, T.de Ma.B.S., XAVIER, A.F.S., SILVA DIAS, P.L. da & SILVA DIAS, M.A.F. da (2000-c), Modelos Estocásticos de Previsão Regional da Chuva no Ceará : Avaliação para as Quadras Chuvosas de 1997 a 2000, **Anais do XI CBMET–Congresso Bras. de Meteorologia-** Rio de Janeiro, 16-20 de Outubro de 2000 (em CD-ROM) (premiado no âmbito do Comitê Temático de Previsão do Tempo e Clima – XI CBMET).