

ANÁLISE DE MÉTODOS ALTERNATIVOS PARA MAPEAR ANOMALIAS DE PRECIPITAÇÃO¹

Lauro T. G. Fortes²; Y. Marina T. da Anunciação²; Paulo S. Lucio²; Tiago P. de Paula²

RESUMO: Este trabalho compara, do ponto de vista conceitual, alguns métodos alternativos para se produzir mapas de anomalias de precipitação que utilizam o Índice de Precipitação Padronizado (SPI) ou o conceito de intervalos quantílicos. Mostra-se que o princípio central desses métodos é essencialmente o mesmo, diferindo os resultados finais apenas em função das diferentes convenções adotadas para caracterizar categorias climáticas de interesse, e do tratamento estatístico aplicado aos dados históricos. Ao final, sugere-se um novo método, em desenvolvimento no Instituto Nacional de Meteorologia, que busca reunir virtudes e evitar desvantagens observadas nos demais.

ABSTRACT: This work compares, from a conceptual standpoint, some alternative methods to produce maps of precipitation anomalies which utilize either the Standardized Precipitation Index (SPI) or the concept of quantile intervals. It is shown that the core principle of these methods is essentially the same, being the differences in the final results due only to the different conventions adopted to characterize climatic categories of interest, and to differences in the statistical treatment applied to the historical data. At the end, it is suggested a new method, being developed at the Brazilian Institute of Meteorology, which intends to encompass virtues and avoid disadvantages noticed in the other methods analyzed.

Palavras-chave: SPI, Decis, Quantis

1. INTRODUÇÃO

Mapas de anomalia de precipitação são rotineiramente produzidos pelos serviços meteorológicos utilizando métodos que fazem uso de formas alternativas de classificar os valores de precipitação verificados em um determinado período do ano e em determinada localidade, com respeito aos padrões climatológicos registrados em séries históricas.

No Brasil, o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2006), por exemplo, além de mapas convencionais que representam, ponto a ponto, a diferença entre o valor registrado no período em foco e a média histórica referente à mesma época ano, vem produzindo, desde 2002, mapas baseados no método do Índice de Precipitação Padronizado – SPI (McKee, 1994) e no método dos Decis (Gibbs & Maher, 1967). O método SPI é também utilizado pelo Instituto Agrônomo de Campinas (Infoseca, 2005), entre outros. Outro método bastante discutido na literatura (Xavier, 2001 – entre outros) é o da “Técnica dos Quantis”, que vem recentemente ganhando novos adeptos (USP, 2006 – por exemplo). Há, ainda, a classificação

¹ Trabalho selecionado para apresentação oral no XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia (Florianópolis, SC, 2006).

² Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)

Eixo Monumental Sul – Via S1 – Setor Sudoeste

70680-900 – Brasília DF - Brasil

e-mails: lfortes@inmet.gov.br, yumiko@inmet.gov.br; paulo.lucio@inmet.gov.br; tiago.pereira@inmet.gov.br

por Tercis, muito utilizada em diversas instituições nacionais e estrangeiras, particularmente em previsões climáticas.

Este trabalho propõe-se a fazer uma comparação conceitual entre tais métodos. Como se verá na seqüência, o método dos Decis, dos Quantis e dos Tercis são casos particulares do que chamaremos aqui de método dos “Intervalos Quantílicos”. Pretende-se mostrar que os princípios fundamentais de classificação dos eventos chuvosos, tanto no SPI quanto nos métodos de intervalos quantílicos, são equivalentes, em essência. A menos de pequenas diferenças resultantes dos distintos tratamentos estatísticos aplicados às séries históricas de dados, os resultados finais produzidos pelos métodos analisados irão diferir apenas em função das distintas convenções adotadas para classificar os eventos observados em categorias climáticas de interesse. Ao final, apresenta-se a proposta de um novo procedimento que está sendo elaborado no INMET, no qual pretende-se conciliar as diferentes alternativas estudadas, reunindo méritos de todas elas.

2. PARTICIONAMENTO EM INTERVALOS

Nos métodos discutidos a seguir, a variável de interesse é a precipitação em uma determinada localidade (estação meteorológica) acumulada ao longo de um período de tempo correspondente a um ou mais meses (usualmente 1, 3, 6 ou 12 meses), comumente referido como escala de tempo, que se encerra no mês de referência considerado. Assim, por exemplo, se estivermos tomando fevereiro como referência e considerando a escala de tempo de 3 meses, estaremos interessados na precipitação acumulada ao longo dos meses de dezembro, janeiro e fevereiro. No que se segue, consideram-se o mês de referência, a escala de tempo e a localidade como pré-definidos. Os resultados obtidos valerão para quaisquer combinações dessas variáveis. Usaremos, ademais, a seguinte notação:

X – variável aleatória que representa a precipitação acumulada durante a escala de tempo de interesse na localidade e mês de referência considerados;

$F(x) = \Pr(X \leq x)$ – função distribuição acumulada de X , e

$D(X) = \{x \in R \mid x_{\min} \leq x \leq x_{\max}\}$ – domínio de X , onde R é o conjunto dos números reais.

Nos métodos de Intervalos Quantílicos, utiliza-se inicialmente uma aproximação para $F(x)$ – obtida quer seja por meio de um ajuste de um modelo teórico aos dados observados (usualmente a função Gama), quer seja diretamente da frequência relativa acumulada das observações –, para subdividir $D(X)$ em um certo número de intervalos. No caso dos Decis, $D(X)$ é subdividido em 10 intervalos equiprováveis. No caso dos Tercis, em apenas três

intervalos equiprováveis. No caso geral, definem-se valores de probabilidade $P_1 \leq P_2 \leq \dots P_{n-1}$ e subdivide-se $D(X)$ em n intervalos, IX_1, IX_2, \dots, IX_n , definidos por $IX_j = \{x \in D(X) \mid Q_{j-1} \leq x \leq Q_j\}$, onde $Q_0 = x_{\min}$, $Q_n = x_{\max}$, $Q_j = F^{-1}(P_j)$ e F é a função inversa de F (os valores Q_j são usualmente denominados “separatrizes”). Na Técnica dos Quantis mencionada acima, utilizam-se os valores de probabilidade de 15%, 35%, 65% e 85%.

No método SPI, subdivide-se inicialmente $D(Z)$. Aqui, Z , o Índice SPI, equivale a uma precipitação normalizada definida por $z = SPI(x) = G^{-1}(F(x))$, onde G^{-1} é a inversa da função distribuição acumulada de Z , uma variável Normal Padrão (i.e., $Z \sim N(0,1)$). Desta forma o valor de SPI indicará em que medida (em número de desvios padrão) o valor (transformado) da precipitação se afasta da média histórica. A Figura 1 ilustra o conceito de SPI e sua relação com a precipitação. Os dados correspondem ao mês de março, de 1961 a 2005, para a estação do INMET localizada em Manaus, AM. A curva em degraus (cor vermelha) representa a frequência relativa acumulada das observações.

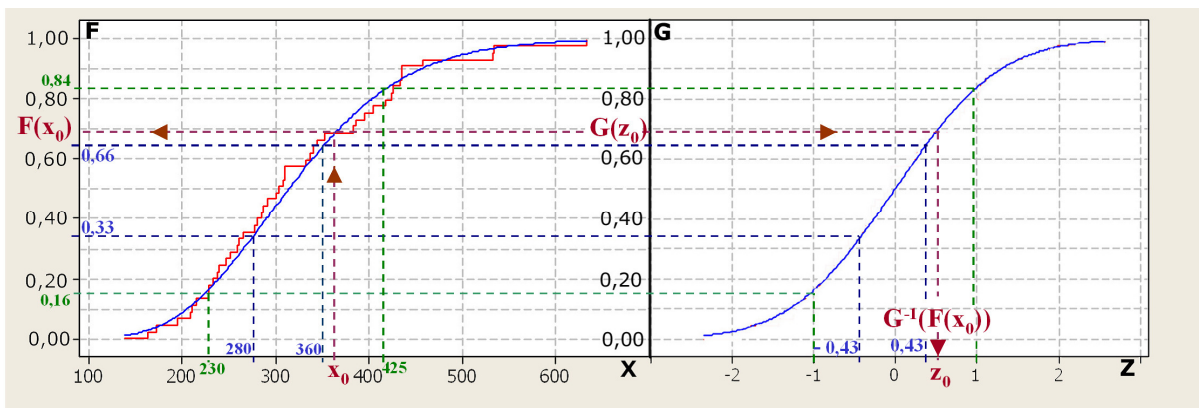


Figura 1 – Ilustração do conceito de SPI e sua relação com valores de precipitação e probabilidade, para o caso do mês de março, na estação do INMET localizada em Manaus.

Pela definição apresentada acima e pela ilustração da Figura 1 *fica clara uma correspondência biunívoca entre os intervalos definidos em X e os definidos em Z* . De fato, ao intervalo $IX_j = \{x \in D(X) \mid Q_{j-1} \leq x \leq Q_j\}$ equivale univocamente um intervalo $IZ_j = \{z \in D(Z) \mid SPI(Q_{j-1}) \leq z \leq SPI(Q_j)\}$, e vice-versa. Por exemplo, pode-se verificar, no caso da Figura 1, a correspondência biunívoca entre o intervalo do Tercil Médio, $\{x \in D(X) \mid F^{-1}(0,33) \leq x \leq F^{-1}(0,66)\} = \{x \in D(X) \mid 280 \leq x \leq 360\}$, e o intervalo em Z dado por $\{z \in D(Z) \mid G^{-1}(F(280)) \leq z \leq G^{-1}(F(360))\} = \{z \in D(Z) \mid SPI(280) \leq z \leq SPI(360)\} = \{z \in D(Z) \mid -0,43 \leq z \leq 0,43\}$. Verifica-se também, por outro lado, a correspondência entre o

intervalo em Z dado por $\{z \in D(Z) | -1 \leq z \leq 1\} = \{z \in D(Z) | SPI(230) \leq z \leq SPI(425)\}$ e o intervalo em X dado por $\{x \in D(X) | F^{-1}(G(-1)) \leq x \leq F^{-1}(G(1))\} = \{x \in D(X) | F^{-1}(0,16) \leq x \leq F^{-1}(0,84)\}$.

3. CATEGORIAS CLIMÁTICAS

Nos diversos métodos mencionados associa-se a cada um dos intervalos definidos na seção anterior uma categoria climática, isto é, um conceito qualitativo classificando a intensidade de precipitação situada naquele intervalo com respeito ao que se poderia considerar a média ou a normalidade climatológica. Um mesmo conceito pode ser associado a mais de um intervalo. No caso dos Tercis, por exemplo, associa-se usualmente o conceito “Média Histórica” ao intervalo central e os conceitos “Abaixo de Média Histórica” e “Acima da Média Histórica” ao primeiro e terceiro intervalos, respectivamente. No caso dos Decis, o conceito “Normal” ou “Média” é associado ao Intervalos Quantílicos 4, 5 e 6. A Figura 2 apresenta e compara as categorias usualmente utilizadas, respectivamente, nos casos do SPI, da técnica dos Quantis e do método dos Decis, em duas versões: a presentemente implementada no INMET e aquela adotada pelo Serviço de Meteorologia da Austrália (Australian Government, 2006).

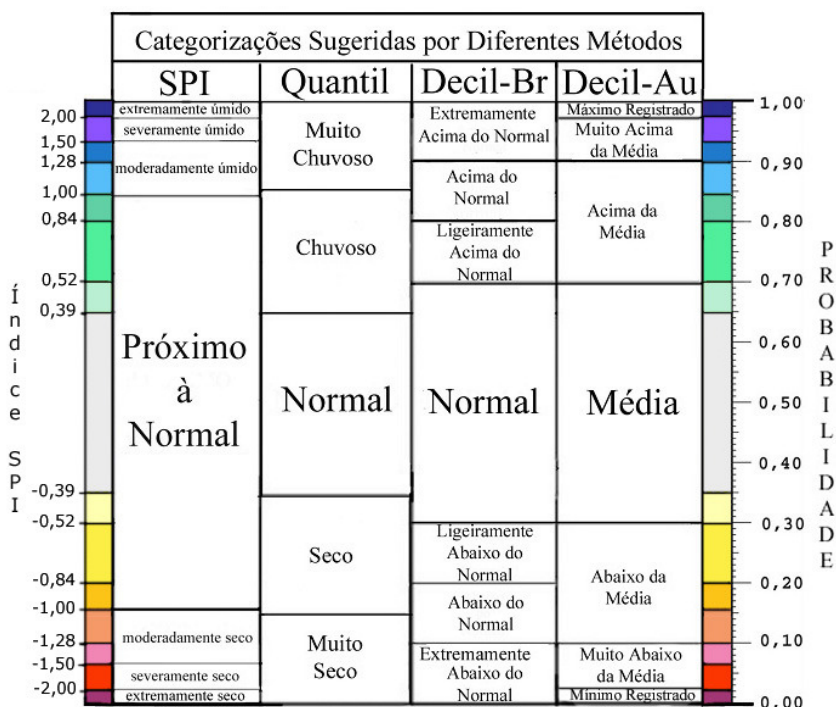


Figura 2– Comparação entre as categorias adotadas por diferentes métodos de análise das anomalias de precipitação. Decil-Br refere-se ao método implementado no INMET e Decil-Au ao método implementado pelo Serviço de Meteorologia da Austrália.

As categorias utilizadas no método SPI destacam muito bem os eventos extremos, mas não diferenciam precipitações situadas em uma faixa intermediária bastante ampla. A Técnica dos Quantis, por outro lado, define faixas intermediárias de forma criteriosa e justificada por estudos da realidade climática brasileira (Xavier, 2001, pp 170-171), mas falha ao não detectar eventos extremos. O método dos Decis na versão atualmente adotada pelo INMET, subdivide talvez em excesso as faixas intermediárias e não destaca, por outro lado, os eventos extremos. Estas falhas são corrigidas na versão australiana do método, mas o critério adotado para definição das categorias baseia-se na realidade daquele país.

4. TRATAMENTO ESTATÍSTICO

Outro aspecto que distingue os diferentes métodos em análise é o tratamento estatístico da série histórica dos dados. Nos casos do SPI e da Técnica dos Quantis, $F(x)$ é obtida ajustando-se aos dados uma função distribuição pré-definida, usualmente uma Gama de 2 ou 3 parâmetros. No caso dos Decis, a determinação das separatrizes se dá usualmente por um procedimento não paramétrico, que equivale a utilizar-se a frequência relativa acumulada (indicada na Figura 1 pela curva vermelha em degraus). Uma desvantagem no primeiro caso é que, para algumas localidades e períodos do ano, o ajuste de uma Gama pode se mostrar sofrível. Por outro lado, no procedimento não-paramétrico padrão a determinação das separatrizes é bastante imprecisa ou arbitrária; por exemplo, para uma série de 30 anos onde as observações foram indexadas em ordem crescente, o limite do primeiro intervalo decílico poderá ser qualquer valor entre x_3 e x_4 . Em qualquer dos casos, para uma precisão satisfatória requer-se, usualmente, a disponibilidade de séries históricas longas, com pelo menos 30 anos de observações.

5. UMA NOVA PROPOSTA

Tendo em conta os diversos aspectos destacados acima, a Coordenação de Desenvolvimento e Pesquisa do INMET está elaborando um novo método, semelhante ao dos Quantis, mas adotando o Segundo Tercil³ ($0,33 \leq F(x) \leq 0,66$) como a faixa “Normal” e introduzindo duas novas categorias para captar eventos extremos. Pretende-se, ainda, utilizar uma abordagem não paramétrica, à semelhanças dos Decis, mas utilizando a metodologia Bootstrap para se determinar com maior precisão as separatrizes (Lucio, P. S. *et al*, 2006). Resultados preliminares indicam que este procedimento teria, ainda, o mérito de permitir

³ A justificativa é apenas conceitual: identificar a média histórica exatamente com a faixa média dos Tercis. A diferença prática em relação à faixa de 35% a 65% adotada na Técnica dos Quantis será, via de regra, imperceptível na prática.

trabalhar-se com séries históricas mais curtas, propiciando o adensamento da rede de estações utilizadas na análise.

A Figura 3 apresenta uma comparação visual entre os mapas obtidos utilizando-se as convenções adotadas nos diferentes casos, conforme Figura 2. Por conveniência, utilizou-se em todos os casos a função F obtida pelo ajuste de uma Gama. Assim, eventuais diferenças decorrentes do procedimento não-paramétrico, adotado no caso dos Decis e do novo método proposto – provisoriamente denominado Quantil Modificado, ou Quantil_M –, não são mostradas nesta ilustração. A série de dados é artificial, construída com base nos dados registrados pelas estações climatológicas do INMET para o mês de maio de 2006 mas amplificando alguns valores extremos, de forma a facilitar a distinção entre os métodos. A definição das escalas de cores tomou como base a escala de 15 níveis da Figura 2. A figura corrobora as distinções apontadas ao final da seção 3 e ilustra algumas virtudes esperadas do método proposto.

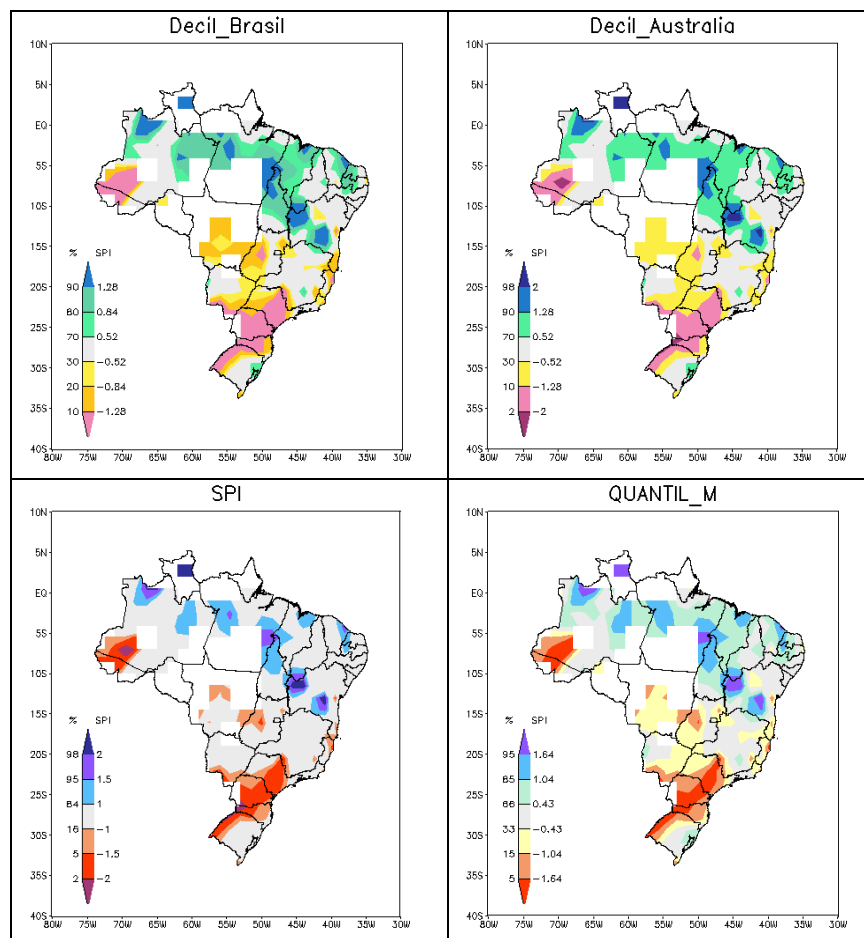


Figura 3 – Comparação visual entre as categorizações produzidas pelos diferentes métodos analisados. Áreas em branco indicam ausência de dados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

U. S. NATIONAL DROUGHT MITIGATION CENTER. <http://www.drought.unl.edu/mitigate/mitigate.htm>

INFOSECA, 2005. Disponível em <http://www.infoseca.sp.gov.br/>. Acesso em dez. de 2005.

INTERNATIONAL RESEARCH INSTITUTE FOR CLIMATE AND SOCIETY (IRI). Global SPI analyses. (Disponível em: <http://ingrid.ldeo.columbia.edu/maproom/Global/Precipitation/SPI.html>). Acesso em dez. de 2005.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET)A. Anomalias de Precipitação. (Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/html/clima.php?lnk=/html/clima/anomalias/index.html>). Acesso em julho. de 2006.

MCKEE, T.B.; DOESKEN, N.J.; KLEIST, J. The relationship of drought frequency and duration to time scale. In: Conference on Applied Climatology, 8. Proceedings. Boston, 1993. Boston, AMS, 1993. p. 179-184.

LUCIO, P. S. ET AL. TÉCNICA BOOTSTRAP APLICADA À AVALIAÇÃO DE INCERTEZAS ESTATÍSTICAS NO PROGNÓSTICO DOS Quantis de Precipitação. Brasília, INMET, 2006. Artigo submetido ao XIV CBMET.

XAVIER, T. DE MA. B. S. "Tempo de Chuva" – Estudos Climáticos e de Previsão para o Ceará e Nordeste Setentrional. Fortaleza: ABC Editora, 2001.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (USP). Previsão Climatológica de Precipitação para as Regiões Sul e Sudeste (técnicas de quantis). (Disponível em http://www.master.iag.usp.br/prev_quantis/inicio.php). Acesso em agosto de 2006.

AUSTRALIAN GOVERNMENT, BUREAU OF METEOROLOGY. Rainfall deciles – monthly. (Disponível em http://www.bom.gov.au/cgi-bin/climate/cgi_bin_scripts/map_express.cgi). Acessado em agosto de 2006.