

ANÁLISE DE TENDÊNCIAS EM SÉRIES PLUVIOMÉTRICAS: ALGUMAS POSSIBILIDADES METODOLÓGICAS

Vanderlei de Oliveira Ferreira
Universidade Federal de Uberlândia
vanderlei@ig.ufu.br

CLIMATOLOGIA: APORTES TEÓRICOS, METODOLÓGICOS E TÉCNICOS

Resumo:

A análise de tendências tem sido muito útil em várias áreas do conhecimento, oferecendo apoio ao processo decisório sobre problemas os mais diferentes. Na climatologia o foco é direcionado às expectativas de comportamento de grandezas atmosféricas variáveis no tempo e espaço, tais como temperatura e pluviosidade. Elementos e fenômenos presentes na superfície terrestre que influenciam no comportamento da atmosfera, a exemplo da altura das marés e temperatura das águas oceânicas, também têm merecido atenção de climatólogos. O desafio é prever valores futuros com base em valores passados, o que requer uma boa memória histórica de informações, embora um bom conjunto de dados não seja suficiente para uma previsão precisa de situações futuras. É importante a escolha adequada de metodologias de previsão de séries temporais, algumas muito simples e outras que envolvem procedimentos mais complexos. Este texto tem por objetivo apresentar três alternativas muito simples, porém úteis à análise de tendências de séries pluviométricas. Dados de um posto pluviométrico da ANA (agência Nacional de Águas), localizado na bacia do rio Araguari, Minas Gerais, foram adotados para o exercício demonstrativo.

Palavras-chave: metodologias; análise de tendências; pluviosidade

ANALYSIS OF TRENDS IN PLUVIOMETRIC SERIES: SOME METHODOLOGICAL POSSIBILITIES

Abstract:

The analysis trend has been very useful in various areas of knowledge, offering support to decision making on the most different problems. In the climatology the focus is directed to the behavioral expectations of greatness atmospheric in the time and space, such as temperature and rainfall. Elements and phenomena present in the earth's surface that influence the behavior of the atmosphere, such as the height of the tides and temperature of ocean waters, have also received attention from climatologists. The challenge is to predict future values based on past values, which requires a good memory of historical data, although a good data set is not sufficient for an accurate prediction of future situations. It is important to choose appropriate methodologies of the forecast of time series, some very simple and others that involve more complex procedures. This text aims to present three alternatives very simple but useful for trend analysis of rainfall series. Data of a pluviometric post of the ANA (National Water Agency), located in the basin Araguari river, Minas Gerais, were adopted for the demo exercise.

Keywords: methodologies; trend analysis; rainfall

INTRODUÇÃO

Existem diversas metodologias destinadas à previsão de séries temporais, dentre as quais as que recorrem a modelos de suavização exponencial, modelos auto-regressivos, regressão linear, médias móveis ou Modelos ARIMA (AutoRegressive Integrate Moving Average). Tecnologias de

inteligência computacional tais como redes neurais, lógica nebulosa e algoritmos genéticos têm possibilitado a criação de metodologias avançadas de análise de tendências em séries temporais.

Uma série temporal é qualquer conjunto de informações ordenadas no tempo (Morettin e Tolo, 2006). Para Silva et al. (2007), trata-se de um agrupamento de observações discretas, realizadas em períodos equidistantes e que apresentam uma dependência serial entre elas.

O estudo de séries temporais tem grande aplicabilidade na climatologia porque permite a previsão de valores futuros para diversos elementos climáticos. Detectar se há aumento ou redução progressiva de temperatura ou pluviosidade em escala mesoclimática é fundamental para a identificação de externalidades produzidas pelas mudanças no uso do solo ou pelas mudanças climáticas globais sobre os regimes hidropluviométricos das bacias hidrográficas. As chuvas e a disponibilidade de recursos hídricos afetam atividades humanas diversas, incluindo pesca, navegação, abastecimento público de água, agricultura e produção de energia hidroelétrica.

A pluviosidade apresenta flutuações interanuais significativas. É por isso que vários autores propõem critérios e procedimentos visando identificação de anos regulares, anos chuvosos e anos secos em séries históricas. O presente texto apresenta considerações a respeito de três metodologias simples, porém úteis para análise de tendências pluviométricas.

DEMONSTRAÇÃO DE METODOLOGIAS

A análise de tendência pretende indicar expectativas de valores para um dado horizonte de previsão. Para isso, recorre a registros históricos obviamente anteriores ao horizonte de previsão, que são utilizados para formar os exemplos (padrões) necessários à extração do conhecimento aplicável à previsão de valores futuros (Palit e Popovic, 2005).

Para demonstrar três possibilidades metodológicas foi adotada uma série histórica de totais pluviométricos mensais de um posto da ANA (Agência Nacional de Águas) situado na bacia do rio Araguari, no Triângulo Mineiro (posto Santa Juliana, código 01947001, latitude 19°18'57"LS, longitude 47°31'34"LW, 950m de altitude), com início em 1942 e término em 2010 (69 anos). Tendo em vista as características fisiográficas favoráveis, o rio Araguari é um dos cursos d'água mais importantes para a geração de energia elétrica de Minas Gerais. Nele encontram-se instaladas várias usinas hidrelétricas, com destaque para as Usinas de Miranda, Nova Ponte e Capim Branco I e II.

Inicialmente, para caracterizar o perfil pluviométrico da área, foram elaborados três gráficos. O Gráfico 1 mostra os totais pluviométricos médios dos meses. Percebe-se que as chuvas são concentradas entre outubro e abril. O período seco dura de maio a setembro. A sazonalidade pluviométrica representa uma das características mais marcantes dos regimes climáticos tipicamente tropicais. O Gráfico 2 mostra a curva de permanência pluviométrica mensal, equivalente a um histograma de frequências acumuladas. Observa-se que chuvas mensais superiores a 200mm ocorrem

durante 25% da série histórica (cerca de 200 meses). Por outro lado, em outros 25% do tempo as chuvas mensais não ultrapassam 30mm. Ou seja, a metade dos mais de 800 meses da série histórica recebe entre 30 e 200mm de chuvas.

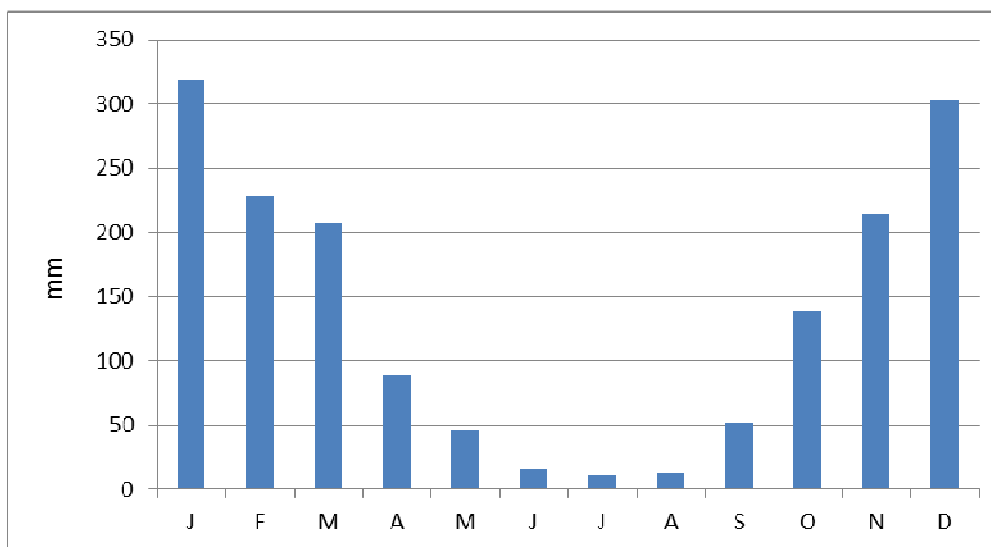


Gráfico 1 – Média de totais pluviométricos mensais no posto Santa Juliana, situado na bacia do rio Araguari, Minas Gerais (dados: ANA)

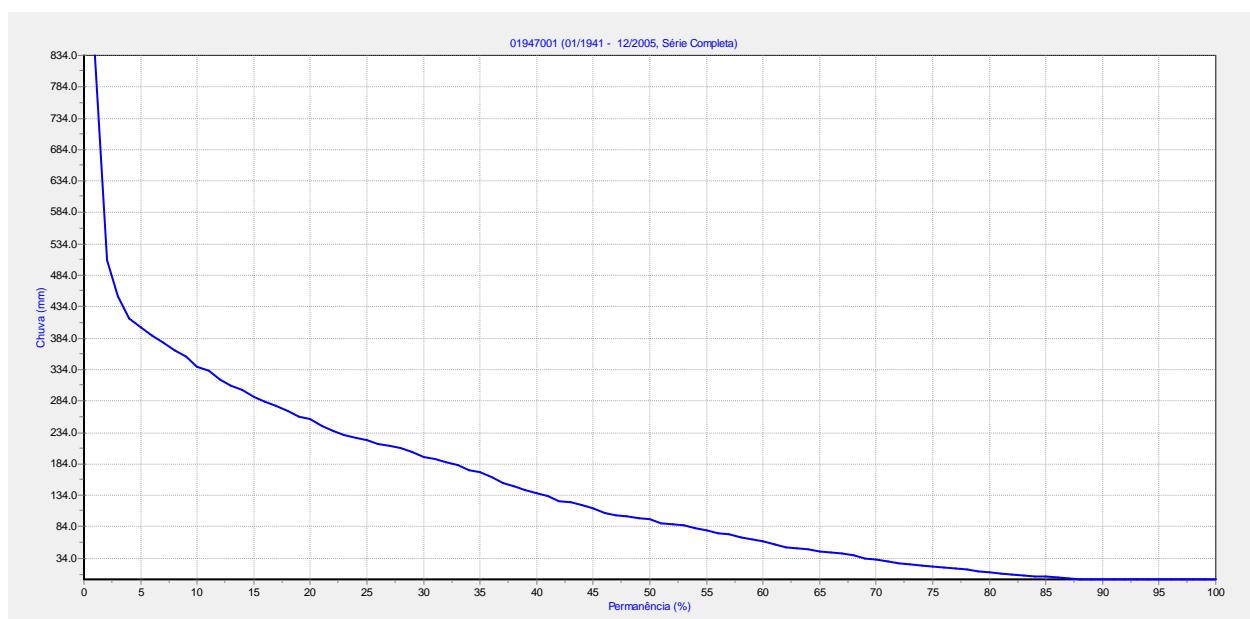


Gráfico 2 – Curva de permanência pluviométrica do posto Santa Juliana, situado na bacia do rio Araguari, Minas Gerais (dados: ANA)

Ainda em relação às características do regime pluviométrico da área utilizada para demonstração, o gráfico 3 mostra que o ano mais chuvoso recebeu mais de 3000mm e o menos chuvoso recebeu 750mm. A média aritmética anual é 1629mm (linha azul). O desvio padrão é 435mm. A simples observação do gráfico não permite indicação de tendência de longo prazo. As características do regime pluviométrico na área do posto estariam sendo alteradas? Nesse caso, ficaria mais seco ou mais chuvoso?

Conforme mencionado, há várias possibilidades metodológicas aplicáveis à análise de tendências em séries temporais. As possibilidades vão de ferramentas estatísticas simples até modelos complexos oferecidos pelas tecnologias de inteligência computacional. Uma forma muito simples e muito utilizada pela climatologia é a linha de tendência linear, apresentada no gráfico 4. Ela mostra que a pluviosidade está diminuindo com uma taxa fixa na área do posto demonstrativo.

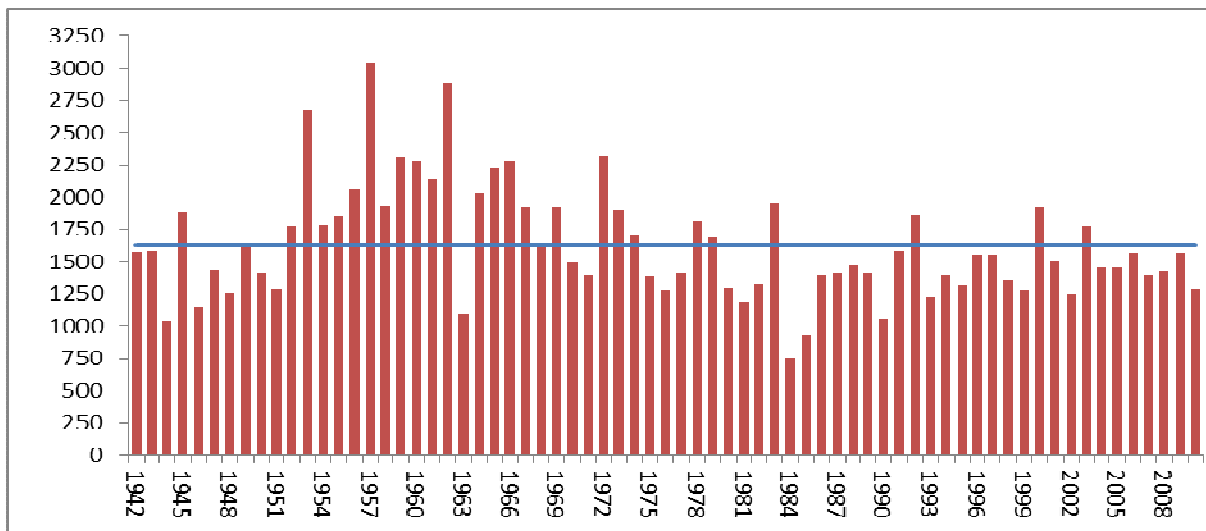


Gráfico 3 – Série de pluviosidade anual no posto Santa Juliana, situado na bacia do rio Araguari, Minas Gerais, mostrando média aritmética (dados: ANA)

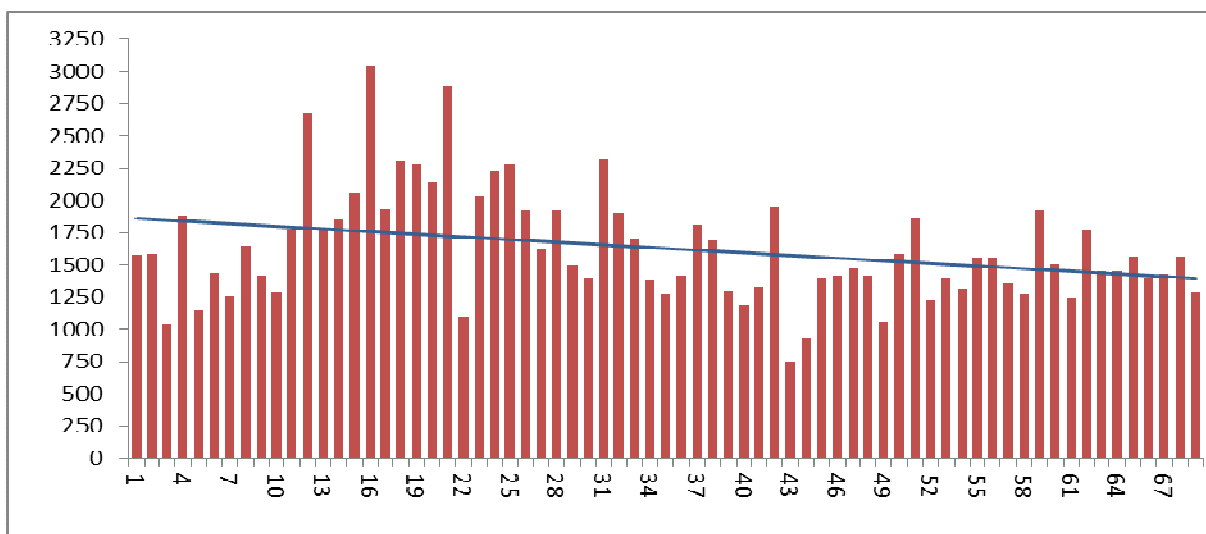


Gráfico 4 – Série de pluviosidade anual no posto Santa Juliana, situado na bacia do rio Araguari, Minas Gerais, mostrando linha de tendência linear (dados: ANA)

A linha de tendência pluviométrica foi feita através da análise de regressão linear com a variável tempo. Se ela for estendida para os anos que dão continuidade à série histórica é possível prever os valores futuros. O gráfico é construído por meio da equação:

$$y = a.x + b$$

As constantes “**a**” e “**b**” podem ser obtidas no Microsoft Excel por meio da função =INCLINAÇÃO(B2:B70;A2:A70) para “**a**” (-6,88 no caso utilizado como exemplo) e =INTERCEPÇÃO(B2:B70;A2:A70) para “**b**” (1870,27 no caso utilizado como exemplo).

O teste do sinal é mais uma alternativa simples para detectar tendências em séries temporais, embora não recomendado como ferramenta única. Inicialmente a série temporal deve ser dividida em duas sub-séries de igual tamanho, seguindo a cronologia original. No caso aqui utilizado para efeito de demonstração a primeira sub-série vai de 1942 a 1975 (X_i) e a segunda de 1976 a 2009 (Y_i), portanto trinta e quatro anos para cada sub-série. Em seguida calcula-se a diferença (D_i) para cada par de observações.

$D_i = X_i - Y_i$

Se $D_i > 0$, ao par é atribuído um sinal positivo (+)

Se $D_i < 0$, ele recebe um sinal negativo (-)

Se $D_i = 0$ exclui-se o par de observações e o tamanho da amostra é reduzido.

Se o número de sinais positivos for aproximadamente igual ao número de sinais negativos a tendência indica manutenção do comportamento da variável estudada. Se o sinal negativo prevalecer admite-se que está havendo tendência de aumento (a primeira sub-série apresenta valores menores). Se prevalecer o sinal positivo a situação é de redução da variável estudada (a primeira sub-série apresenta valores maiores). O gráfico 5 apresenta o resultado da aplicação do teste do sinal à série pluviométrica do posto Santa Juliana.

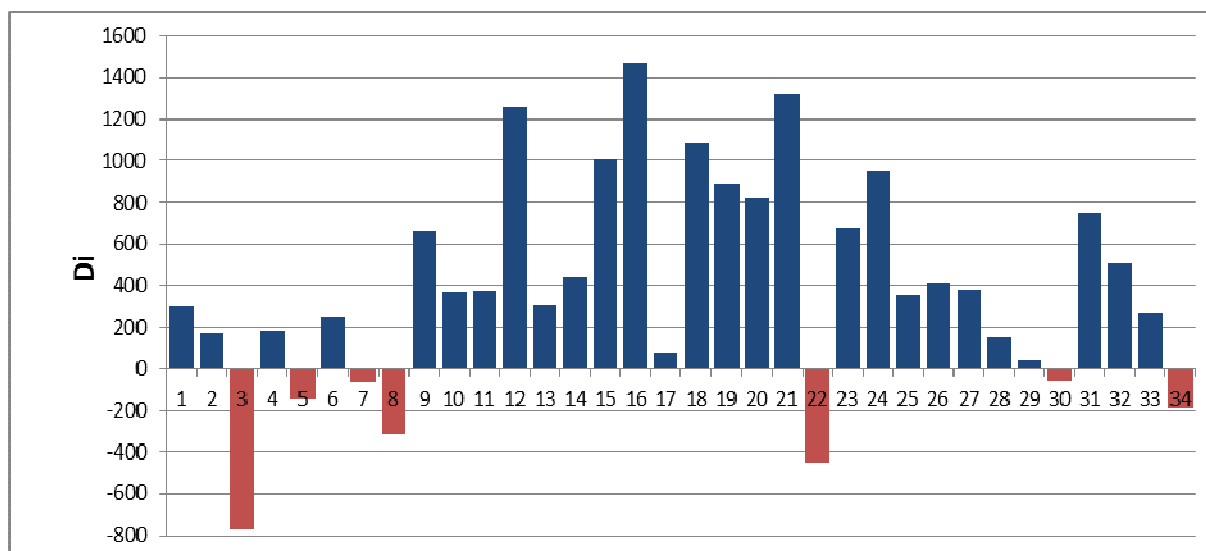


Gráfico 5 – Resultado da aplicação do teste do sinal à série pluviométrica anual do posto Santa Juliana, situado na bacia do rio Araguari, Minas Gerais (Dados: ANA)

Observa-se que dos 34 pares de dados apenas 7 apresentam sinal negativo, indicando que os totais anuais de pluviosidade apresentam tendência de declínio. O teste considera somente o sinal do

resultado da operação, ignorando, portanto, a grandeza das diferenças. Para a consideração das grandezas das diferenças, assim como seus sinais, existem alternativas metodológicas.

De fato, a disponibilidade hídrica no rio Araguari parece estar mesmo sendo reduzida. Os dados de vazão mínima mensal do posto fluviométrico Desemboque (código 60220000, 20°00'50"LS, 47°10'20"LW, 960m de altitude) mostram a previsível irregularidade sazonal do escoamento fluvial e confirmam paulatina redução (Gráfico 6).

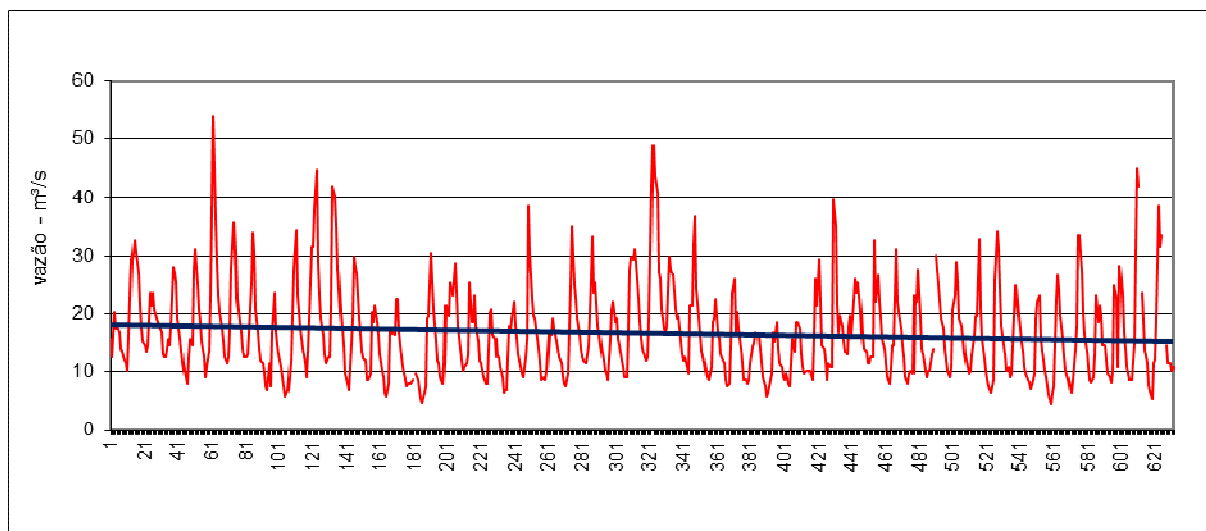


Gráfico 6 – Série de vazões mínimas mensais no posto Desemboque, situado no rio Araguari (Minas Gerais) mostrando linha de tendência linear (dados: ANA)

Muitas vezes a simples percepção de aumentos ou redução numa série histórica não é suficiente. Pode ser interessante procurar sub-tendências dentro da tendência principal. Nesse caso, a média móvel é uma alternativa. Ela suaviza as flutuações nos números, utilizando quantidade específica de pontos de dados (período), definida conforme o objetivo de cada estudo. A média é determinada para cada período, sendo o valor utilizado como um ponto da linha de tendência.

No Gráfico 7 a linha azul representa a média móvel para períodos de 5 anos. Observa-se que houve um ciclo mais chuvoso entre 1942 a 1962 (21 anos), seguido de um ciclo mais seco que durou de 1963 até 1985 (23 anos). A partir de 1985 (26 anos) os totais anuais de pluviosidade passaram a flutuar menos, mantendo-se em torno de 1400mm.

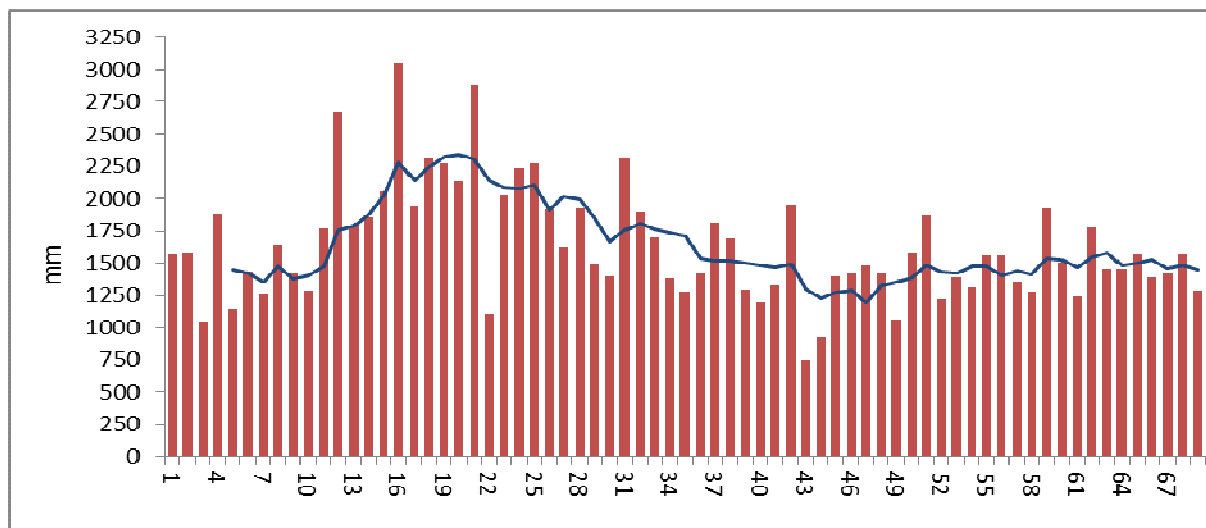


Gráfico 7 – Série de precipitações anuais no posto Santa Juliana, situado na bacia do rio Araguari, Minas Gerais, mostrando média móvel com períodos de 5 anos (dados: ANA)

Assim, ao funcionar como um filtro que suaviza oscilações bruscas, a média móvel permitiu identificar um ciclo chuvoso, um ciclo seco e um terceiro ciclo de relativa estabilidade pluviométrica na área do posto demonstrativo. Isso ocorre dentro de um cenário de paulatina redução da pluviosidade, conforme demonstrado pelas demais metodologias aplicadas. Cada um destes ciclos pode ser analisado internamente de forma mais detalhada, o que permitiria identificar causas e consequências dos mesmos.

CONCLUSÕES

O estudo das tendências pluviométricas desperta interesses dos climatólogos porque as chuvas interferem em vários aspectos do quadro geoambiental e atividades socioeconômicas. Ferreira (2010) avaliou séries históricas de escoamento fluviométrico e pluviosidade na bacia do rio Jequitinhonha utilizando linhas de tendência linear. Em doze sub-bacias verificou tendência de redução dos escoamentos anuais, bem como das vazões máximas e mínimas. Ao mesmo tempo, percebeu clara tendência de aumento dos índices pluviométricos naquela bacia, situada na porção nordeste de Minas Gerais. Da mesma forma, Santos e Ferreira (2010) estudaram as bacias dos rios da Prata e Tijuco, no Triângulo Mineiro. Os resultados mostraram que tanto as vazões mínimas quanto as máximas estão aumentando na maioria dos postos fluviométricos, indicando mudanças positivas na curva de permanência. As séries pluviométricas também indicam tendência de incremento nos aportes de água. As situações variam de região para região, sendo necessário espacializar as tendências.

Os dados avaliados pelos três procedimentos no presente artigo (linha de tendência linear, média móvel de cinco períodos e teste do sinal) mostram redução paulatina da pluviosidade na área do posto Santa Juliana, na bacia do rio Araguari, Minas Gerais. O dimensionamento adequado de tal questão dependeria da avaliação de outros postos pluviométricos e de vários fatores biogeográficos,

físicos e climáticos relacionados. É importante reforçar que o intuito do presente texto foi apenas testar as opções metodológicas destinadas a avaliar tendências em séries históricas de pluviosidade.

Enfim, diversas alternativas metodológicas são empregadas nos estudos de séries temporais, algumas baseadas nos procedimentos clássicos da estatística e outras baseadas em técnicas de inteligência artificial. Leone Filho (2006) lembra que não existe um único procedimento aplicável eficientemente em qualquer tipo de série temporal. Esgotar a questão não é objetivo nesse momento, mas sugere-se aos interessados consultar Palit e Popovic (2005), Ribeiro et al. (2008), Silva et al. (2007) e Morettin e Tolo (2006).

REFERÊNCIAS

FERREIRA, V. O. Cenário tendencial de vazão e de pluviosidade na bacia do rio Jequitinhonha, em Minas Gerais. In: IX Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, 2010, Fortaleza. **Anais do IX Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**, 2010.

LEONE FILHO, M. de A. **Previsão de carga de curto prazo usando ensembles de previsores selecionados e evoluídos por algoritmos genéticos**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, 2006.

MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. C. **Análise de Séries Temporais**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2006. 538p.

PALIT, A. K.; POPOVIC, D. **Computational Intelligence in Time Series Forecasting**. 1. ed. Londres: Springer-Verlag, 2005. 372p.

RIBEIRO, C. V.; GOLDSCHMIDT, R. R.; CHOREN, R. Uma Proposta de Método Híbrido Fuzzy para Previsão de Séries Temporais. **5º CONTECSI** - Universidade de São Paulo, Junho de 2008.

SANTOS, V. O.; FERREIRA, V. O. Tendências pluvio-fluviométricas nas bacias dos rios da Prata e Tijuco, sub-bacias do rio Paranaíba, em Minas Gerais. In: IX Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, 2010, Fortaleza. **Anais do IX Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**, 2010.

SILVA, P. O. M. P.; GOLDSCHMIDT, R. R.; SOARES, J. A.; FERLIN, C. Previsão de Séries Temporais Utilizando Lógica Nebulosa. **4º CONTECSI** - Universidade de São Paulo, 2007.