

XXIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

ANÁLISE DE TENDÊNCIA DAS VAZÕES OBSERVADAS NA BACIA DO RIO DOCE

Saulo Aires de Souza¹ ; Dirceu Silveira Reis Junior²; Teresa L. L. de Carvalho³; Alexandre Abdalla Araújo³ & Marcos Irineu Pufal³

Palavras-Chave – Análise de Tendência; Índices de Vazões de Referência; Bacia do Rio Doce

INTRODUÇÃO

Sistemas de recursos hídricos são projetados e operados com base no pressuposto de que as séries de vazões observadas são estacionárias (Milly et al., 2008). Assim, detectar mudanças ou tendências nessas séries são fundamentais para o planejamento de recursos hídricos (Rosner et al., 2014; Kundzewicz e Robson, 2004). O melhor conhecimento dos prováveis riscos futuros resultantes dessas eventuais mudanças desempenham um papel importante no processo de tomada de decisão, notadamente, na definição de estratégias de adaptação a serem implementadas pela sociedade (MILLY et al., 2008).

Os maiores impactos de um eventual comportamento não-estacionário nas vazões são manifestados nos extremos (Aghakouchak et al., 2013). Se por um lado, uma mudança no comportamento de vazões mínimas pode comprometer a disponibilidade hídrica em uma dada região, por outro lado, mudanças nas vazões máximas podem causar inúmeras perdas tanto materiais, quanto humanas (Rosner et al., 2014; Aghakouchak et al., 2013; Milly et al., 2008).

A ocorrência de enchentes e secas tem causado grandes impactos tanto na economia como para a população do Brasil (ANA, 2017). Entre os anos de 2014 a 2016, a região Sudeste do Brasil, onde está localizado a bacia do rio Doce, vivenciou eventos de estiagem intensos, resultando em baixos níveis dos reservatórios de abastecimento. Por outro lado, as enchentes que ocorrem em vários municípios da bacia do Doce todo ano, resultantes da interação entre as fortes chuvas de dezembro e janeiro, e o uso e ocupação irregular do solo pela população, tem levado as populações destas cidades a conviver com a expectativa, durante a estação chuvosa, da ocorrência de novas inundações, que acarretam enormes prejuízos materiais em todos os setores socioeconômicos (ANA, 2016).

A detecção de mudança significativa dos extremos de vazão pode ser avaliada a partir de testes de hipótese estatísticos aplicados às séries temporais obtidas dos registros históricos de estações fluviométricas (Kundzewicz e Robson, 2004). Os resultados dos testes estatísticos são sempre expressões de probabilidade e não de certeza. Desse modo, esses testes de hipótese empregados na análise de estacionaridade (aqui denominado de tendência ou mudança) exigem, para a correta especificação da sua incerteza, alguns pressupostos ou características que devem ser atendidas pelas

1) Aluno de doutorado do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos da Universidade de Brasília (PTRAH/UnB) e Especialista em Recursos Hídricos e Saneamento Básico da Agência Nacional de Águas. E-mail: saulo.souza@ana.gov.br.

2) Professor Adjunto do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos da Universidade de Brasília (PTRAH/UnB). E-mail: dirceu.reis@gmail.com.

3) Especialista em Recursos Hídricos e Saneamento Básico da Agência Nacional de Águas. E-mail: teresa.carvalho@ana.gov.br.

séries analisadas. Caso essas características não sejam atendidas, a inferência de mudança nessas séries fica comprometida (Von Storch, 1995).

A existência de autocorrelação por exemplo, aumentam ainda mais a incerteza dos testes em detectar e estimar mudanças determinísticas (Renard et al., 2008). Adicionalmente, tem-se uma avaliação equivocada do nível de significância regional quando da desconsideração da questão da multiplicidade dos testes, quando são analisadas diversas estações ao mesmo tempo (Renard et al., 2008; Ventura et al., 2004).

Observam-se estudos dessa natureza nas diversas escalas espaciais, tais como: locais/regionais, nacionais, continentais e até mesmo globais (Milly et al. 2008). No Brasil, já existem alguns estudos de tendência de vazões observadas (Alves et al., 2013). Os resultados desses estudos apontam de um modo geral condições mais secas em parte da região Norte e Nordeste (Alves et al., 2013; Detzel et al., 2011) e condições mais úmidas e propensas ao aumento de eventos de cheias na região Sul do Brasil (Chagas e Chaffe, 2018). Nas outras regiões, observou-se a falta de um padrão espacial mais claro, de modo que não se identificou um sinal de mudança preponderante (Alves et al., 2013; Detzel et al., 2011).

O presente trabalho apresenta uma análise de tendência das vazões observadas na bacia do rio Doce, considerando tanto as questões de autocorrelação temporal e multiplicidade de testes.

METODOLOGIA

Área de Estudo

A área do estudo compreende toda a região da bacia do rio Doce. A bacia está localizada na região sudeste do Brasil, entre os paralelos 17°45' e 21°15' S e os meridianos 39°30' e 43°45' W (Figura 4). A maior parte dos 86.710 km² de sua área está compreendida no Estado de Minas Gerais (86% da área) e o restante no Estado do Espírito Santo, abrangendo 230 municípios ao todo (PIRH DOCE, 2010).

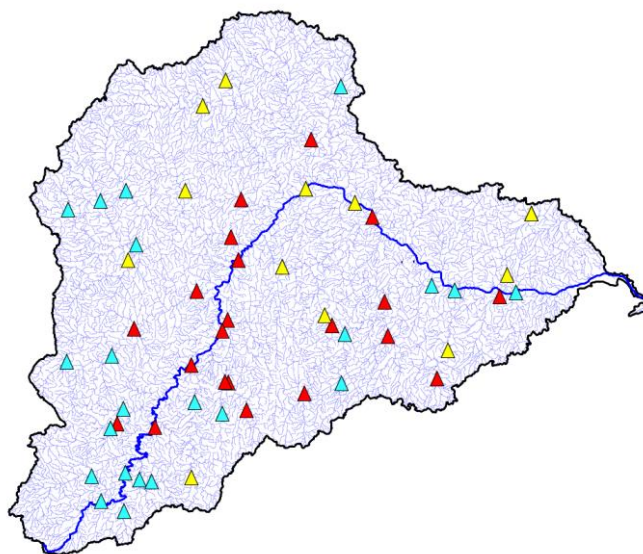
O Doce é um rio federal, com 875 Km, cuja nascente se localiza na Serra da Mantiqueira no município de Ressaquinha, Minas Gerais, a 1.200 metros de altitude acima do nível do mar. A região apresenta clima tropical de altitude com três subtipos: verões frios, nas altas elevações, brandos, nas altitudes médias, e quentes, nas áreas menos elevadas. Seus principais formadores são os rios: Xopotó, Piranga e Carmo. O rio recebe o nome de Doce no encontro dos rios Carmo e Piranga, abaixo da cidade de Ponte Nova, Minas Gerais, e sua foz se localiza no município de Regência, Espírito Santo. O rio constitui a bacia hidrográfica do rio Doce, com uma área de drenagem de 83.400 Km², sendo 86% desta área localizada em Minas Gerais e 14 % no Estado do Espírito Santo.

Os recursos hídricos da bacia do rio Doce desempenham um papel fundamental na economia do leste mineiro e do noroeste capixaba, uma vez que fornecem a água necessária aos usos doméstico, agropecuário, industrial e geração de energia elétrica, dentre outros.

Dados

Foram empregados os dados oriundos dos registros históricos diários de estações pluviométricas do HIDROWEB da ANA. As estações selecionadas para o estudo seguiram o seguinte critério: ter no mínimo 30 anos de dados sem falha e no mínimo 5 anos de dados sem falha entre 2000 a 2015. Foram selecionadas ao todo 56 estações, sendo que 39% (22 estações) tem entre 30 a 44 anos de dados sem falhas (triângulo vermelho na figura 1) e 22% (12 estações) entre 45 a 59 anos (triângulo amarelo na figura 1) e 39% (22 estações) tem mais de 60 anos de dados sem falha (triângulo azul claro na figura 1).

Figura 1 – Localização das estações fluviométricas na Bacia do Rio Doce.



Índices de vazões de referência

A partir dos dados diários das estações fluviométricas selecionadas foram definidos 8 índices ou vazões de referência, considerando tanto vazões mais baixas, associadas à disponibilidade hídrica, como vazões mais altas, associadas à questão de cheias e inundações. Buscou-se também considerar a questão da sazonalidade utilizando indicadores de vazões mínimas dentro do período úmido. A tabela 1 apresenta uma descrição dos índices utilizados.

O uso e aplicação de tais índices é de fundamental importância no entendimento de como as mudanças podem impactar o processo de tomada de decisão. Por exemplo, eventuais mudanças nos índices associados ao espectro de vazões mais baixas, como o $Q_{min7day}$, $Q_{min30day}$, $Q_{min7dayUmidoTri}$ e $Q_{min7dayUmidoSem}$, e até mesmo o Q_{med} (utilizado muitas vezes como limite superior da disponibilidade hídrica), podem impactar sobremaneira, por exemplo, o abastecimento de cidades ou a geração hidroelétrica em determinada região. Já eventuais mudanças nos índices associados ao espectro de vazões mais altas, como o Q_{X1day} , Q_{X5day} e Q_{X30day} , podem impactar dramaticamente o risco de cheias e inundações onde tal mudança foi detectada.

Tabela 1 - Índices de vazões de referência.

| Índice | Descrição |
|-----------------------|---|
| Q_{X1day} | Máxima vazão registrada de 1 dia durante o ano hidrológico. |
| Q_{X5day} | Máxima vazão registrada em 5 dias consecutivos durante o ano hidrológico. |
| Q_{X30day} | Máxima vazão registrada em 30 dias consecutivos durante o ano hidrológico. |
| Q_{med} | Vazão média durante o ano hidrológico. |
| $Q_{min7day}$ | Mínima vazão registrada em 7 dias consecutivos durante o ano hidrológico. |
| $Q_{min30day}$ | Mínima vazão registrada em 30 dias consecutivos durante o ano hidrológico. |
| $Q_{min7dayUmidoTri}$ | Mínima vazão registrada em 7 dias consecutivos durante o trimestre mais úmido do ano hidrológico. |
| $Q_{min7dayUmidoSem}$ | Mínima vazão registrada em 7 dias consecutivos durante o semestre mais úmido do ano hidrológico. |

Teste de Tendência de Mann-Kendall (MK)

O teste de estacionaridade selecionado para as análises foi o teste não paramétrico de Mann Kendall (MK). Esse teste tem sido amplamente utilizado para a identificação de tendências monotônicas em séries temporais de variáveis hidroclimáticas. Dentre as vantagens do teste pode-se

destacar a não necessidade de especificar determinada distribuição de probabilidade aos dados e a robustez no que diz respeito à presença de outliers na série. O nível de significância adotado foi de 5%. Maiores detalhes do teste podem ser encontrados em Kundzewicz e Robson (2004).

Autocorrelação

Uma das principais dificuldades inerente à aplicação dos testes estatísticos na detecção de mudanças ocorre quando as séries são correlacionadas no tempo. Geralmente, os testes estatísticos, concebido para dados independentes, quando aplicados a dados que são serialmente correlacionados positivamente, a hipótese nula é rejeitada com uma frequência maior que a especificada no nível de significância α (Von Storch 1995). Isto se deve ao aumento na variância da estatística do teste com a magnitude da autocorrelação. A eliminação do efeito da correlação serial na tendência é um problema complexo devido à mútua interação entre a correlação e a tendência. Para lidar com essa problemática, foi considerada a abordagem *Trend-Free-Pre-Whitening* (TFPW). Nessa técnica ocorrem a modificação da série original através da remoção da estrutura de correlação. Maiores detalhes desses procedimentos podem ser encontrados em Von Storch (1995).

Multiplicidade de Testes

Estudos de detecção de tendência na área de hidrometeorologia consistem em aplicar simultaneamente testes de hipóteses em diversas estações localizadas numa dada região. Níveis locais de significância, α_L , são sempre definidos a priori, refletindo as preferências do analista em relação à possibilidade de cometer um erro ao declarar uma estação não-estacionária, quando na verdade nenhuma tendência está presente nos dados (erro tipo 1). Se a hipótese nula for verdadeira, a probabilidade de se cometer um erro tipo 1 é igual a α_L , previamente definido.

Quando se deseja controlar o erro a nível regional, a tarefa se torna mais complicada, pois não fica claro qual erro deve ser controlado. Os dois procedimentos adotados aqui são baseados em um dos dois erros descritos na sequência, quais sejam, o PCER (*Per-Comparison Type 1 Error Rate*) e o FDR (*False Discovery Rate*). O procedimento baseado no PCER ignora por completo o problema da multiplicidade, já que a decisão de aceitar ou rejeitar a hipótese nula é feita com base apenas na informação contida na própria estação, sem levar em consideração as decisões tomadas nas outras estações da região. Como não há qualquer perspectiva do que acontece na região, os resultados acabam por violar o nível nominal de significância a nível regional, α_R .

Já o procedimento FDR, proposto por Benjamini e Hochberger (1995), sugere uma abordagem diferente para lidar com o problema da multiplicidade. Os autores sugeriram controlar o FDR, definido como sendo o valor esperado da proporção de rejeições falsas,

$$FDR = \begin{cases} E \left[\frac{N_{10}}{R} \right], & \text{if } R > 0 \\ 0, & \text{if } R = 0 \end{cases} \quad (1)$$

em que N_{10} é o número de estações em que a hipótese nula foi rejeitada erroneamente e R é o número total de rejeições na região. Controlar o FDR possui algumas vantagens. Por exemplo, os resultados são fáceis de interpretar pois não dependem do número de estações na região. Por exemplo, obter 4 rejeições falsas em 10 rejeições é mais preocupante do que obter 4 rejeições falsas em 50 rejeições. Controlar o FDR permite levar esse fato em consideração. Uma outra vantagem em é que tal procedimento é pouco sensível à correlação espacial, de modo que pode ser aplicado independentemente da existência de dependência espacial entre estações (Ventura et al., 2014).

O procedimento proposto por Benjamini e Hochberger (1995) se baseia no ordenamento dos p-valores obtidos quando da realização dos testes de hipóteses em cada uma das m estações localizadas numa dada região, $P_{(1)} \leq P_{(2)} \leq \dots \leq P_{(m)}$. Esses p-valores estão associados às hipóteses $H_{(1)} \leq H_{(2)} \leq \dots \leq H_{(m)}$ e a um dado valor crítico $d_1 \leq d_2 \leq \dots \leq d_m$, considerado igual a $d_i = i\alpha_R/m$. O procedimento é sequencial, o que significa dizer que a decisão de aceitar ou rejeitar a hipótese nula é tomada uma estação de cada vez, começando por aquela que possui menos evidência da presença de

tendência, ou seja, com a que possui o maior p-valor. Se por acaso, $P_{(m)} < d_m = a_R$, então todas as estações na região são consideradas não-estacionárias. Caso contrário, a condição $P_{(j)} < d_j$ para todo ($j < m$) é verificada até que a condição seja satisfeita. Quando isso acontece, todas as hipóteses $H(i) < j$ são rejeitadas.

Largamente utilizada na genética e epidemiologia, a abordagem de controle de erros do tipo I por meio do emprego do conceito do FDR é relativamente nova na hidrometeorologia, sendo que apenas nos últimos anos começaram a surgir publicações que focam nesse aspecto, como os trabalhos desenvolvidos por Ventura et al. (2004), Renard et al. (2008) e Amorim (2018).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

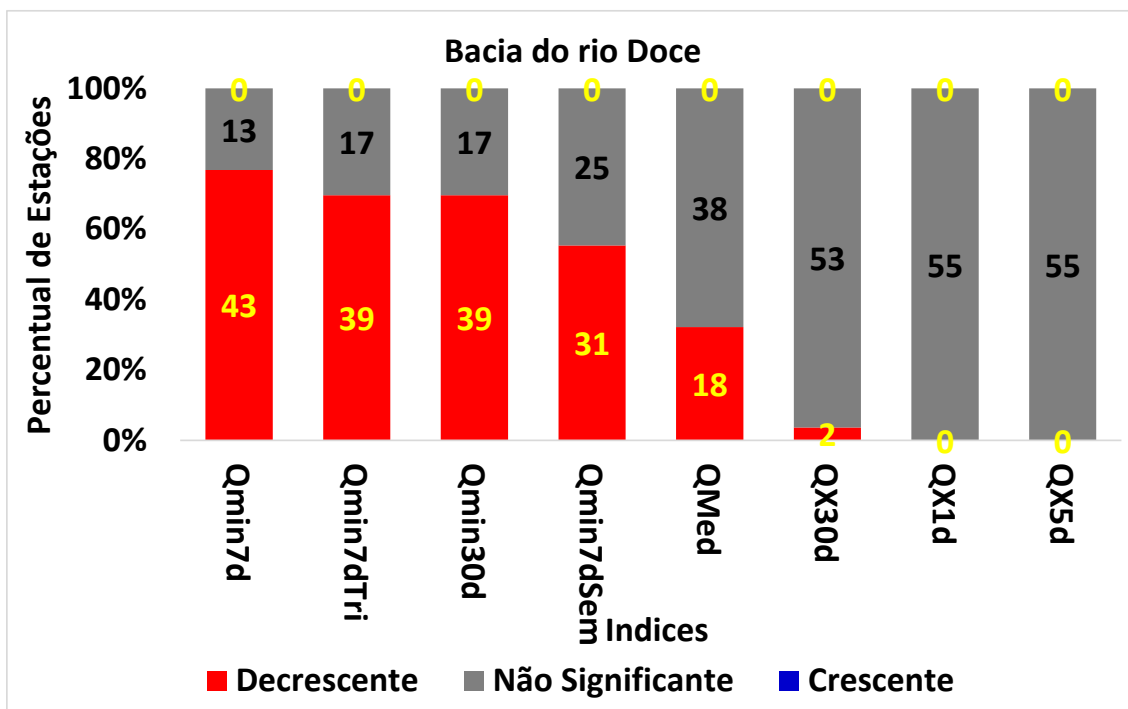
A análise de detecção de tendência dos 8 índices de vazões de referência na bacia do rio Doce foi realizada utilizando a abordagem FDR-TFPW que considera os efeitos da multiplicidade de testes e autocorrelação temporal. Optou-se por utilizar essa abordagem por ser considerado uma solução de compromisso entre a desconsideração total dessas questões, por exemplo o procedimento clássico, o que levaria ao aumento do número de rejeições da hipótese nula, e o conservadorismo excessivo em utilizar procedimentos que diminuíssem consideravelmente as rejeições, como é o caso do FDR-PW, onde o PW corresponde a abordagem *Pre-Whitening* utilizada na consideração ao autocorrelação em testes de tendência (Souza et al. 2020).

Foram considerados nas análises além da significância estatística do teste MK, no qual foi adotado o nível de 5%, também o tamanho da série e a magnitude da mudança. Foram adotadas 3 classes de tamanho da série das estações: pequeno (entre 30 e 44 anos), médio (entre 45 e 59 anos) e grande (maior que 60 anos). A magnitude da tendência foi classificada de acordo com percentual de mudança decenal em relação à média da série, e também foram adotadas 3 classes: baixa (menor que 5% por década), média (entre 5 e 10% por década) e alta (maior que 10% por década).

A figura 2 apresenta um gráfico do tipo “*stacked bar*” com os resultados do teste MK para a bacia do rio Doce considerando os 10 índices de extremos de precipitação. Nesse gráfico é apresentado os percentuais de estações subdivididos em 3 categorias: resultados significativos crescentes (azul), decrescentes (vermelho) e o resultados não significativos (cinza). Nos rótulos das barras é apresentado o número absoluto de estações em cada categoria.

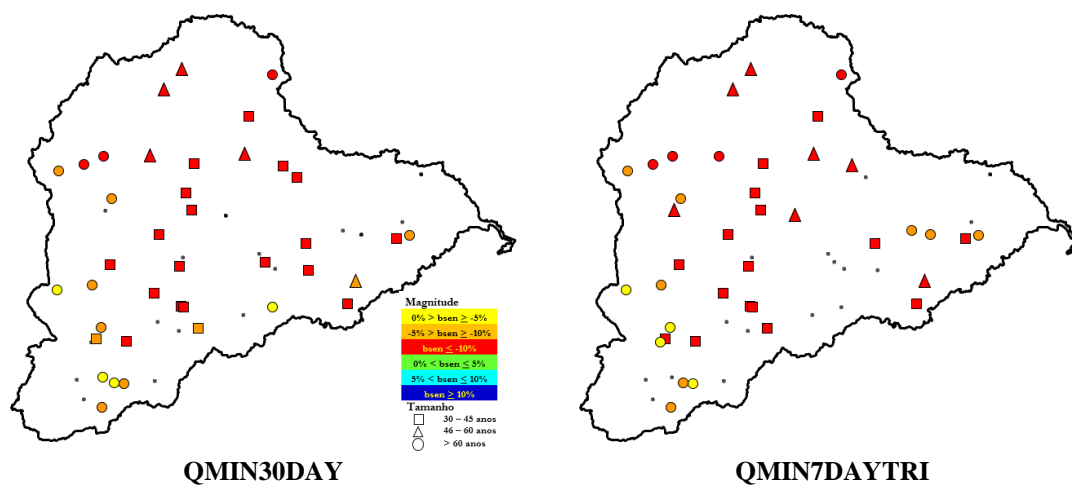
A figura 3 apresenta 8 mapas contendo os resultados do teste de tendência MK para os 8 índices de vazões de referência consideradas. A simbologia utilizada para representar os resultados considera tanto o tamanho da série (tipo de símbolo) como a magnitude da mudança (tipo de cor). Cores quentes representam tendências decrescentes e cores frias as crescentes. Os símbolos representam as 3 classes de tamanho e as cores com diferentes tonalidades representam as 3 classes de magnitude da tendência. Os círculos pequenos e preto representam os resultados não significativos.

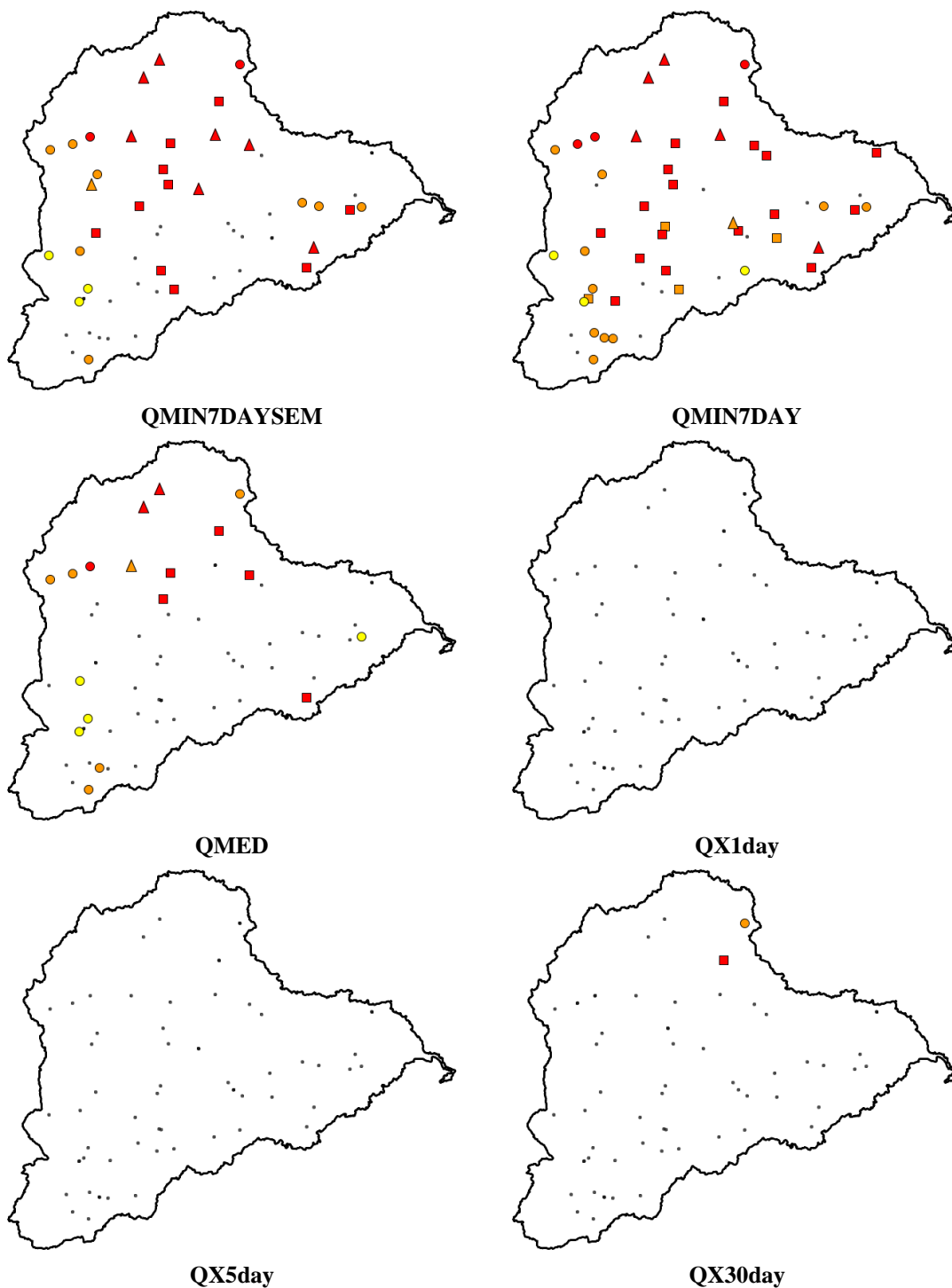
Figura 2 - *stacked bar* com os resultados do teste MK para a bacia do rio Doce considerando os 8 índices de vazões de referência.



Observa-se no gráfico da figura 2 e mapas da figura 3 uma quantidade de resultados significativos expressivos para os índices associadas as vazões mais baixas e médias, sendo esses resultados exclusivamente decrescentes, para os índices associados a cheias praticamente não teve resultados significativos, e os poucos resultados foram também decrescentes. Avaliando a quantidade de resultados significativos em termos absolutos destaca-se os índices Qmin7d, Qmin7dtri e Qmin30d com cerca de 40 de 55 estações com resultados significativos decrescentes. O padrão espacial desses resultados ocorre de forma uniforme na bacia, no entanto a magnitude da mudança nas regiões de cabeceira do rio Doce são menos pronunciadas, isso pode ser em virtude do tamanho das séries dessas estações serem longas (círculos representam séries com tamanho maior que 60 anos) e como veremos a seguir na discussão entre a significância pratica e estatística tem a ter magnitudes menores.

Figura 3 - mapas contendo os resultados do teste de tendência MK para os 8 índices de vazões de referência





A consideração da magnitude da tendência e o tamanho da série em conjunto com a significância estatística está relacionada a importância em avaliar também a significância prática da mudança. A significância estatística está associada com tamanho amostral, sendo o *p-valor* o indicador utilizado para essa análise. Análises com amostras muito grandes podem detectar diferenças muito pequenas, que sob o ponto de vista prático não tem nenhuma importância. Por outro lado, amostras com tamanho pequeno podem falhar na detecção de mudança significativa, mas a magnitude da mudança pode ser importante sob o ponto de vista prático. A diferença entre significância estatística e significância prática já é amplamente discutida em diversas áreas do conhecimento (Gelman e Stern, 2006), nas ciências hidrológicas o tema também não é novo (Yue et al. 2002) e

continua sendo discutido em trabalhos mais recentes (Yue et al. 2002; Clarke, 2010) dada sua relevância.

A tabela 2 apresenta os percentuais de resultados do teste de tendência MK para todas as 56 estações fluviométricas utilizadas, considerando a significância (NS = não significativo e S= significativo), o sentido da mudança (Cores quentes representam tendências decrescentes e cores frias as crescentes), as 3 classes de magnitude da tendência e do tamanho da série.

Analisando os resultados da tabela 2, observa-se para todos os índices que os percentuais de resultados significativos ficaram entre 0% e 77%, com média de 38%, no entanto se considerarmos apenas os índices do espectro das vazões mais baixas essa média sobe para 68%, todos decrescentes. Os índices com maiores resultados significativos foram o Qmin7day, Qmin7dayTri e o Qmin30day ambos com mais de 70% de resultados significativos. Os índices associados ao espectro das vazões mais altas como o QX1day, QX5day e QX30day não tiveram mais que 4% de resultados significativos. Observa-se que o percentual de resultados significativos vai aumentando na medida que a magnitude das vazões vai diminuindo.

O maior percentual de resultados significativos ficou na classe de magnitude alta e média. Isso sinaliza fortes mudanças de ordem prática nas vazões mais baixas. Praticamente todos esses resultados com magnitudes altas as séries tinham tamanho pequeno entre (30 e 44 anos) ou média (entre 45 e 59 anos), os percentuais de resultados significativos foram em média menores que 2%. A maior parte das estações cujo tamanho das séries era grande (> 60 anos) independentemente da significância e índice, a magnitude da tendência foi classificada como baixa.

Esses resultados demonstram de forma clara a questão referente a significância estatística e significância prática, no qual percebeu-se nos resultados um *trade-off* entre magnitude da tendência e tamanho da série. Verificou-se que os resultados em que a magnitude da tendência era alta na bacia do rio Doce, e não foi rejeitada a hipótese nula, o tamanho da série foi classificado como pequeno (entre 30 a 44 anos), ou seja, devido ao menor poder estatístico em detectar tendências com séries menores, algumas estações com tendências com significância prática importante não foram rejeitadas. Por outro lado, quando se observa o percentual de rejeições com magnitude considerada pequena (entre -5% e 5%) nessa mesma bacia praticamente englobam boa parte das estações classificadas com tamanho grande (> 60 anos), o que demonstra que com o aumento do poder estatístico uma tendência menos pronunciada, muitas vezes sem muita importância prática, pode ser detectada.

Os resultados de tendência aqui apresentados, notadamente para as vazões mais baixas associadas a disponibilidade hídrica, alertam para condições mais secas no futuro, podendo aumentar sobremaneira os conflitos pelos usos dos recursos hídricos na bacia.

CONCLUSÃO

O trabalho apresentou uma análise de tendência das vazões observadas na bacia do rio Doce considerando tanto a questão da autocorrelação, quanto a questão da multiplicidade do teste. Foram analisados 8 índices de vazões de referência a partir dos dados de 56 estações pluviométricas com no mínimo 30 anos de dados sem falha. Os resultados evidenciaram uma quantidade de resultados significativos expressivos para os índices associadas as vazões mais baixas e médias, sendo esses resultados exclusivamente decrescentes, para os índices associados a cheias praticamente não teve resultados significativos, e os poucos resultados foram também decrescentes. Os resultados de tendência aqui apresentados, notadamente para as vazões mais baixas associadas a disponibilidade hídrica, alertam para condições mais secas no futuro, podendo aumentar sobremaneira os conflitos pelos usos dos recursos hídricos na bacia.

Tabela 2 – Percentual de resultados do teste de tendência MK para as 56 estações da bacia do Rio Doce considerando a significância (NS = não-significativo e S=significativo), o sentido da mudança, a magnitude da tendência e o tamanho da série.

| ÍNDICE | NESTAC | RES | bsen <-10% | | | bsen >10% | | | -5%>bsen >-10% | | | 5% < bsen < 10% | | | 0%>bsen >-5% | | | 0% < bsen < 5% | | | Total |
|---------------|--------|-----|------------|------------|-----------|------------|------------|-----------|----------------|------------|-----------|-----------------|------------|-----------|--------------|------------|-----------|----------------|------------|-----------|-------|
| | | | 30-44 anos | 45-59 anos | > 60 anos | 30-44 anos | 45-59 anos | > 60 anos | 30-44 anos | 45-59 anos | > 60 anos | 30-44 anos | 45-59 anos | > 60 anos | 30-44 anos | 45-59 anos | > 60 anos | 30-44 anos | 45-59 anos | > 60 anos | |
| QMIN7D | 56 | NS | 5% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 2% | 4% | 0% | 0% | 0% | 0% | 2% | 0% | 11% | 0% | 0% | 0% | 23% |
| | | S | 30% | 9% | 5% | 0% | 0% | 0% | 7% | 2% | 18% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 5% | 0% | 0% | 0% | |
| QMIN7T RI | 56 | NS | 4% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 4% | 2% | 0% | 0% | 0% | 0% | 2% | 5% | 13% | 2% | 0% | 0% | 30% |
| | | S | 29% | 13% | 7% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 14% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 7% | 0% | 0% | 0% | |
| QMIN30 D | 56 | NS | 2% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 7% | 5% | 0% | 0% | 0% | 0% | 2% | 0% | 14% | 0% | 0% | 0% | 30% |
| | | S | 32% | 7% | 5% | 0% | 0% | 0% | 4% | 2% | 13% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 7% | 0% | 0% | 0% | |
| QMIN7D SEM | 56 | NS | 7% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 13% | 4% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 4% | 14% | 2% | 0% | 2% | 45% |
| | | S | 18% | 13% | 4% | 0% | 0% | 0% | 0% | 2% | 14% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 5% | 0% | 0% | 0% | |
| QMED | 56 | NS | 13% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 7% | 2% | 0% | 2% | 0% | 0% | 14% | 7% | 20% | 2% | 0% | 2% | 68% |
| | | S | 9% | 4% | 2% | 0% | 0% | 0% | 0% | 2% | 9% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 7% | 0% | 0% | 0% | |
| QX30D | 55 | NS | 4% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 16% | 4% | 5% | 4% | 0% | 0% | 13% | 9% | 22% | 5% | 4% | 11% | 96% |
| | | S | 2% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 2% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | |
| QX1D | 55 | NS | 5% | 0% | 0% | 4% | 0% | 0% | 4% | 0% | 0% | 7% | 5% | 2% | 16% | 2% | 18% | 7% | 9% | 20% | 100% |
| | | S | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | |
| QX5D | 55 | NS | 5% | 0% | 0% | 2% | 0% | 0% | 9% | 0% | 2% | 7% | 2% | 0% | 13% | 7% | 16% | 7% | 7% | 22% | 100% |
| | | S | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | |

AGRADECIMENTOS - O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001 e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq (CHAMADA UNIVERSAL MCTI/CNPq N° 01/2016).

REFERÊNCIAS

Alves, B.C.C; Souza Filho, F.A.; Silveira, C.S. Análise de Tendências e Padrões de Variação das Séries Históricas de Vazões do Operador Nacional do Sistema (ONS). RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 18 n.4 –Out/Dez ,19-34.2013.

AGHAKOUCHAK, A.; EASTERLING, D.; HSU, K.; SHUBERT, S.; SOROOSHIAN, S. Extremes in a Changing Climate - Detection, Analysis and Uncertainty. Water Science and Technology Library. Springer. 417p. 2013.

AMORIM, R. S. Detecção de Tendências em Séries de Extremos Hidrológicos Considerando Efeitos de Autocorrelação Temporal e Multiplicidade de Testes. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Publicação PTARH.DMXXX/18, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 167 p. 2018.

- ANA., 2017. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017: relatório pleno / Agência Nacional de Águas. - Brasília: ANA, 169p.
- BENJAMINI, Y. E. Y., and HOCHBERG., 1995. "Controlling the false Discovery rate: A practical and powerful approach to multiple testing". In: J. Roy. Stat. Soc., 57B, 289-300.
- CHAGAS, V. B. P., CHAFFE, P. L. B., 2018. The role of land cover in the propagation of rainfall into streamflow trends. *Water Resources Research*, 54, 5986–6004. <https://doi.org/10.1029/2018WR022947>
- CLARKE, R. T., 2010. On the (mis)use of statistical methods in hydroclimatological research, *Hydrological Sciences Journal – Journal des Sciences Hydrologiques*, 55:2, 139-144. doi: 10.1080/02626661003616819
- DETZEL, D.H.M; et al.. Estacionariedade das Afluências às Usinas Hidrelétricas Brasileiras. *RBRH — Revista Brasileira de Recursos Hídricos* Volume 16 n.3, 95-111, Jul/Set 2011.
- GELMAN, A., and STERN, H., 2006. The Difference Between "Significant" and "Not Significant" is not Itself Statistically Significant, *The American Statistician*, vol. 60, nº 4, pp. 328-331.
- IPCC., 2013. Summary for Policymakers. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T. F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bexand P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge: Cambridge University Press
- KUNDZEWICZ, Z.W., and ROBSON, A.J., 2004. Change detection in hydrological records – a review of the methodology. *Hydrol. Sci. J.* 49 (1), 7–19.
- MENEZES, L.S. et al. Mudanças climáticas no DF e Ride: detecção e projeções das mudanças climáticas para o Distrito Federal e região integrada de desenvolvimento do DF e entorno. Brasília, Secretaria do Meio Ambiente. 192 p. 2016.
- MILLY P. C. D., BETANCOURT J., FALKENMARK, M., HIRSCH F.M., KUNDZEWICZ, Z.W., LETTENMAIER D.R., and STOUFFER, R.J., 2008. Stationarity is dead: whither water management? *Science* 319:573–574. 2008.
- PLANO INTEGRADO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOCE – PIRH Doce, v. 1, relatório final, Consórcio Ecoplan-Lume, 2010.
- RENARD B. et al., 2008. Regional methods for trend detection: assessing field significance and regional consistency *Water Resour. Res.* 44 1–17.
- ROSNER, A., R. M. VOGEL, And P. H. KIRSHEN, A risk-based approach to flood management decisions in a nonstationary world, *Water Resour. Res.*, 50, 1928–1942, doi:10.1002/ 2013WR014561. 2014.
- SOUZA, S. A. DE, AMORIM, R. S., & REIS, D. S. (2020). Influência da Correlação Temporal e da Multiplicidade de Testes na Detecção de Tendências de Índices de Chuva No Território Brasileiro. *Revista Brasileira de Climatologia*, 26(0). doi:10.5380/abclima.v26i0.68124
- Von STORCH, H., 1995. Misuses of statistical analysis in climate research. In: von Storch, H., Navarra, A. (Eds.), *Analysis of Climate Variability: Applications of Statistical Techniques*. Springer, Berlin, pp. 11–26.
- VENTURA, V., PACIOREK, C. J., and RISBEY, J. S., 2004. "Controlling the Proportion of Falsely Rejected Hypotheses when Conducting Multiple Tests with Climatological Data." *Journal of Climate*, 17(22), 4343-4356.
- YUE, S., PILON, P., PHINNEY, B., CAVADIAS, G. The influence of autocorrelation on the ability to detect trend in hydrological series. *Hydrol. Process.* 16, 1807–1829, 2002.