76 – INTEGRAÇÃO DE ÍNDICES E INDICADORES A SISTEMAS DE SUPORTE A DECISÃO EM RECURSOS HÍDRICOS

Carlos Toshio Wada[(1)]
Engenheiro Civil com pós-graduação em Meio Ambiente e Sociedade pela Escola de Sociologia e Política de São Paulo, atua no Departamento de Recursos Hídricos Metropolitanos da Sabesp.
João Félix de Luca Lino[(2)]
Engenheiro Civil, Sanitarista e Ambiental com especialização em Recursos Hídricos pelo IFCE/ANA e mestrado em Hidráulica e Hidrologia pela UFSC. Atua no Departamento de Recursos Hídricos Metropolitanos da Sabesp. Tem experiência em monitoramento e modelagem hidrológica, projetos de esgotamento sanitário e de abastecimento de água, modelagem hidráulica e análise de transientes hidráulicos.
Rafael Miranda[(3)]
Engenheiro Eletricista formado pela FESP, especialização em Tecnologia da Informação pela FIAP, em Gestão Pública Municipal pela UNIRIO e MBA em Gestão Empresarial na FIA. Atua no Departamento de Recursos Hídricos Metropolitanos da Sabesp.
Giovana Bevilacqua Frota[(4)]
Engenheira Civil formada pela USP, atua na Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica.

Endereço[(1)]**:** Rua Nicolau Gagliardi, 313 - Pinheiros - São Paulo - SP - CEP: 05429-010 - Brasil - Tel: +55 (11) 3388-8933 - e-mail: carlostw@sabesp.com.br.

RESUMO

A atual recorrência de eventos extremos, de excesso ou escassez de água, torna o presente cenário da gestão de recursos hídricos altamente propício para o desenvolvimento de novas tecnologias e ferramentas que orientem de forma mais objetiva e informada as decisões dos gestores e tomadores de decisão. Índices e indicadores, desde que planejados e desenvolvidos adequadamente, são formas objetivas e práticas de se traduzirem dados diversos em informações significativas e relevantes para a tomada de decisões mais bem orientadas na gestão e planejamento de recursos hídricos de uma determinada região, seja no horizonte tático-operacional ou mesmo estratégico. O presente trabalho apresentará um exemplo prático da integração de índices e indicadores a um Sistema de Suporte a Decisão em recursos hídricos, como forma de reconhecer o aporte técnico do uso destas ferramentas e assim incentivar a produção de mais conhecimento neste campo.

PALAVRAS-CHAVE: Índice e Indicadores, Gestão de Recursos Hídricos, Sistemas de Suporte a Decisão, Sistema Integrado Metropolitano.

INTRODUÇÃO

Na gestão de recursos hídricos, a disponibilização de informações objetivas e confiáveis é um fator decisivo para que os gestores e tomadores de decisão orientem suas escolhas e linhas de ação de forma adequada e tecnicamente respaldada. Neste ambiente em constante evolução tecnológica, na busca do uso racional de um recurso natural tão importante quanto a água, não é suficiente apenas medir variáveis e parâmetros, mas também processar, corrigir, gerar e dar consistência aos dados medidos da maneira mais eficiente possível (CHEVALLIER, 2002).

Os índices e indicadores são ferramentas utilizadas nas diversas áreas de conhecimento como Economia, Administração, Engenharia e Medicina para representar de forma prática e objetiva um determinado processo, configuração ou situação. Dados brutos e primários comumente expressam informações relevantes sobre o estado ou funcionamento de um dado sistema. Estes dados, entretanto, quando não adequadamente tratados, são pouco compreensíveis e trabalháveis para o público em geral, e mesmo para técnicos da área de interesse e tomadores de decisão. Os índices e indicadores, despontam assim, como ferramentas que transformam dados coletados em informações relevantes e providas de significado para serem trabalhadas e interpretadas pelas diversas partes interessadas em um determinado processo, reduzindo eventuais complexidades e trazendo clareza para o processo decisório (SHIELS; SOLAR; MARTIN, 2002). Apesar de haver algumas sensíveis diferenças conceituais entre ambos os termos, discutidas por *Siche et al*. (2007), no presente trabalho os termos

índices e indicadores serão utilizados de maneira irrestrita para expressar ferramentas práticas de apoio ao processo decisório em recursos hídricos.

Neste contexto, o presente artigo tem como objetivo a apresentação e discussão da aplicação de índices e indicadores que podem ser utilizados de maneira integrada aos sistemas de suporte a decisão como ferramentas de apoio técnico ao processo decisório em recursos hídricos. Será abordada a aplicação do pacote de índices e indicadores implementados no Sistema de Suporte a Decisão SSD 3 Sabesp, desenvolvido pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp), em conjunto com o Laboratório de Sistemas de Suporte à Decisão (LabSid/USP). O sistema consiste em uma plataforma de gestão de recursos hídricos que integra diversos dados, informações e ferramentas para o apoio à gestão e planejamento dos sistemas produtores de água geridos pela Sabesp.

Os seguintes índices e indicadores serão abordados neste trabalho: Índice de Disponibilidade Hídrica: Mananciais (IDH_M) e Água Tratada (IDH_{AT}); Índice de Segurança Hídrica (ISH); Índice de Precipitação Padronizada (do inglês, SPI); Magnitude da Seca (do inglês, DM), e; Número de Dias Consecutivos Sem Chuva (DSC). Como forma de subsidiar a análise destas ferramentas, será demonstrado um exemplo de sua aplicação ao caso do Sistema Integrado Metropolitano (SIM), conjunto de sistemas produtores de água responsáveis pelo abastecimento de água da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP).
Cumpre ainda ressaltar que não é intuito dos autores do presente trabalho realizar uma investigação exaustiva dos diversos índices e indicadores que podem ser utilizados no contexto do gerenciamento de recursos hídricos, mas sim, de demonstrar uma aplicação prática de um grupo selecionado de ferramentas.

ORIGEM DO CONHECIMENTO

O pacote de índices e indicadores implantados SSD3 Sabesp teve origens diversas e combinou tanto a aplicação de ferramentas já existentes na literatura e no *benchmarking* de outras instituições, como no desenvolvimento próprio de metodologias por parte das equipes técnicas do LabSid e Sabesp, de forma a gerar uma combinação adequada de informações que subsidiassem as decisões voltadas ao planejamento e gestão de recursos hídricos sob responsabilidade da companhia.

O Índice de *Falkenmark*, definido como a razão entre a vazão anual total disponível para consumo e população de uma determinada área de interesse, talvez configure uma das medidas de estresse hídrico mais utilizadas no mundo (BROWN e MATLOCK, 2011). O estudo deste índice fundamentou o desenvolvimento dos Índices de Disponibilidade Hídrica aplicados ao SSD3 Sabesp, notadamente do IDH Mananciais (IDH_M), que representa a relação teórica entre o montante total de água disponível de um determinado sistema produtor, por habitante, em uma escala de tempo anual. O montante de água disponível é calculado como sendo a soma entre as vazões naturais médias, vazões aportadas, e o volume médio reservado no sistema, transformado em vazão em um horizonte de tempo anual. O Índice de Disponibilidade Hídrica – Água Tratada (IDH_{AT}), por outro lado, expressa a relação entre a vazão média produzida por um sistema, em sua respectiva Estação de Tratamento de Água (ETA), que teoricamente encontra-se disponível para consumo da população (por habitante), em um determinado período. Este índice foi desenvolvido como forma de balizar a produção de água da companhia e, assim, apoiar na avaliação da suficiência de água fornecida para consumo da população, a nível de planejamento.

O Índice de Segurança Hídrica (ISH), por sua vez, foi desenvolvido no intuito de fornecer uma medida de acompanhamento para cada sistema produtor quanto ao seu estado de reservação em relação a seus níveis históricos. O ISH determina o quão próximo (ou distante) o volume útil do sistema, em um determinado mês, encontra-se das metas pré-definidas para aquele mês. As metas do indicador são calculadas com base no histórico mensal do sistema avaliado, considerando as médias históricas de volume no início dos períodos secos (março) e chuvosos (setembro), nos anos em que houve pleno atendimento de demandas. Para este índice foram definidas três faixas de avaliação que expressam a condição de estado do sistema a cada mês: $ISH < 0{,}40$ – Crítica; $0{,}40 \leq ISH < 0{,}70$ – Atenção; $ISH \geq 0{,}70$ – Satisfatório.

O Índice de Precipitação Padronizado (SPI) (do acrônimo em inglês *Standardized Precipitation Index*), é um índice meteorológico comumente utilizado para o monitoramento de condições associadas a secas e excesso de chuva (KEYANTASH e DRACUP, 2002). Foi desenvolvido originalmente por McKee, Doesken e Kleist (1993), e é baseado somente em dados de precipitação (normalmente, mensal). Derivado do SPI, o DM

(Magnitude da Seca, do inglês *Drought Magnitude*) é um indicador que estima a magnitude da seca, considerando a sua persistência e intensidade acumulada. O SPI é dado em limiares (observar legenda do gráfico da ***Figura 3***), que tecnicamente correspondem ao número de desvios-padrão que a precipitação observada se afasta da média. A precipitação utilizada no cálculo do SPI pode ser agregada em períodos de i meses. Normalmente, utilizam-se períodos de precipitação média de 3, 6, 12, 24 ou 48 meses (MCKEE; DOESKEN; KLEIST, 1993). O SPI é utilizado por instituições e órgãos de pesquisa e monitoramento tanto no cenário nacional quanto internacional, destacando-se os americanos NDMC (*National Drought Mitigation Center*) e o WRCC (*Western Regional Climate Center*), e brasileiro CPTEC/INPE.

O Número de Dias Consecutivos Sem Chuva é um indicador também apresentado no portal do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE). Neste ambiente, porém, o indicador encontra-se apresentado na forma de um mapa temático para Brasil, não estando regionalizado por localidade. O IPMet Unesp, por outro lado, apresenta em seu portal este indicador de forma regionalizada para a região de Bauru-SP, entretanto demonstrando apenas a marcação do momento, sem disponibilizar o histórico do indicador.

MATERIAIS E MÉTODOS

A Região Metropolitana de São Paulo e o Sistema Integrado Metropolitano

A Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) é uma das maiores regiões metropolitanas do mundo, contando com aproximadamente 20 milhões de habitantes. A região possui uma disponibilidade hídrica de aproximadamente 201 m³/hab./ano, extremamente baixa, comparável aos estados mais secos do Nordeste Brasileiro, como Paraíba e Pernambuco, muito por conta de que a RMSP se localiza em uma região de cabeceira de rios e constitui-se no maior aglomerado urbano do país (PORTO, 2003). A RMSP representa um dos casos mais emblemáticos no Brasil em termos de condições naturais desfavoráveis e baixa disponibilidade hídrica local para o abastecimento urbano e atendimento de outras demandas. Nestes casos, obras de reservação, transferências de vazões de bacias hidrográficas vizinhas e a operação de complexas infraestruturas de abastecimento contribuem para a garantia da oferta de água e reforço da disponibilidade local (ANA, 2017).

O abastecimento da RMSP se dá por meio do Sistema Integrado Metropolitano (SIM), que constitui um conjunto de sistemas produtores que juntos somam o montante de 1.944,6 hm³ de volume útil, e capacidade máxima de produção, em suas respectivas ETA's, de 82,3 m³/s. Fazem parte do SIM os seguintes sistemas: Cantareira, Alto Tietê, Guarapiranga, Rio Grande, Rio Claro, São Lourenço, Ribeirão da Estiva, Alto e Baixo Cotia.

Para a análise de aplicação proposta neste trabalho, avaliou-se um período histórico do SIM de 20 anos, que se estendeu de janeiro/1999 a dezembro/2018.

Índices e Indicadores Aplicados ao SSD 3 Sabesp

A presente seção visa apresentar os métodos de cálculo de cada um dos índices e indicadores apresentados neste artigo. Todos os dados utilizados para as computações demonstradas a seguir foram disponibilizados pela própria Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo (Sabesp).

$$IDH_M = \frac{(V_{sist}/t) + Q_{nat} + Q_{transf}}{Pop}$$ equação (1)

$$IDH_{AT} = \frac{Q_{prod}}{Pop}$$ equação (2)

Sendo, V_{sist} = Volume médio mensal do sistema (m³); Q_{nat} = Vazões naturais médias do sistema (m³/s); t = tempo (ano); Q_{transf} = Vazões médias de transferências; Q_{prod} = Vazão média produzida nas ETA's (l/dia); Pop = População abastecida (habitantes). O IDH_M é comumente expresso em (m³/hab*ano), enquanto o IDH_{AT} em (l/hab*dia).

$$ISH = \frac{V_{Oper}}{V_{Meta}}$$ equação (3)

Sendo, V_{Oper} = Volume operacional do sistema (hm³); V_{Meta} = Volume meta para o período (hm³). O ISH é um indicador adimensional.

Para o cálculo dos índices SPI e DM, utilizou-se como referência o roteiro de cálculo descrito por Naresh Kumar et al. (2009). Assim como no trabalho de Faro et al, (2019), foi aqui utilizada a agregação dos dados de precipitação por médias móveis de 12 meses.

$$Z = SPI = \pm\left(t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3}\right)$$

equação (4)

$$Se\ 0 < H(x) \leq 0,5\ ;\ SPI < 0\ ;\ t = \sqrt{\ln\left(\frac{1}{H(x)^2}\right)}$$

equação (5)

$$Se\ 0,5 < H(x) \leq 1\ ;\ SPI > 0\ ;\ t = \sqrt{\ln\left(\frac{1}{(1 - H(x))^2}\right)}$$

equação (6)

Sendo, c_0 = 2,515517; c_1 = 0,802583; c_2 = 0,010328; d_1 = 1,432788; d_2 = 0,189269; d_3 = 0,001308. H(x) = Probabilidade acumulada da função *Gamma*.

$$DM = -\left(\sum_{j=1}^{x} SPI_{ij}\right)$$

equação (7)

Onde, j inicia-se no primeiro mês de seca e continua até o final desta seca (x), para qualquer escala temporal i. O DM possui unidade de meses e é numericamente equivalente à duração da seca, se cada mês desta seca possuir SPI = -1,0 (MCKEE; DOESKEN; KLEIST, 1993).

$$DSC = \sum_{j=1}^{x} D_j\ ;\ se\ P_j > y$$

equação (8)

D_j = Valor unitário de contagem (= 1 dia). Onde j inicia-se no primeiro dia em que ocorrem precipitações observadas P_j acima de um valor mínimo de referência y, e continua até que o valor de P_j seja inferior a y. O DSC possui unidade de dias.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção, demonstra-se a aplicação dos índices e indicadores implantados no SSD3 Sabesp ao caso do Sistema Integrado Metropolitano, de janeiro/1999 a dezembro/2018.

O acompanhamento dos Índices de Disponibilidade Hídrica ao longo do tempo pode ser observado na ***Figura 1***, a seguir.

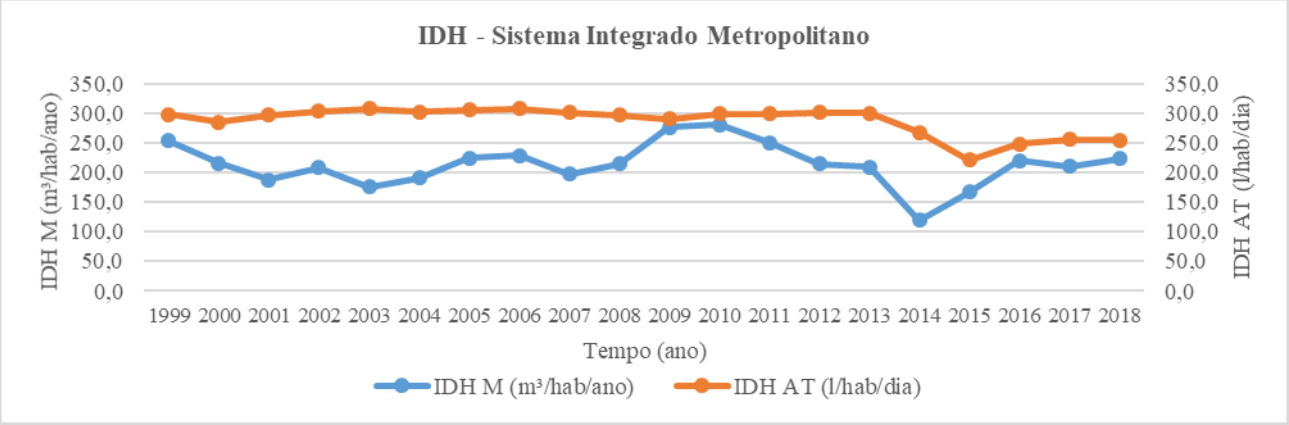


Figura 1: Índices de Disponibilidade Hídrica (IDH), Mananciais e Água Tratada, para o Sistema Integrado Metropolitano, de janeiro/1999 a dezembro/2018.

Entre os anos de 2009 e 2010, o IDH_M teve seus valores mais elevados, atingindo aproximadamente 300 m³/hab./ano em seu pico. Enquanto que os valores mais baixos foram observados entre os anos de 2014 e 2015 (IDH_M = 121 m³/hab./ano), durante o período em que sabidamente houve uma das principais Crises Hídricas da região.

Uma vez que a metodologia de construção do IDH_M se relaciona com o conceito do Índice de *Falkenmark*, pode-se utilizar como forma de balizamento para sua avaliação as próprias faixas de avaliação estabelecidas deste segundo indicador. Ou seja, pelo histórico destes 20 últimos anos, nota-se que a região hidrográfica do SIM reiteradamente encontra-se na faixa de "absoluta escassez" de água (BROWN e MATLOCK, 2011), pois IDH_M < 500 m³/hab./ano em todo o período. Neste cenário, a condição de escassez, é importante definir, é uma situação provocada por uma conjuntura de fatores de difícil gerenciamento que influenciam no índice. Considerando que o IDH_M depende diretamente das variáveis "volume armazenado", "vazões naturais" e "aportadas", e estas, por sua vez, do total de chuvas incidentes na área de drenagem do sistema, é notório observar que a oscilação apresentada no gráfico da ***Figura 1*** é diretamente proporcional ao regime pluviométrico da região, que será abordado adiante através dos indicadores SPI, DM e DSC. A oscilação do IDHM apresenta, todavia, uma limitação superior, que se encontra associada duplamente às restrições de disponibilidade hídrica características da região e às elevadíssimas taxas de ocupação populacional, neste caso, da RMSP. É importante ressaltar ainda que o IDH_M não reflete diretamente os eventuais ganhos operacionais obtidos a partir do incremento de flexibilidade operacional do SIM, decorrentes das obras de integração entre sistemas, em que um mesmo "ponto de demanda" consegue ser abastecido por mais de um sistema produtor. Os ganhos obtidos pelo aporte de "novos" volumes de água, entretanto, conseguem ser mensurados, como é o caso, por exemplo, da entrada em operação do Sistema São Lourenço e Interligação do Jaguari-Atibainha que, no trecho final do gráfico, confere à curva do IDH_M uma tendência ascendente de comportamento.

O IDH_{AT} apresentou valores constantes entre 1999 e 2013, situando-se em torno de uma produção de 300 l/hab./dia. A partir deste último, muito por conta das medidas que foram necessárias para adaptação à Crise Hídrica de 2014-15, o índice sofreu uma redução, chegando ao mínimo de 221 l/hab./dia no ano de 2015. Após o período de crise, nota-se uma mudança de patamar nos níveis de produção de água, que puderam ser reduzidos principalmente por conta de medidas de incremento de eficiência no abastecimento como, por exemplo, diminuição de perdas, redução de pressão na rede em horas de baixo consumo, e também da própria mudança de hábitos de consumo da população da RMSP, que passou de um consumo médio de 160 l/hab./dia em 2012 (pré-crise) (BRAGA e KELMAN, 2015), para uma faixa de 123 l/hab./dia, em 2018, mantida mesmo após a crise.

Como as computações do IDH_M e do ISH possuem dependência direta dos volumes reservados no sistema, é interessante verificar a resposta que ambos estes indicadores demonstraram principalmente aos eventos de escassez de chuvas na região, representados nos gráficos das ***Figuras 3*** e ***4***. A ocorrência reiterada de precipitações abaixo dos níveis médios históricos causou sensíveis reduções na disponibilidade hídrica na área de influência do Sistema Integrado Metropolitano e, por conseguinte, rebaixamento do grau de segurança hídrica dos sistemas que abastecem a Região Metropolitana de São Paulo. O gráfico apresentado na ***Figura 2*** demonstra o acompanhamento do Índice de Segurança Hídrica ao longo destes últimos 20 anos e demonstra

justamente como os valores mais baixos deste índice ocorreram nos períodos de baixas precipitações. Em três momentos o ISH figurou na faixa "crítica": de setembro a novembro/2001, de setembro/2003 a janeiro/2004 e, de maio/2014 a 12/2015. Tendo sido neste último período, a ocorrência do valor mais baixo do ISH (-0,04). O valor negativo do índice se deveu à entrada na reserva técnica do Sistema Cantareira durante a Crise de 2014-2015.

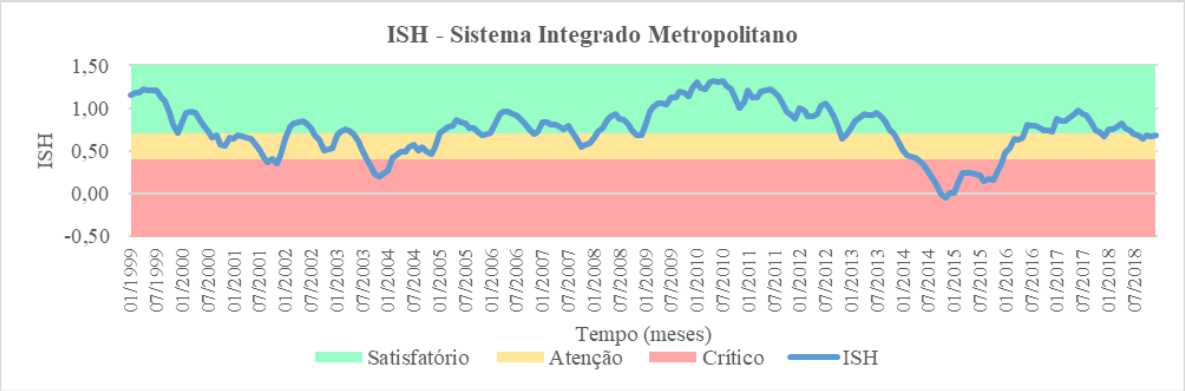


Figura 2: Índice de Segurança Hídrica (ISH) para o Sistema Integrado Metropolitano, de janeiro/1999 a dezembro/2018.

O acompanhamento do Índice de Precipitação Padronizada (SPI) (gráfico da ***Figura 3***) permitiu a mensuração da severidade dos eventos secos e chuvosos que notadamente ocorreram na região nos últimos 20 anos de observações.

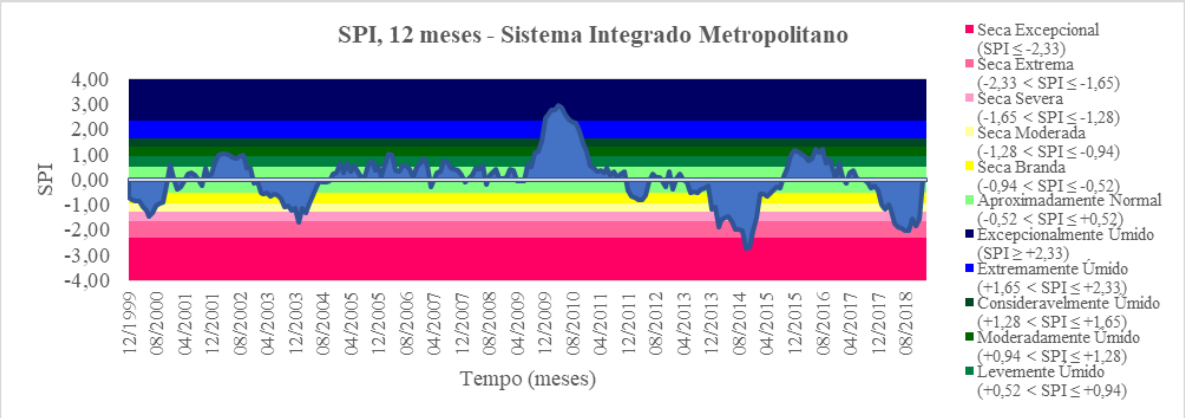


Figura 3: Índice de Precipitação Padronizada (SPI), com média móvel de 12 meses, para o Sistema Integrado Metropolitano, de janeiro/1999 a dezembro/2018.

As chuvas que notadamente ocorreram acima das médias históricas entre os anos de 2009 e 2010 resultaram no período em que o SPI apresentou seu valor mais elevado (SPI = 2,9; em abril/2010), indicando a situação de evento "extremamente úmido". Por outro lado, os eventos atrelados à Crise Hídrica de 2014-2015 resultaram na ocorrência do período mais crítico em termo de ausência de chuvas na região, sendo qualificado como um período de "seca excepcional". Tendo o auge deste evento ocorrido em outubro/2010, com SPI = -2,7.

O evento mais crítico em termos de Magnitude da Seca ocorreu durante os anos de 2014 e 2015 (gráfico da ***Figura 4***). Neste período, o DM do Sistema Integrado Metropolitano atingiu, em agosto/2015, o valor máximo de 27,8 meses de persistência da seca, ou seja, por um período maior que 2 anos, que culminou nesta data, as chuvas apresentaram-se abaixo dos valores históricos "normais". Esta condição de escassez justamente só foi atenuada pelas chuvas que começaram a ocorrer acima das médias históricas nos meses que se seguiram.

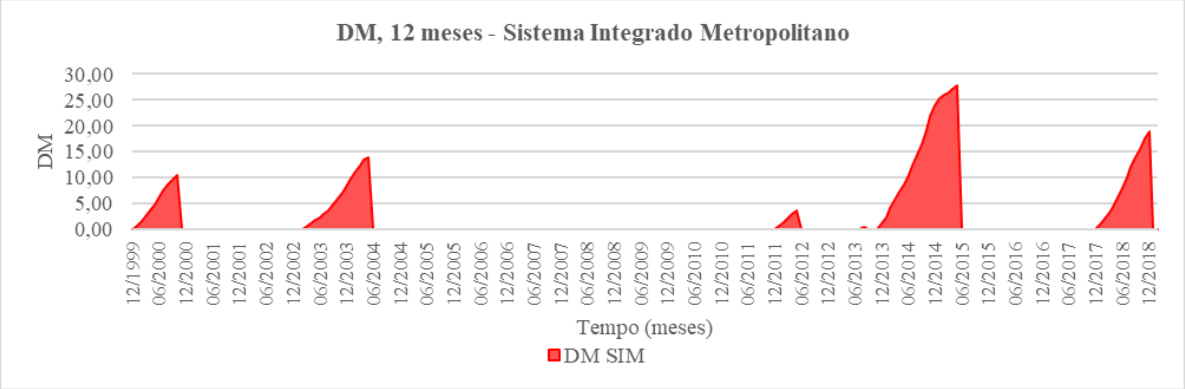


Figura 4: Magnitude da Seca (DM), com média móvel de 12 meses, para o Sistema Integrado Metropolitano, de janeiro/1999 a dezembro/2018.

O acompanhamento do indicador DSC (gráfico da ***Figura 5***) demonstra que os piores anos em termos de estiagem (dias consecutivos sem chuva) para cada sistema individual não foram coincidentes.

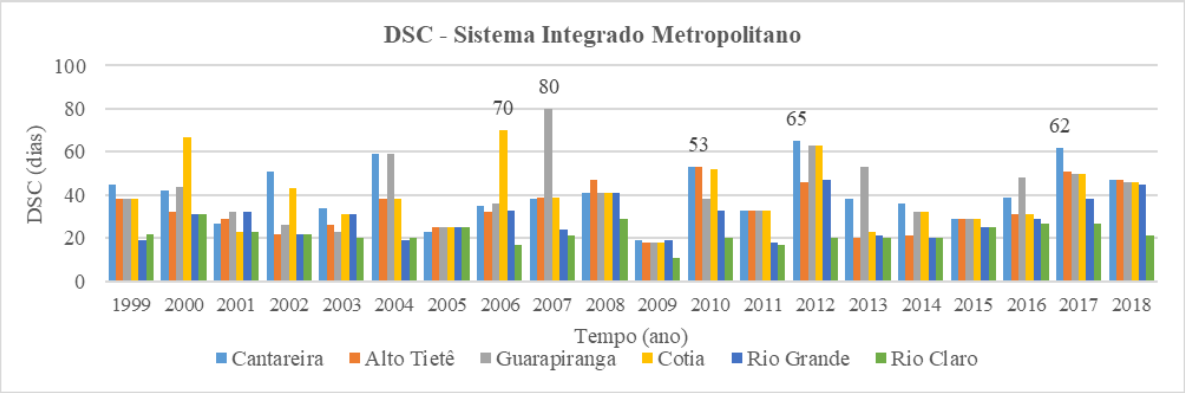


Figura 5: Dias Consecutivos Sem Chuva (DSC) para o Sistema Integrado Metropolitano (SIM), de janeiro/1999 a dezembro/2018.

Analisando especificamente os 3 principais sistemas produtores de água da RMSP, Cantareira, Alto Tietê e Guarapiranga, verifica-que os valores máximos do DSC ocorreram, respectivamente, em 2007 (DSC_{Gua} = 80 dias), 2010 (DSC_{Alt} = 53 dias) e 2012 (DSC_{Cant} = 65 dias). Especificamente para o período da Crise Hídrica de 2014-2015, a análise combinada com os gráficos das ***Figuras 3*** e ***4***, permite verificar que não foram os "dias consecutivos sem chuvas" que provocaram a deflagração da crise, mas sim, a ocorrência de precipitações reiteradamente abaixo das médias históricas.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados apresentados a partir de índices e indicadores demonstram um importante ganho ao tomador de decisões em recursos hídricos, à medida em que estas ferramentas traduzem, de forma prática e objetiva, diversos dados primários em informações relevantes que auxiliam na compreensão dos processos que envolvem a gestão da água.

O cálculo do IDH_M contribui para a identificação da condição restritiva, em termos hidrológicos, inerente à RMSP, principalmente associadas à combinação entre baixa disponibilidade hídrica e elevada densidade populacional. Enquanto isto, o acompanhamento do ISH permite a identificação dos momentos em que o sistema se encontra mais vulnerável. O reconhecimento destas condições ajuda a orientar tanto as diretrizes de planejamento e gestão, bem como medidas de curto-médio prazo que devem ser tomadas para auxiliar no incremento da disponibilidade hídrica de uma unidade de gestão e, por consequência, da segurança hídrica regional.

O IDH_{AT} demonstrou, em termos de oferta/demanda de água, o quanto foi possível reduzir a produção das ETA's a partir das medidas de gestão que foram tomadas para adaptação ao cenário de crise. Já a utilização dos índices meteorológicos SPI, DM e DSC, na mesma linha, permitiu a compreensão mais acurada do regime pluviométrico regional, de suas variações temporais e de magnitude, e como estes fatores ajudam a desenhar o contexto hidrológico que pode culminar, por exemplo, como um cenário de escassez hídrica como o observado na RMSP em 2014 e 2015.

Destaca-se que os autores do presente trabalho não pretendem advogar em favor da utilização exclusiva dos índices e indicadores na gestão de recursos hídricos, muito pelo contrário. O intuito deste trabalho foi de contribuir para o fortalecimento de mais uma abordagem que integra o rol de ferramentas do gestor e tomador de decisões na área de planejamento e gestão de recursos hídricos.

Por fim, reitera-se ainda a necessidade que todos os diversos grupos de índices e indicadores voltados à gestão de recursos hídricos, sejam eles índices meteorológicos, climáticos, hidrológicos, de qualidade, devem ser utilizados combinada e sinergicamente com outras ferramentas de suporte à decisão já consagradas, como os modelos de alocação de água, geração chuva-vazão, entre outros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANA, Agência Nacional de Águas. Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil: Relatório Pleno. Brasília-DF: ANA, 2017.
2. BRAGA, B.; KELMAN, J. *Facing the challenge of extreme climate: the case of Metropolitan São Paulo. Water Policy*, v. 18, n. S2, p. 52-69, 2016.
3. BROWN, A.; MATLOCK, M. D. *A review of water scarcity indices and methodologies. White paper*, v. 106, p. 21, 2011.
4. CHEVALLIER, P. Aquisição e processamento de dados. TUCCI, CEM Hidrologia: ciência e aplicação. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, p. 483-525, 2001.
5. FARO, G. T. C. et al. *Application of indices for water resource systems stress assessment*. RBRH, v. 24, 2019.
6. KEYANTASH, J.; DRACUP, J. A. *The quantification of drought: an evaluation of drought indices. Bulletin of the American Meteorological Society*, v. 83, n. 8, p. 1167-1180, 2002.
7. MCKEE, T. B. et al. *The relationship of drought frequency and duration to time scales. In: Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology*. Boston, MA: *American Meteorological Society*, v. 17, n. 22, p. 179-183, 1993.
8. NARESH KUMAR, M. et al. *On the use of Standardized Precipitation Index (SPI) for drought intensity assessment. Meteorological applications*, v. 16, n. 3, p. 381-389, 2009.
9. PORTO, M. Recursos hídricos e saneamento na Região Metropolitana de São Paulo: um desafio do tamanho da cidade. In: Serie Agua Brasil. Banco Mundial, 2003.
10. SICHE, R. et al. Índices *versus* indicadores: Precisões conceituais na discussão da sustentabilidade de países. Ambiente & Sociedade, Campinas, v. X, n. 2, p. 137-148, jul-dez 2007.
11. SHIELDS, D. J.; ŠOLAR, S. V.; MARTIN, W. E. *The role of values and objectives in communicating indicators of sustainability. Ecological Indicators*, v. 2, n. 1-2, p. 149-160, 2002.