

SISTEMAS FLUVIAIS E O USO DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE: DISCUSSÃO SOBRE A UTILIZAÇÃO DO INSTRUMENTO PARA GESTÃO DE CURSOS D'ÁGUA NO BRASIL

Andreza Tacyana Felix Carvalho

Professora Adjunta I do Departamento de Geografia da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN), Rio Grande do Norte, Brasil
E-mail: andreza.recursoshidricos@gmail.com

Resumo

Os cursos d'água são sistemas ambientais complexos compostos por diversos elementos que se interagem, transformam, produzem, ligam e mantém o sistema como um todo. Alterações neste sistema, mesmo que de baixa intensidade, levam à sua desestabilização, provocando diversos impactos comprometendo inclusive, a sua qualidade ambiental. Neste sentido, os indicadores de sustentabilidade considerando dimensões ambiental, econômica, social e institucional, na perspectiva conjunta de tempo e espaço, podem ser uma relevante ferramenta de gestão hídrica em prol da sustentabilidade dos cursos d'água. Assim, diante desta perspectiva e, considerando a abordagem holística de sistemas complexos sobre os ambientes fluviais, este trabalho através de revisão bibliográfica, pesquisa documental e, consulta em meio digital aos órgãos federal e estaduais de gestão de recursos hídricos, discute de forma exploratória, descritiva e interpretativa, a utilização de indicadores de sustentabilidade para gestão de cursos d'água no Brasil.

Palavras-chave: Sistemas complexos; Ambientes fluviais.; Gestão hídrica; Indicadores hidroambientais.

SYSTEMS OF RIVERS AND THE USE OF SUSTAINABILITY INDICATORS: DISCUSSION ON THE USE OF THE INSTRUMENT IN THE MANAGEMENT TO WATERCOURSES IN BRAZIL

Abstract

Watercourses are complex environmental systems composed of several elements that interact, transform, produce, link and maintain the system as a whole. Changes in this system, even of low intensity, lead to its destabilization, provoking several impacts, including compromising its environmental quality. In this sense, sustainability indicators considering environmental, economic, social and institutional dimensions, from a joint perspective of time and space, can be a relevant water management tool for the sustainability of water courses. Thus, in view of this perspective, and considering the holistic approach of complex systems on the fluvial environments, this work through bibliographic review, documentary research and, digital consultation to the federal and state bodies of water resources management, discusses exploratory, descriptive and interpretative approach, the use of sustainability indicators for the management of watercourses in Brazil.

Key words: Complex systems; Fluvial environments; Water management; Hydro-environmental indicators.

SISTEMAS FLUVIALES Y EL USO DE INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD: DISCUSIÓN SOBRE LA UTILIZACIÓN DEL INSTRUMENTO PARA GESTIÓN DE CURSOS DE AGUA EN BRASIL

Resumen

Los cursos de agua son sistemas ambientales complejos compuestos por diversos elementos que interactúan, transforman, producen, unen y mantienen el sistema como un todo. Los cambios en este sistema, aunque de baja intensidad, llevan a su desestabilización, provocando diversos impactos comprometiendo incluso, su calidad ambiental. En este sentido, los indicadores de sostenibilidad considerando dimensiones ambiental, económica, social e institucional, en la perspectiva conjunta de tiempo y espacio, pueden ser una relevante herramienta de gestión hídrica en favor de la sostenibilidad de los cursos de agua. Así, frente a esta perspectiva y, considerando el abordaje holístico de sistemas complejos sobre los ambientes fluviales, este trabajo a través de revisión bibliográfica, investigación documental y, consulta en medio digital a los órganos federal y estatales de gestión de recursos hídricos, discute de forma exploratoria, descriptiva e interpretativa, la utilización de indicadores de sostenibilidad para gestión de cursos de agua en Brasil.

Palabras-clave: Sistemas complejos; Ambientes fluviales; Gestión hídrica; Indicadores hidroambientales.

Introdução

Os cursos d'água são os principais elementos de uma bacia hidrográfica. Segundo Christofolletti (1981), eles são as principais vias de transporte dos produtos de meteorização física e química. Ao realizar tal função, a água que flui da terra para os mares, concentradas através dos canais fluviais, formam um sistema altamente organizado e complexo, cuja quantidade de interrelações e variáveis envolvidas no processo faz que a elucidação completa e simultânea do funcionamento dos canais fluviais seja tarefa bastante difícil.

Diante da complexidade de e entre seus componentes, estes elementos das paisagens são compreendidos como sistemas ambientais complexos, nos quais de acordo com Bertalanffy (1975), Sothava (1977), Christofolletti (1979) e Christofolletti (1981), atuam conjuntamente três conceitos ou elementos: o todo, as partes e a sua interrelação. Compreende-se que a organização como sistema complexo “(...) corresponde à disposição das inter-relações de seus elementos que produz uma unidade complexa ou sistema. Seu estudo busca um meio de estimar a probabilidade de um conjunto de variáveis ou elementos em interação se auto-organizarem” (MORIN, 2013).

De acordo com Cardoso (2012), uma vez que os sistemas fluviais apresentam uma enorme diversidade entre si, tornou-se necessária a simplificação dessa realidade por meio do estabelecimento de tipologias para que em seguida, fossem aplicados os modelos de gestão ou atuação mais pertinentes.

Partindo então dos princípios da sustentabilidade, “o capítulo 40, da Agenda 21 aborda a necessidade da construção de Indicadores que contemplem a realidade de cada país para a tomada de decisão” (RABELLO & LIMA, 2007). Segundo Guimarães & Feichas

(2009), Quiroga (2001), Morin & Christodoulou (2012) e Carvalho et al. (2015), os Indicadores são ferramentas capazes de subsidiar o monitoramento da operacionalização do desenvolvimento sustentável, tendo como função principal a apresentação de informações sobre o estado das diversas dimensões (ambientais, econômicas, socioeconômicas, culturais, institucionais, etc.) que compõem o desenvolvimento sustentável de determinado sistema na sociedade.

Conforme destacam Bellen (2002) e Masud et al. (2018), os Indicadores de sustentabilidade apresentam-se como formas de medir o progresso em relação a uma meta, considerando dimensões ecológica, econômica, social e institucional, na perspectiva conjunta de tempo e espaço. Ainda segundo o Bellen (2004), estes indicadores são relevantes para o processo de gestão, na medida em que estão aptos a retratar a realidade de uma maneira científica, destinada a orientar na formulação de políticas.

Neste sentido, para a gestão de recursos hídricos, os indicadores são ferramentas de otimização dos atributos de informações existentes, de sinalização de lacunas de dados e de sinalização das prioridades de gestão. São, portanto, instrumentos de auxílio ao processo decisório participativo (MAGALHÃES, NETTO & NASCIMENTO, 2003), pois podem ser usados para ajudar os decisores a priorizar questões, desafios e programas relacionados ao gerenciamento de recursos hídricos (JUWANA et al., 2012) uma vez que “(...) são úteis para observar, descrever e avaliar estados atuais, formular estados desejados ou comparar um estado atual com um desejado para o futuro” (LACERDA & CÂNDIDO, 2013).

Assim, diante desta perspectiva, este trabalho tem como objetivo, discutir de forma exploratória, descritiva e interpretativa, considerando a abordagem holística de sistemas complexos, a utilização de indicadores de sustentabilidade para gestão de cursos d'água no Brasil. Para tal, utiliza-se de pesquisa bibliográfica e documental sobre o tema, bem como, de pesquisa consultiva em meio digital, aos órgãos federal e estaduais gestores de recursos hídricos do Brasil.

Indicadores de sustentabilidade para gestão de recursos hídricos

Oriundo do latim, o termo *indicare*, que dá origem aos indicadores, é utilizado há bastante tempo para comunicar tendências. Embora a sua generalização tenha ocorrido por volta de 1947 em diante, quando a medição do Produto Interno Bruto (PIB) associada a dados demográficos se disseminou como indicador de desenvolvimento, foi a partir da

Conferência de Estocolmo, em 1972, que pela primeira vez chamou a atenção para as questões ambientais e sua relação com o desenvolvimento econômico (RABELO & LIMA, 2007; MMA, 2014).

Segundo o Serviço Social da Indústria (2010), Indicadores são variáveis definidas para medir um conceito abstrato, relacionado a um significado social, econômico ou ambiental, com a intenção de orientar decisões sobre determinado fenômeno de interesse. Admite-se, então, que um indicador é uma medida de variáveis ao longo do tempo, para descrição e monitoramento do ambiente referencial e preveja impactos de uma proposta de política/plano/programa. E assim, como cita Gao et al. (2017), diversas pesquisas científicas e técnicas demonstram que o uso de indicadores fornece várias assistências ao processo de avaliação ambiental e tomada de decisão.

A quantificação de informações, com base em padrões de referência, pode tornar o seu significado mais nítido e facilitar a comunicação das informações obtidas e esperadas. Os indicadores não são informações explicativas ou descritivas, mas pontuais, no tempo e no espaço, cuja integração e evolução permitem o acompanhamento dinâmico da realidade (JÚNIOR MAGALHÃES, NETTO & NASCIMENTO, 2003). Entretanto, “uma vez que a função do indicador é a de simplificar, algum teor informativo pode ser perdido, mas se este é projetado corretamente, a perda não produz uma distorção significativa em relação às variáveis respostas” (BOLLMANN & MARQUES, 2000).

Desse modo, quando associados diversos aspectos, estes Indicadores tendem a conjugar interesses e objetivos, são os casos dos Indicadores de sustentabilidade que “(...) diferenciam-se dos demais por exigirem uma visão de mundo integrada, necessitando relacionar para tanto, a economia, o meio ambiente e a sociedade de uma dada comunidade” (ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, 2003; SILVA, CÂNDIDO & MARTINS, 2009).

Atualmente, existe uma série de métodos para a aplicação de Indicadores de sustentabilidade para a avaliação de impacto de projetos na interface de desenvolvimento ambiental (PIRES et al., 2016). Contudo, “(...) na prática, a sustentabilidade é tratada a partir de listas de indicadores que refletem várias questões, muitas vezes classificadas simplificada em três categorias: econômica, ambiental e social” (MARTINET, 2011).

Segundo Sánchez (2008), alguns indicadores e índices ambientais podem ser aproveitados nos Estudos de Impacto Ambiental (EIAs), principalmente para fins de elaboração de diagnóstico ambiental. Na etapa de estudos de base, os indicadores permitem

descrever, de modo sistemático, a situação que precede a eventual implantação do empreendimento e, na etapa de previsão, a situação futura.

O processo da escolha de indicadores deve possibilitar uma análise temporal num mesmo território, bem como a comparação entre territórios numa escala espacial e temporal. É desejável ainda que sejam capazes de comparar objetivos, frutos dos desejos da sociedade, com os resultados alcançados, oriundos das ações implementadas, indicando vazios entre o planejamento e a execução de políticas públicas e decisões tomadas, possibilitando além de comparações nas escalas anteriores, também comparações em termos do processo de gestão (GUIMARÃES & FEICHAS, 2009; VAN ZEIJL-ROZEMA & MARTENS, 2010).

Entende-se que os indicadores devem possuir qualidades que justifiquem “(...) sua escolha em um processo de gestão, como relevância, condições analíticas (embasamento técnico-científico), mensurabilidade (dados facilmente disponíveis e a custos aceitáveis), qualidade dos dados, e comparabilidade, a qual é especialmente importante na busca de níveis referenciais para a determinação de metas” (HAMILTON, 1996; IORI et al., 2008). Pois, segundo Masud *et al.*, (2018), eles podem ser constituídos por vários subindicadores quando exige medir impactos amplos.

Atualmente, diversos países têm adotado sistemáticas de desenvolvimento e monitoramento de indicadores em suas políticas de águas. Todavia, no Brasil, “(...) a experiência mais consolidada de criação de um painel de indicadores focados no desenvolvimento sustentável, incluindo um número significativo de indicadores de ambientais, é a do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), inicialmente no ano de 2002 (...)” (MMA, 2014), destacando um item específico direcionado aos recursos hídricos.

Os cursos d'água como sistemas ambientais complexos e as intervenções antrópicas na descontinuidade desses sistemas

Segundo Scalamoto *et al.* (2018), o ambiente não é apenas um somatório de sistemas, mas existe uma interdependência dos elementos que compõe esses sistemas tão complexos que para tentar compreender é necessário uma visão integradora. Como cita Mattos & Perez (2004), a simples interação entre estes elementos não forma um sistema se não forem capaz de criar algo que funcione como um todo integrado. Por outro lado, não é possível compreender totalmente esse todo se não entender quais são suas partes e como elas se

interrelacionam. Portanto, “(...) a organização transforma, produz, liga e mantém o sistema” (MARÇAL & LIMA, 2016).

Diante desta perspectiva, segundo Christofolletti (1979), Frissel *et al.* (1986), Drew (2005) e Souza (2013), alterações no sistema fluvial, mesmo que de baixa intensidade, levam à sua desestabilização devido ao grande número de interações e retroalimentações dos sistemas naturais. Tal acontecimento demanda do sistema um processo natural de reestabilização, no qual podem acontecer, de formas independentes ou associadas, os processos de resiliência ou elasticidade, resistência, multiestabilidade e/ou estabilidade múltipla.

Segundo Mattos & Perez Filho (2004), nas diversas formas em que se apresenta, a estabilidade aponta a capacidade do sistema, mesmo quando submetido a distúrbios, em manter seu padrão global de organização, seja no mesmo estado em que se encontrava antes da perturbação ou em um outro estado. Ainda segundo os mesmos autores (2004), embora os distúrbios possam provocar alterações estruturais e funcionais no sistema, e ainda que haja constantes alterações em componentes e nos modos como os elementos se interrelacionam, um sistema que consegue conservar certa coerência interna e preservar suas características fundamentais de organização ao longo de sua evolução, pode ser considerado estável.

De acordo com Silva (2010), normalmente os sistemas fluviais funcionam dentro de um limite natural de fluxo, movimento de sedimento, temperatura e outras variáveis, no que é denominado de ‘equilíbrio dinâmico’. Quando mudanças nestas variáveis vão além dos seus limites naturais, o equilíbrio dinâmico pode ser perdido, frequentemente, resultando em ajustes no ecossistema que poderá conflitar com as necessidades da sociedade.

Mas, apesar das atuações de elementos da natureza interferir naturalmente nesses complexos ambientais, é através das atividades antrópicas que se provoca a desestabilização nestes sistemas, impactando diretamente na geomorfologia fluvial e nas condições hidrológicas do curso d'água e quebrando o equilíbrio dinâmico. A ocupação urbana desordenada com seus efeitos de impermeabilização de solo, ocupação de áreas indevidas, lançamento de efluentes e de resíduos sólidos no solo e nos cursos d'água, bem como projetos de engenharia como de canalização, retificação e barramento de rios, são intervenções antrópicas na quebra da harmonia natural dos sistemas fluviais, comprometendo a qualidade dos corpos hídricos.

Como exemplo disso, citam-se as intervenções de canalização de rios, que têm sido empreendidas em muitas partes do mundo e frequentemente implementadas com a utilização de métodos de engenharia de resseccionamento ou de realinhamento do canal fluvial. Essa experiência tem mostrado que a jusante dessas obras pode haver diversas consequências da erosão e da degradação estética e danos às estruturas e características do sistema fluvial em questão.

Estas obras, assim como as de barramento e de retificação, fragmentam o sistema fluvial, “causam impactos hidrológicos potenciais, tanto nas águas superficiais como nas águas subterrâneas, ocorrendo ao longo do trecho do canal modificado, no setor a jusante do mesmo e na planície de inundação” (SANTOS & PINHEIRO, 2002). Diante desta problemática, “(...) mesmo que os conhecimentos científicos e tecnológicos formais sejam ainda incipientes, alguns esforços concretos atualmente em prática, já constituem tentativas válidas de resgate do enorme passivo existente” (BAPTISTA & CARDOSO, 2013).

No Brasil, de acordo com o Portal Nacional de Licenciamento Ambiental (PNLA) do Ministério do Meio Ambiente (MMA) (2018), entre os anos de 2010 a 2017, foi registrada a emissão de 30.856 licenças ambientais dos tipos prévia, de instalação, simplificada e autorização ambiental referentes à construção de obras hidráulicas, desde dragagens e construção de açudes, até implantação de barragens e retificação de cursos d'água.

Sabendo que “a configuração dos sistemas fluviais está intimamente relacionada à escala espacial da sua análise, podendo assumir as dimensões local, de trecho ou de bacia” (CARDOSO, 2012), compreende-se que as intervenções antrópicas são resultados de uma nova relação com o recurso natural e sua complexidade está associada com a impossibilidade de considerar aspectos particulares de determinados fenômenos, pois, como citam Reynoso et al. (2010), intervir em um sistema consiste em atuar de maneira racional e estratégica sobre os seus subsistemas e a estruturação de relações entre os mesmos.

Sobre isto, deve-se observar que a abordagem para avaliação de impactos ambientais referentes às intervenções em cursos d'água pode ser feita a partir de diversos níveis ou esferas específicas. “Em termos geográficos é possível abordar o conceito na esfera mundial, nacional, regional e local. Em relação ao aspecto temporal, pode se abordar a curto, a médio ou a longo prazo; e quanto aos atores envolvidos, a ênfase pode ser atribuída ao indivíduo, ao grupo ou à sociedade” (BELLEN, 2004).

Segundo Souza (2013), dentro da perspectiva de análise espacial, a bacia hidrográfica deve ser utilizada como unidade de ordenamento do território por ser uma

unidade sistêmica e na escala adequada ao planejamento. Além disso, “em razão das escalas em que operam as variáveis físicas em sistemas fluviais, dois caminhos conceituais desenvolveram-se para analisar sua organização espacial e temporal.” (MARÇAL & LIMA, 2016). De um lado, uma visão de rede (ênfase em controles na escala do sistema), de outro, uma visão de trechos (focando na descontinuidade e nos controles locais) (CHRISTOFOLETTI, 1981; PETTS & AMOROS, 1996).

Assim, enquanto a primeira oferece modelos de interpretação preditivos da rede, a segunda permite aumentar a precisão das interpretações na escala do canal como transições abruptas entre segmentos do rio, resultantes de efeitos de construção de barragens, variações locais ou regionais de litologia, geomorfologia, clima e vegetação. E assim, como em outros casos, esses tipos de projetos necessitam ser avaliados tecnicamente de forma específicas, podendo utilizar-se de uma base comum de indicadores voltados à avaliação do grau de sustentabilidade de cada tipo de projeto proposto, uma vez que, a maioria dos indicadores existentes não é adequada para isto perante as especificidades e complexidade dos sistemas fluviais.

Utilização de indicadores de sustentabilidade para gestão de cursos d'água no Brasil

Conforme Vieira & Studart (2009) e Lacerda & Cândido (2013), para um melhor monitoramento da gestão visando à sustentabilidade dos recursos hídricos, é importante a utilização de indicadores de sustentabilidade. Para tanto, os indicadores de sustentabilidade hídrica surgem como ferramentas que ajudam refletir e comunicar uma ideia complexa, a qual integra as esferas ambiental, social e econômica, passando a ser compreendida como de sustentabilidade hidroambiental.

Segundo Vieira (1996) e Martinet (2011), a sustentabilidade hidroambiental é “(...) a gestão integrada de recursos hídricos de uma região, na abrangência de vários aspectos desde o ciclo hidrológico, em suas fases superficial, subterrânea e aérea; os usos múltiplos da água; o inter-relacionamento dos sistemas naturais e sociais; a interdependência dos componentes econômicos, sociais, ambientais e políticas de desenvolvimento. Beaver & Beloff (2000) e Lacerda & Cândido (2013) citam que estes indicadores são úteis para observar, descrever e avaliar estados atuais, formular estados desejados ou comparar um estado atual com um desejado para o futuro.

Desse modo, fundamentando-se nestas ideias e conceito, bem como considerando diversos indicadores de sustentabilidade voltados às questões hídricas conforme destacam Hammond *et al.* (1995), Vieira (1996), Xu *et al.* (2005), Fortini *et al.* (2006), Rabelo e Lima (2007), Guimarães (2008), Iori *et al.* (2008), European Environment Agency (2009), Carvalho *et al.* (2011), Veról (2013), Campos *et al.* (2014), Bomfim *et al.* (2015), Pereira *et al.* (2016), Pires *et al.* (2016), Silva (2017), Masud *et al.* (2018) e Carvalho (2018), destaca-se que todos os indicadores apesar de serem elaborados e qualificados sob a ótica da sustentabilidade, cada um deles possuem conceitos, enfoques, estruturas, metodologias e aplicações diversas.

No Brasil, conforme Campos *et al.* (2014), no caso de indicadores de sustentabilidade hídrica, a escala geográfica para a sua aplicação, é a bacia hidrográfica, dado o papel de unidade territorial para aplicação da gestão de recursos hídricos, a ela conferido pela Lei Federal nº 9.433/1997, a fim de garantir a análise integrada dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos ali compreendidos (independentemente de os limites dos aquíferos coincidirem, ou não, com os limites da bacia).

Todavia, apesar desta Lei determinar alguns instrumentos para gestão hídrica, a mesma não define a utilização de indicadores como ferramentas a serem aplicadas, ficando a critério de cada órgão gestor pela sua utilização à dar subsídio à gestão planejada. Sendo assim, a Agência Nacional de Águas (ANA), órgão criado através da Lei Federal nº 9.984/2000, com o dever de obedecer aos fundamentos, objetivos, diretrizes e instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, articula-se com órgãos e entidades públicas e privadas integrantes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, ficando então responsáveis pela definição e implementação de indicadores para gestão de recursos hídricos.

De acordo com a ANA (2018), como integrantes deste Sistema, os estados brasileiros e o Distrito Federal devem possuir órgãos específicos este tipo de gestão. “O gerenciamento é realizado por meio da emissão da autorização de uso dos recursos hídricos de domínio dos Estados e através da fiscalização dos usos da água. Além disso, os órgãos gestores são responsáveis por planejar e promover ações direcionadas à preservação da quantidade e da qualidade das águas” (ANA, 2018).

Contudo, conforme a ANA (2018), apesar desta definição, das 27 (vinte e sete) unidades federativas do país, apenas 14 (quatorze) estados e o Distrito Federal possuem a gestão de recursos hídricos descentralizada, sendo que apenas os estados do Ceará, Espírito

Santo, Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Norte e São Paulo, possuem órgãos específicos para desenvolver a gestão hídrica.

Com relação à aplicação de indicadores de sustentabilidade aos cursos d'água, dois eixos dominaram a utilização na gestão da água no século XX: os índices de qualidade da água e os indicadores de disponibilidade hídrica.

Esses últimos foram valorizados no modelo de desenvolvimento baseado no aumento contínuo da oferta de água segundo as prioridades dos setores tradicionais desde o Código de Águas: energia, irrigação e a luta contra as secas. Para o atendimento das demandas, o Estado visava, sobretudo, a "domesticação das águas" e o aumento do volume disponível a partir de ações estruturais, dentre as quais a multiplicação de barragens (MAGALHÃES, NETTO & NASCIMENTO, 2003).

Atualmente, os indicadores mais comumente utilizados pelos órgãos gestores de recursos hídricos e, de meio ambiente, são: o indicador de DBO e o IQA. Segundo o IBGE (2105), a DBO e o IQA são instrumentos fundamentais para o diagnóstico da qualidade ambiental de águas interiores, sendo importantes também para o controle e o gerenciamento dos recursos hídricos, estando entre os indicadores mais utilizados mundialmente na aferição da poluição hídrica.

Desse modo, ressalta-se que apesar de sua rotineira aplicação em âmbito nacional, estes indicadores mesmo que voltados à avaliar o recurso hídrico pelo viés ambiental, não aborda este recurso como componente e resultado de um sistema fluvial complexo. Logo, compreende-se que sua aplicação não reflete a qualidade ambiental deste sistema mas sim, basicamente do recursos hídrico como resultado de ações específicas na bacia hidrográfica.

Considerações finais

No âmbito da gestão de recursos hídricos, compreende-se que a água é um recurso ambiental limitado, dotado de valor econômico, essencial para a sustentabilidade da vida no planeta, porém, componente e resultado de um sistema ambiental complexo. Diante disso, os órgãos promovedores da gestão dos recursos hídricos e ambiental do país, devem ponderar no processo de gestão hídrica, a avaliação dos cursos d'água em escala geográfica da unidade territorial da bacia hidrográfica, em consonância com os padrões e objetivos do modelo de desenvolvimento sustentável planejado.

Para isto, indica-se que os indicadores de sustentabilidade quando planejados para aplicar na avaliação desse tipo de sistema, deve-se considerar a interação entre seus elementos

componentes, sendo capaz de compreender os resultados do todo integrado. Tal abordagem ao tratar o sistema fluvial como um sistema aberto, possibilita o desenvolvimento do estudo sistêmico e complexo da bacia hidrográfica.

Por fim, defende-se que o desenvolvimento e a aplicação do instrumento de indicadores de sustentabilidade voltados ao gerenciamento de cursos d'água, se embasados nas questões tratadas ao longo deste trabalho, pode inclusive, ao ser objeto de estudo e ação de políticas públicas, pode servir como instrumento para tomada de decisão por parte de atores públicos e privados, bem como atribuir maior concretude e funcionalidade ao conceito de sustentabilidade aplicado a este tipo de instrumento.

Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS.** Órgãos gestores. Disponível em: <http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/aguas-no-brasil/sistema-de-gerenciamento-de-recursos-hidricos/orgaos-gestores>. Acesso em 15 de novembro de 2018.
- BAPTISTA, M. & CARDOSO, A. **Rios e cidades: uma longa e sinuosa história.** Revista UFMG, v. 20, n. 02 de jul./dez. 2013. pp. 124-153.
- BEAVER, E., & BELOFF, B. (2000). **Sustainability Indicators and Metrics of Industrial Performance.** Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/254510251_Sustainability_Indicators_and_Metrics_of_Industrial_Performance. Acesso em 31 de Janeiro de 2018.
- BELLEN, H. M. **Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa.** 2002. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-graduação em Engenharia de produção. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.
- BELLEN, H. M. **Indicadores de sustentabilidade - um levantamento dos principais sistemas de avaliação.** Cadernos EBAPE.BR, v. 02, n. 01, mar. 2004. pp. 01-14.
- BERTALANFFY, V. L. **Teoria Geral dos Sistemas.** Petrópolis: Editora Vozes, 1975.
- BOLLMANN, H. A. & MARQUES, D. **Bases para a Estruturação de Indicadores de Qualidade de águas.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos. v. 5, n. 1, jan/mar. 2000. 37-60.
- BOMFIM, E. O. *et al.* **Sustentabilidade hidroambiental de nascentes na bacia hidrográfica do rio Gramame no Estado da Paraíba, Brasil.** Revista Sociedade & Natureza, v. 03, n. 27, set./dez. 2015. pp. 453-468.
- BRASIL.** Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, Lei Federal nº 9.433 de 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm. Acesso em 10 de agosto de 2018.
- BRASIL.** Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências, Lei Federal nº 9.984, de 17 de julho de 2000. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9984.htm. Acesso em 12 de agosto de 2018.

CAMPOS, M. C.; RIBEIRO, M. R. & VIEIRA, Z. C. **A Gestão de Recursos Hídricos Subsidiada pelo uso de Indicadores de Sustentabilidade.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 19, n. 02, abr./jun. 2014. pp. 209-222.

CARDOSO, A. S. **Proposta de Metodologia para orientação de processos decisórios relativos à intervenções em cursos de água em áreas urbanas.** 2012. Tese (Doutorado em Saneamento) - Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2012.

CARVALHO, A. T. F. **Metodologia para avaliação de sustentabilidade hidroambiental para projetos de intervenções em rios perenes (MASRios).** 2018. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2018.

CARVALHO, J. R. M. *et al.* **Proposta e validação de indicadores hidroambientais para bacias hidrográficas: estudo de caso na sub-bacia do alto curso do Rio Paraíba, PB.** Revista Sociedade & Natureza, ano 23, n. 2, 2011. pp. 295-310.

CARVALHO, J. M. *et al.* **Análise de sustentabilidade hidroambiental de municípios da região da sub-bacia do Alto Piranhas - PB.** Revista Holos, ano 31, v. 06, 2015. pp. 13-31.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de sistemas em Geografia.** São Paulo: Hucitec, 1979.

_____. **Geomorfologia fluvial.** São Paulo: Blucherm, 1981. 313p.

DREW, D. **Processos interativos homem-meio ambiente.** Rio de Janeiro: Bertrand, 2005.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. **Progress towards the European 2010 biodiversity target.** Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2009.

FORTINI, L. B.; RABELO, F. G. & ZARIN, D. J. **Mixed potential for sustainable forest use in the tidal floodplain of the Amazon River.** Forest Ecology and Management, n. 231, 2006. pp. 78–85.

FRISSEL, C. A. *et al.* **Hierarchical Framework for Stream Habitat Classification: Viewing Streams in a Watershed Context.** Environmental Management, v. 10, n. 02, 1986. pp. 199-214.

GAO, J.; CHRISTENSEN, P. & KORNOV, L. **Indicators role: How do they influence Strategic Environmental Assessment and Sustainable Planning – The Chinese experience.** Science of the Total Environment, n. 592, 2017. pp. 60-67.

GUIMARÃES, R. P., & FEICHAS, S. A. **Desafios na construção de Indicadores de Sustentabilidade.** Revista Ambiente & Sociedade, v. 12, n. 02, jul./dez. 2009. pp. 307-323.

HAMILTON, K. **Policy-Driven Indicators for Sustainable Development. Mediterranean Blue Plan Environmental Performance.** Damasco: World Bank, 1996.

HAMMOND, A.; ADRIAANSE, A.; RODENBURG, E.; BRYANT, D. & WOODWARD, R. **Environmental indicators: a systematic approach to measuring and reporting on environmental policy performance in the context of sustainable development.** Washington: World Resources Institute, 1995.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Indicadores de desenvolvimento sustentável:** Brasil : 2015. Rio de Janeiro : IBGE, 2015.

IORI, A. A.; HUNTER, C. & WALKER, S. **The development and application of water management sustainability indicators in Brazil and Scotland.** Journal of Environmental Management, n. 88, 2008. pp. 1190-1201.

JUWANA, I.; MUTTIL, N. & PERERA, B. C. **Indicator-based water sustainability assessment — A review.** Science of the Total Environment, n. 438, 2012. pp. 357-371.

- LACERDA, C. S. & CÂNDIDO, G. A. **Modelos de indicadores de sustentabilidade para gestão de recursos hídricos**. Campina Grande: EDUEPB, 2013.
- MAGALHÃES, A. P.; NETTO, O. M. & NASCIMENTO, N. **Os Indicadores como Instrumentos Potenciais de Gestão das Águas no Atual Contexto Legal-Institucional do Brasil** - Resultados de um painel de especialistas. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 03, n. 04. out/dez. 2003. pp. 49-67.
- MARÇAL, M. d., & LIMA, R. **Abordagens conceituais contemporâneas na Geomorfologia fluvial**. *Espaço Aberto*, v. 06, n. 01, 2016. pp. 17-33.
- MARTINET, V. **A characterization of sustainability with indicators**. *Journal of Environmental Economics and Management*, n. 61, 2011. pp. 183-197.
- MASUD, M. A. *et al.* **Sustainability impacts of tidal river management: Towards a conceptual framework**. *Ecological Indicators*, n. 85, 2018. pp. 451-467.
- MATTOS, S. V. & PEREZ FILHO, A. **Complexidade e estabilidade em sistemas geomorfológicos: uma introdução ao tema**. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, ano 05, n. 01, 2004. pp. 11-18.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Painel Nacional de Indicadores Ambientais - PNIA 2012**: Referencial teórico, composição e síntese dos indicadores da versão-piloto. Brasília: MMA, 2014.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Portal Nacional do Licenciamento Ambiental**. Disponível em: Fonte: <http://pnla.mma.gov.br/>. Acesso em 02 de fevereiro de 2018.
- MORIN, E. **O método na natureza**. Porto Alegre: Sulina, 2013.
- MORIN, K. & CHRISTODOULOU, A. **Review of sustainability indices and indicators: Towards a new City Sustainability Index (SCI)**. *Environmental Impact Assessment Review*, n. 32, 2012. pp. 94-106.
- ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **Composite Indicators of Country Performance: a Critical Assessment**. Paris: Organisation for Economic Cooperation and Development, 2003.
- PEREIRA, M.; SAUER, L. & FAGUNDES, M. B. **Mensurando a sustentabilidade ambiental: uma proposta de índice para o Mato Grosso do Sul**. *Interações*, v. 17, n. 2, abr./jun. 2016. pp. 327-338.
- PETTS, G. E. & AMOROS, C. **Fluvial Hydrosystems**. Londres: Chapman & Hall, 1996.
- PIRES, A. *et al.* **Sustainability Assessment of indicators for integrated water resources management**. *Science of the Total Environment*, n. 578, 2016. pp. 01-09.
- QUIROGA, R. **Indicadores de sustentabilidad y desarrollo sostenible: estado del arte y perspectivas**. Santiago de Chile: División de Medio Ambiente y Asentamientos Humanos, 2001.
- RABELO, L. S. & LIMA, P. S. **Indicadores de Sustentabilidade: a possibilidade da mensuração do desenvolvimento sustentável**. *Revista Eletrônica do Prodemá*, v. 01, n. 01, dez. 2007. pp. 55-76.
- REYNOSO, A. E. *et al.* **Rescate de ríos urbanos: propuestas conceptuales y metodológicas para la restauración y rehabilitación de ríos**. Coyoacán: Universidad Nacional Autónoma de México, 2010. 112p.
- SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação Ambiental Estratégica e sua aplicação no Brasil**. 2008. Disponível em: <http://www.iea.usp.br/publicacoes/textos/aaartigo.pdf>. Acesso em 27 de maio de 2017.
- SANTOS, G. F. & PINHEIRO, A. **Transformações Geomorfológicas e Fluviais Decorrentes da Canalização do Rio Itajaí-Açu na Divisa dos Municípios de Blumenau e Gaspar (SC)**. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, ano 03, n. 01, 2002. pp. 1-9.

SCALAMATO, A. T. *et al.* **Geomorfologia e percepção da paisagem: uma possibilidade de estudos sobre sustentabilidade ambiental.** Disponível em: https://www2.faccat.br/portal/sites/default/files/scalamato_santos_garcia_pereira_pennaesouza.pdf. Acesso em 10 de novembro de 2018.

SERVIÇO SOCIAL DA INDÚSTRIA. **Construção e análise de indicadores.** Curitiba: Serviço Social da Indústria, 2010.

SILVA, G. O. **Uso de instrumentos da gestão do risco de cheias como ferramenta no planejamento urbano.** 2017. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2017.

SILVA, L. C. **Manejo de rios degradados: uma revisão conceitual.** Revista Brasileira de Geografia Física, v.03, 2010. pp. 23-32.

SILVA, M. G.; CÂNDIDO, G. A. & MARTINS, M. F. **Método de construção do Índice de desenvolvimento local sustentável: uma proposta metodológica e aplicada.** Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, v. 11, n. 01, 2009. pp. 55-72.

SOTCHAVA, V. B. **O estudo de Geossistemas.** São Paulo: Editora Lunar, 1977.

SOUZA, J. O. **Dos sistemas ambientais ao sistema fluvial - uma revisão de conceitos.** Caminhos de Geografia, v. 14, n. 46, 2013. pp. 224-233.

VAN ZEIJ-ROZEMA, A. & MARTENS, P. **An adaptive indicator framework for monitoring regional sustainable development: a case study of the INSURE Project in Limburg, the Netherlands.** Sustainability: Science, Practice & Policy, v. 6, n. 1, 2010. pp. 6-17.

VERÓL, A. P. **Requalificação Fluvial Integrada ao Manejo de Águas Urbanas para Cidades mais Resilientes.** 2013. 345f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa de Pósgraduação em Engenharia Civil. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013.

VIEIRA, P. S. & STUDART, T. M. **Proposta Metodológica para o Desenvolvimento de um Índice de Sustentabilidade Hidro- Ambiental de Áreas Serranas no Semiárido Brasileiro - Estudo de Caso: Maciço de Baturité, Ceará.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.14, n. 4, out./dez. 2009. pp. 125-136.

VIEIRA, V. P. **Recursos hídricos e o desenvolvimento sustentável do Semiárido nordestino.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 01, n. 01, jan./jun.1996. pp. 89-107.

XU, F. *et al.* **A triangle model for evaluating the sustainability status and trends of economic development.** Ecological Modelling, n. 195, 2006. pp. 327-337.

Submetido em: dezembro de 2018.

Aceito em: março de 2019.