

## Metodologias de índices para análise da sustentabilidade em bacias hidrográficas

Isabella Ferreira Nascimento Maynard<sup>1</sup>; Marcus Aurélio Soares Cruz<sup>2</sup> & Laura Jane Gomes<sup>3</sup>

**RESUMO:** *A manutenção da quantidade e qualidade dos recursos hídricos é um desafio a ser equacionado na atualidade, tendo em vista que este recurso é indispensável para diversas formas de vida na terra. Os Índices e os indicadores de sustentabilidade tem sido utilizados como importantes ferramentas no processo de planejamento e gestão dos recursos hídricos. Os índices/indicadores podem expressar a situação atual de uma bacia hidrográfica, em dados quantitativos, tornando a análise de uma situação, mensurável. Este trabalho teve como o objetivo analisar seis publicações científicas disponíveis em periódicos na web que utilizaram índices de sustentabilidade em bacias hidrográficas. O procedimento metodológico consiste em uma revisão bibliográfica, que analisa algumas metodologias com propostas de fornecer informações de modo a subsidiar a gestão dos recursos hídricos.*

**Palavras-chave:** recursos hídricos, informações, gestão.

### INTRODUÇÃO

A importância dos recursos hídricos para a vida na Terra é evidente, e mesmo assim, seus habitantes não dão a proporcional importância, permitem que situações extremas como a poluição e o uso inadequado dos recursos hídricos, não cessem de acontecer. É possível a utilização deste recurso de forma racional, com uma gestão eficiente, que tenha como objetivo a sustentabilidade.

Discussões em torno da temática da sustentabilidade surgem a partir da necessidade de se repensar uma interação fundamental da relação homem e a natureza (OLIVEIRA, 2007). O conceito de desenvolvimento sustentável, enseja mudanças de comportamento na forma como os seres humanos se relacionam com o meio ambiente, bem como no modo de formular, implementar e avaliar políticas públicas de desenvolvimento. Na operacionalização deste conceito surge a necessidade de pensar em novas formas de mensurar o crescimento e de garantir a existência de um processo transparente e participativo para o debate e para a tomada de decisão em busca do desenvolvimento sustentável (GUIMARÃES e FEICHAS, 2009).

Os indicadores e os índices de sustentabilidade são instrumentos de mensuração da sustentabilidade que tem como objetivo principal transformar dados em informações, podendo contribuir para o conhecimento, monitoramento e gerenciamento de uma situação e assim, tomar a decisão mais apropriada no processo de gestão. Além disso, os indicadores e os índices tem o papel de transmitir a informação à sociedade de forma objetiva, com clareza e confiabilidade. De forma esclarecedora, o índice é constituído por indicadores e os indicadores são resultantes da composição de parâmetros e dados.

O presente trabalho teve como objetivo reunir estudos da aplicação de metodologias de indicadores e/ou índices de sustentabilidade aplicados a bacias hidrográficas.

### MATERIAIS E MÉTODO

Trata-se de uma revisão da literatura, com base em consulta a artigos científicos selecionados através de busca no banco de dados do Scielo e Google acadêmico, realizada entre setembro de 2012 e junho de 2013. Utilizou-se palavras-chaves como indicador de

<sup>1</sup> Mestranda do Curso de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Sergipe, Avenida Marechal Rondon, s/n, Jardim Rosa Elze, São Cristóvão, SE, CEP: 49100-000, isabellafnm@hotmail.com.

<sup>2</sup> Pesquisador Embrapa Tabuleiros Costeiros, Avenida Beira Mar 3250, Jardins, Aracaju, SE, CEP 49025-040, marcusascruz@gmail.com.

<sup>3</sup> Professora, Departamento de Engenharia Florestal, UFS, Avenida Marechal Rondon, s/n, Jardim Rosa Elze, São Cristóvão, SE, CEP: 49100-000, laurabuturi@gmail.com.br.

sustentabilidade, índice de sustentabilidade, sustainability index. Foram escolhidos artigos nos idiomas português e inglês. Após a busca dos artigos, foi feita uma seleção de seis artigos que apresentavam estudos de caso da aplicação de metodologias de índices e/ou indicadores de sustentabilidade em bacias hidrográficas, objeto de estudo deste trabalho.

Os critérios para análise utilizados foram: metodologia aplicada, objetivo da pesquisa, dimensões estudadas e resultados obtidos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos seis artigos analisados todos revelam a importância e eficácia desta ferramenta no processo de planejamento e gestão dos recursos hídricos. ROCHA et al. (2010) evidenciaram um alerta para a falta de unanimidade entre as metodologias, o que facilitaria a comparação entre os resultados obtidos em diferentes estudos; outra demanda para obter bons resultados na aplicação dos métodos é combater a falta de informações a nível de bacias hidrográficas.

A avaliação da sustentabilidade dos recursos hídricos pode ser realizada em dimensão de bacias hidrográficas. Dentre diversas metodologias pode-se destacar a proposta de Rocha *et al.* (2010), que é uma adaptação da metodologia proposta pelo PNUMA/UNESCO em 1987. Tal metodologia tem o objetivo de mostrar indicadores utilizados como parâmetros para atingir níveis ótimos de sustentabilidade.

Desta forma, Rocha et al. (2010) construiu um Índice de Salubridade Ambiental aplicado a gestão da bacia hidrográfica, no Rio Jiquiriça, no estado da Bahia. Este índice agrega, por exemplo, indicador de abastecimento de água, indicador de esgoto sanitário, indicador de resíduos sólidos, indicador regional e indicador socioeconômico. Estes indicadores são ferramentas cruciais na construção do Índice de Salubridade Ambiental, pois retratam de forma singular e pertinente questões indispensáveis no estudo de uma dada região.

O tratamento dado as variáveis componentes dos indicadores fica a critério do usuário, tornando-se difícil a comparação com estudos realizados por outros autores. Já que os critérios utilizados para as variáveis devem ter suas próprias especificidades, atendendo a necessidade de cada local e estudo (ROCHA et al, 2010).

Carvalho et al. (2011) buscou a sistematização de indicadores socioeconômicos e de gestão ambiental referente aos municípios que compõem a área da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró (RN), tendo como objetivo, produzir um diagnóstico de confrontamento entre o Índice de Pressão Socioeconômica (IPS) e o Índice de Gestão Ambiental Municipal (IGAM) como parâmetro comparativo para a promoção da gestão ambiental municipal.

Como pontos positivos da metodologia, Carvalho et al. (2011) destaca que os índices propostos, possibilitam um acompanhamento integrado da situação referente a pressão socioeconômica e do incremento da gestão ambiental municipal através do uso dos mapas temáticos, e também possibilita uma visualização espacial da situação geral dos municípios. Esse tipo de monitoramento representa ainda, um suporte, tanto para a execução de programas quanto para o fortalecimento da gestão ambiental em municípios.

Kronenberg et al. (2004), aplicaram a metodologia Barômetro da Sustentabilidade na bacia do Jurumirim, que possui uma área de 70 km<sup>2</sup>, e está localizada no município de Angra dos Reis no Estado do Rio de Janeiro.

Segundo Kronenberg et al. (2004), o Barômetro da Sustentabilidade possibilitou identificar que a bacia estudada encontra-se em situação intermediária em relação ao desenvolvimento sustentável. Além disso, a bacia apresentou melhor desempenho nos aspectos ambientais do que nos sócio-econômicos, estando mais próxima da conservação ambiental do que na equidade social e do crescimento econômico.

Chaves e Alipaz (2007) utilizaram a matriz Pressão-Estado-Resposta da OECD (2003), e ainda as dimensões do programa HELP (*hydrology, environment, life, and policy*) da UNESCO, que levam em conta as dimensões: hidrológica, ambiental, social e política.

De acordo com Santos (2004), a estrutura da OECD (2003) é a mais utilizada e recomenda a adoção de três grupos de indicadores: o estado do meio e dos recursos naturais; as pressões das atividades humanas sobre o meio; as respostas da sociedade e dos agentes responsáveis pelo resultado das pressões e condições do estado.

Na pesquisa, Chaves e Alipaz (2007) ressaltaram que a gestão da água é um processo

dinâmico e a sustentabilidade da água de uma bacia hidrográfica está relacionada com fatores hidrológicos, sociais, ambientais e políticos.

Sendo assim, Chaves e Alipaz (2007) calcularam o Índice de sustentabilidade para bacias hidrográfica, no inglês, *Watershed Sustainability Index* (WSI) e tiveram como objetivo integrar as questões hidrológicas, sociais, ambientais e política, bem como as pressões existentes e as respostas políticas em um único indicador quantitativo, o Índice de Sustentabilidade de Bacias Hidrográficas; numa escala que varia de 0 a 1, os autores encontraram o valor global do WSI igual a 0.65, que de acordo com a metodologia, significa que a bacia encontra-se em um nível médio de sustentabilidade. Com esta metodologia é possível identificar também as áreas mais críticas, que neste estudo, estão relacionados às dimensões Ambiental e Hidrológica.

Catano et al. (2009), também aplicaram o WSI (Chaves e Alipaz, 2007), nas dimensões HELP (UNESCO), em matriz Pressão-Estado-Resposta (OECD,2003), na bacia do rio Reventazón, situado na Costa Rica, em Cartago e Limón, onde todas as águas de seus limites deságuam no rio Reventazón e conseqüentemente no Mar do Caribe.

Segundo Catano et al. (2009), mais de 400 mil habitantes vivem dentro dos limites desta bacia e dependem desta água para diversos usos, inclusive como fonte de água potável e água para a agricultura. O relatório de 2007 do *State of the Nation*, indica que o rio Reventazón é o segundo rio mais poluído do país e atribui esta poluição principalmente à deficiência na gestão de resíduos, bem como o uso intensivo de agrotóxicos em atividades agrícolas.

Assim, a Comissão para a Conservação e Gestão da Bacia Hidrográfica do Rio Reventazón – CONCURE, em busca de reverter a situação deste rio, aplicou o WSI na bacia, dividindo-a em três regiões, e os índices WSI obtidos foram bem parecidos (0.74, 0.73, 0.74) em virtude das características semelhantes da bacia como um todo.

Cortés et al. (2012) aplicaram o WSI na bacia do rio Elqui, localizada na região semiárida do Chile. A aplicação deste método considerou a escala temporal de 5 anos e também incorporou as dimensões do programa HELP da UNESCO.

O resultado final do WSI para a bacia do rio Elqui foi de 0.61, na escala que varia de 0 a 1, classificando a sustentabilidade como “intermediária”. Os autores destacaram como pontos positivos da bacia, os indicadores relacionados ao Meio Ambiente e à Políticas. De outra forma, observaram maiores fragilidades na bacia relacionadas ao indicador Hidrologia, devido principalmente a situação de escassez hídrica na região (CORTÉS et al. 2012).

Segundo os autores (CORTÉS et al. 2012) a aplicação da WSI na bacia do Elqui demonstrou a praticidade do método, tanto como instrumento analítico, como uma ferramenta útil para gestores, pesquisadores e usuários da água. No entanto, a atualização de informações locais é necessária para o planejamento de médio e longo prazo e a formulação de estratégias de desenvolvimento para este divisor de águas, entre outros.

Assim, pode-se concluir que, seja qual for o método a ser utilizado, adequando-o a realidade de cada local e estudo em questão, este, deve ser feito de forma bastante dinâmica, sem gerar ambigüidades de informações, para que os usos destas ferramentas tenham como resultados, além de um bom diagnóstico, alternativas a serem tomadas por meio de políticas públicas, programas e projetos eficazes.

## CONCLUSÕES

1. Os indicadores de sustentabilidades são ferramentas eficazes que podem subsidiar o planejamento e a gestão dos recursos hídricos.
2. Um dos pontos negativos para os métodos estudados é a dificuldade de reunir dados consistentes e que não gerem ambigüidades.
3. Dentre os métodos analisados nos artigos estudados, Chaves e Alipaz (2007), Catano et al. (2009), Cortés et al. (2012) que calcularam o Índice de Sustentabilidade para bacias hidrográfica, se destacam por considerarem dimensões hidrológicas, ambientais, sociais e políticas em matriz Pressão-Estado-Resposta.
4. O Índice de Sustentabilidade para bacias hidrográfica mostrou resultados significativos, visto que o método retrata com clareza e objetividade a situação da bacia hidrográfica em estudo.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Sergipe, à Embrapa e à Capes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CATANO, N.; MARCHAND, M.; STALEY, S.; WANG, Y. Development and Validation of the Watershed Sustainability Index (WSI) for the Watershed of the Reventazón River. Commission for the Preservation and Management of the Watershed of the Reventazón River – COMCURE, 2009.

CARVALHO, R. G.; KELTING, F. M. S.; SILVA, E. V. Indicadores Socioeconômicos e Gestão Ambiental nos Municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró, RN. *Sociedade & Natureza*, Uberlândia, 23 (1): 143-159, abr. 2011.

CHAVES, H.M.L.; ALIPAZ, S.; An Integrated Indicator for Basin Hydrology, Environment, Live, and Policy: The Watershed Sustainability Index. *Water Resources Management*. v. 21, n. 5, p 883-895. 2007

CORTÉS, A.E., OYARZÚN, R., KRETSCHMER, N., CHAVES, H., SOTO, G., SOTO, M., AMÉZAGA, J., OYARZÚN, J., RÖTTING, T., SEÑORET, M. AND MATURANA, H. Application of the Watershed Sustainability Index to the Elqui river basin, North-Central Chile. *Obras y Proyectos* nº 12, p. 57-69, 2012.

GUIMARÃES, R. P.; FEICHAS, S. A. Q.; Desafios na Construção de Indicadores de Sustentabilidade. **Ambiente e Sociedade**. Campinas v. VII n.2. p 307-323. Jul-dez. 2009

KRONEMBERG, D. M. P.; CARVALHO, C. N.; JUNIOR, J. C. Indicadores de Sustentabilidade em pequenas bacias hidrográficas: uma aplicação do “Barômetro da Sustentabilidade” à bacia do Jurumirim (Agra dos Reis/RJ). et al. 2005). **Geochimica Brasiliensis**. 18. p. 086-098. 2004

OLIVEIRA, C. M.; **Desenvolvimento sustentável: uma discussão ambiental e social**. In: III Jornada Internacional de Políticas Públicas, São Luís – MA, 2007.

ROCHA, J. L. S.; REGO, N. A. C.; SANTOS, J. W. B. dos. Indicador integrado de qualidade ambiental aplicado à gestão da bacia hidrográfica do rio Jiquiriça, BA, Brasil. **Revista Ambiente & Água – Na Interdisciplinary Journal of Applied Science**: v. 5, n. 1, 2010.

SANTOS, R. F.; **Planejamento Ambiental: teoria e prática**; São Paulo. Oficina de textos, 2004.