

APLICAÇÃO DE UM ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JAPARATUBA EM SERGIPE¹

ISABELLA FERREIRA NASCIMENTO MAYNARD²

MARCUS AURÉLIO SOARES CRUZ³

LAURA JANE GOMES⁴

Introdução

As ameaças ambientais e a degradação progressiva dos recursos naturais são consideradas impedimentos para o desenvolvimento sustentável (KÖNIG et al., 2012). É visível a necessidade de uma mudança de cenário que possa garantir a manutenção da qualidade e quantidade dos recursos naturais, com destaque para os recursos hídricos, que são indispensáveis para a sobrevivência da vida na terra.

A sustentabilidade dos recursos hídricos exige atender às necessidades dos diversos usos da água, entre eles o uso doméstico, a irrigação, o uso industrial, a recreação e a geração de energia, da qual o desenvolvimento econômico depende, e, ao mesmo tempo, para isso são necessárias a proteção ao meio ambiente e a melhoria das condições sociais (KUMAMBALA; ERVINE, 2008). Detectar impactos humanos sobre os sistemas fluviais é um desafio, pois envolve a diversidade biológica, química, componentes hidrológicos e geofísicos que devem ser avaliados (GERGEL et al., 2002).

É necessário que se faça uma avaliação da sustentabilidade para que sejam tomadas decisões coerentes com a realidade de cada local, equacionando os problemas existentes. Santana et al. (2012) evidenciam que o processo de avaliação da sustentabilidade deve estar inserido no plano de gestão ambiental, nos processos

1. Agradecimentos: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq – Edital Universal 2014), pelo financiamento da pesquisa; Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de Mestrado, e Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos-PRORH/UFS.

2. Mestre em Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Sergipe (UFS). Doutoranda em Saúde e Ambiente pela Universidade Tiradentes, Aracaju, SE. E-mail: isabellafm@hotmail.com.

3. Doutor em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2004), mestre em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1998) e graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Piauí (1995). Atualmente é Pesquisador A da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE. E-mail: marcus.cruz@embrapa.br.

4. Doutora em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual de Campinas (2002), mestre em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Lavras (1998) e graduada em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Lavras (1994). Atualmente é Professora Associada do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE. E-mail: laurabuturi@gmail.com.

que envolvem o diagnóstico, o planejamento e o gerenciamento ambiental. Neste contexto, a tomada de decisão tende a ser realizada de forma coerente, assumindo a informação um papel fundamental nesse processo.

A Agenda 21, que recomenda a utilização de indicadores de sustentabilidade, relata que, embora haja uma quantidade considerável de dados, é preciso reunir mais e diferentes tipos nos planos local, estadual, nacional e internacional, que indiquem os estados e as tendências das variáveis socioeconômicas, de poluição, de recursos naturais e dos ecossistemas (UNITED NATIONS, 1992). Os métodos usados para coletar, interpretar e exibir dados devem ser fáceis e eficazes para que as partes interessadas possam participar do processo (FRASER et al., 2006).

Indicadores de sustentabilidade com base em dados locais fornecem um método prático para monitorar o progresso em direção ao desenvolvimento sustentável. Estes podem ir muito além de simplesmente medir o progresso; podem estimular um processo para melhorar a compreensão dos problemas ambientais e sociais, facilitar a capacitação da comunidade e servir como um guia de ajuda no desenvolvimento de políticas e projetos (REED et al., 2006).

A sustentabilidade requer uma abordagem integrada, holística e sistêmica e em geral requer transformação institucional e baseia-se em melhorar a capacidade coletiva de responder positivamente a seus desafios (BLACKSTOCK et al., 2007). Os indicadores podem contribuir para a gestão sustentável dos recursos ambientais; analisando-os de forma integrada, podem orientar a formulação de políticas e fornecer informações valiosas (UNESCO, 2008).

Para avaliar o estado de uma bacia hidrográfica, é preciso compreender indicadores quantitativos e qualitativos que determinam o nível de sustentabilidade ideal (CATANO et al., 2009). Os indicadores podem executar várias funções, entre elas, simplificar, clarificar e tornar a informação agregada disponível para os gestores públicos. Podem ajudar a incorporar a ciência física e social no processo de tomada de decisão, fornecer um diagnóstico com vistas para alternativas econômicas, sociais e ambientais e auxiliar a medir o progresso em direção às metas de desenvolvimento sustentável (UNITED NATIONS, 2007).

Chaves e Alipaz (2007) refletem que diversos aspectos interferem na sustentabilidade de uma bacia hidrográfica. Entre eles estão os aspectos sociais, econômicos e ambientais. No entanto, eles usualmente não são tratados como um processo dinâmico e integrado. A fim de integrar as questões hidrológicas, sociais, ambientais e políticas, bem como as pressões existentes e as respostas políticas, pode-se utilizar um indicador quantitativo, dinâmico e integrado, o índice de sustentabilidade de bacias hidrográficas (WSI).

O índice de sustentabilidade para bacias hidrográficas é especialmente útil para avaliar a evolução das bacias hidrográficas de modo a visualizar mudanças rápidas devido ao crescimento demográfico ou desenvolvimento industrial, bem como para comparar a evolução das diversas bacias de uma região. O WSI é um instrumento simples e adaptável para avaliar o estado atual da sustentabilidade de uma bacia hidrográfica, apropriado para embasar a tomada de decisão em relação à gestão integrada

dos recursos hídricos. Essa ferramenta identifica os gargalos e limitações encontrados na área de estudo e representa uma janela de oportunidade para melhorar a situação atual da bacia. O WSI é um índice de grande potencial para fins de gestão ambiental, dado o fato de que incorpora fatores sociais, econômicos e ambientais para a análise da sustentabilidade (CORTÉS et al., 2012).

A referida metodologia já foi aplicada em bacias hidrográficas de diversos países, a exemplo dos estudos de UNESCO (2008), Chaves (2009), Catano et al. (2009) e Cortés et al. (2012).

Procurando corroborar com os autores citados, o presente estudo teve como objetivo, avaliar a sustentabilidade da bacia hidrográfica do rio Japarutuba, estado de Sergipe, nordeste brasileiro, por meio de uma proposta de adaptações ao Índice de Sustentabilidade para Bacias Hidrográficas (WSI).

Indicadores de Sustentabilidade com enfoque em bacias hidrográficas

Para Santos (2004), todo planejamento que visa a definir políticas e decidir alternativas requer o conhecimento sobre os componentes que formam o espaço. Para tanto, é essencial obter dados representativos da realidade, bem formulados e interpretáveis, pois o dado é a base do conhecimento e, quando este passa a ter uma interpretação, ele se torna uma informação.

A partir dos anos 1970, com o surgimento da agenda ambiental e do conceito de desenvolvimento sustentável, aprofundaram-se os esforços para desenvolver instrumentos que pudessem medir o progresso em direção à sustentabilidade. Para tanto, a Agenda 21, que foi uma iniciativa proposta na Declaração da Conferência do Rio de Janeiro, em seu capítulo 40, recomenda a implementação de indicadores de desenvolvimento sustentável (GUIMARÃES; FEICHAS, 2009).

Nesse sentido, os aspectos relacionados ao desenvolvimento sustentável são complexos e requerem formas diversas de análise, a partir do número adequado de indicadores e variáveis que sejam os mais consistentes e fidedignos para retratar um dado contexto. Torna-se evidente a necessidade da criação ou adaptação de indicadores de sustentabilidade que permitam contribuir para a superação dos desafios decorrentes da viabilização do desenvolvimento sustentável (MARTINS; CÂNDIDO, 2012).

Os indicadores de sustentabilidade diferenciam-se dos demais por exigirem uma visão de mundo integrada, necessitando relacionar a economia, o meio ambiente e a sociedade de uma dada comunidade (SILVA et al., 2009).

Para Siche et al. (2007), em uma análise superficial, índice e indicador possuem o mesmo significado, porém a diferença está em que um índice é o valor agregado final de um procedimento de cálculo em que se utilizam, inclusive, indicadores como variáveis que o compõem. Para Santos (2004), os índices são entendidos como resultado da combinação de um conjunto de parâmetros associados uns aos outros por meio de uma relação pré-estabelecida, que dá origem a um único valor. A obtenção desse valor pode ser por meio de estatística, formulação analítica ou cálculo matemático.

Os indicadores de sustentabilidade tornam-se fontes de informações significativas no monitoramento dos processos que conduzem a dinâmica dos sistemas sociais, econômicos, ambientais, institucionais, entre outros. Esses indicadores são ferramentas relevantes para viabilizar o desenvolvimento sustentável, constituindo-se, portanto, em um instrumento útil no processo de simplificação da informação sobre fenômenos complexos e na identificação de demandas prioritárias (BARROS; SILVA, 2012).

Porém existem desafios a serem superados na construção de índices e indicadores de sustentabilidade de modo a agregar concomitantemente aspectos considerados imprescindíveis para promover mudanças na sociedade e subsidiar decisões de políticas públicas, tais como: multidimensionalidade, comparabilidade, participação, comunicação e relacionamento entre as variáveis (GUIMARÃES; FEICHAS, 2009).

A bacia hidrográfica do rio Japarutuba

A análise de bacias hidrográficas pretende caracterizar os processos físicos e biológicos ativos nessa unidade de planejamento. A estrutura de planejamento ligado à análise de bacias hidrográficas usa essa informação tanto para gerenciar os impactos ambientais quanto para identificar condições desejadas e desenvolver diretrizes de manejo para alcançar essas condições. Essa análise oferece uma série de vantagens sobre análises ambientais para a concepção de cenários de gestão compatíveis com os objetivos ambientais e econômicos (MONTGOMERY et al., 1995).

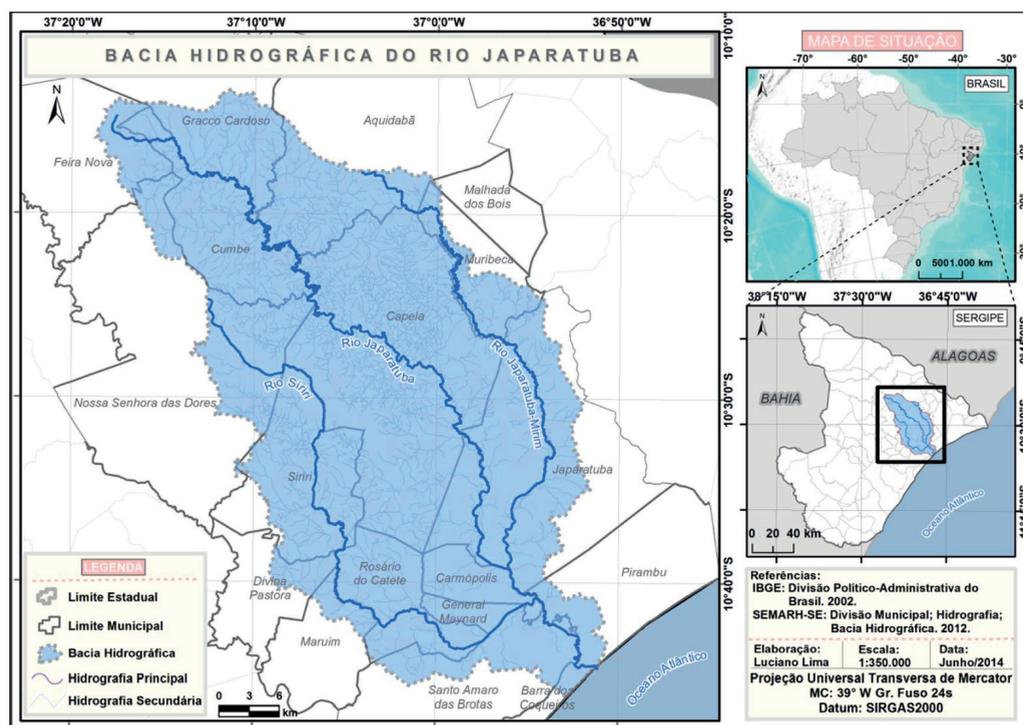
A bacia hidrográfica do rio Japarutuba, localizada no Nordeste brasileiro, no estado de Sergipe (Figura 1), possui uma área de 1.687,67 km² (EMBRAPA, 2012), com 18 municípios inseridos parcial ou totalmente na bacia, população total de 119.689 habitantes, sendo 79.012 habitantes urbanos e 40.677 habitantes rurais (SERGIPE, 2010).

De acordo com a classificação climática de Köppen, na região da bacia hidrográfica do rio Japarutuba predomina o clima tropical com estação seca de verão (As). O período chuvoso é entre abril e agosto, com concentração nos meses de maio, junho e julho. O limite noroeste da bacia é atingido pelo Polígono das Secas, que abrange cerca de 13% da área total da bacia. A precipitação na bacia apresenta valores anuais médios de 1.270 mm, com cerca de 900 mm/ano na sua porção extrema noroeste e 1.500mm/ano junto à sua foz (EMBRAPA, 2012). A temperatura média anual é de 25 °C. A umidade relativa do ar é da ordem de 74% (ARAGÃO; ALMEIDA, 2009).

A utilização dos solos na bacia é predominantemente categorias de pastagem, com 98.858 ha (59,96%); cultivos agrícolas, 38.737 ha (23,49%); e áreas de mata, com 18.352 ha (11,13%), e mata ciliar, com 4.377 ha (2,65%) e ainda 103,2 ha de Mata Atlântica original (SERGIPE, 2010).

Essa bacia possui uma importância estratégica para o estado de Sergipe, pois abriga o maior campo petrolífero terrestre do país, o campo de Carmópolis, com mais de 150 km² e 1.200 poços, que faz uso da porção inferior do rio Japarutuba para o despejo das águas residuárias do processo de exploração, causando alterações significativas na biota do rio, resultado da presença de metais na água e no sedimento (EMBRAPA, 2012).

Figura 1 Localização da bacia hidrográfica do rio Japarutuba, Sergipe, Brasil



Fonte: IBGE (2002); Semarh (2012).

A implantação de indústrias de mineração e exploração de petróleo na bacia hidrográfica do rio Japarutuba provocou alterações físicas, econômicas e sociais, em decorrência da forma de utilização da bacia hidrográfica do rio Japarutuba, que a modificou desde o subsolo à superfície, moldando, inclusive, o relevo, com a derrubada de morros e colinas para adequar às suas necessidades exploratórias (ARAÚJO, 2012).

O Índice de Sustentabilidade da bacia hidrográfica do rio Japarutuba: adaptações ao WSI

A metodologia utilizada foi proposta por Chaves e Alipaz (2007) e faz uma análise temporal considerando um horizonte de cinco anos. Utiliza o modelo conhecido como HELP, proposto pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), composto por quatro dimensões: hidrológica (H – *hydrology*), ambiental (E – *environment*), social (L – *life*) e política (P – *policy*). Além disso, os autores também estruturaram os indicadores em matriz causa-efeito: Pressão-Estado-Resposta (PER), da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD, 2003).

Quadro 1 – Estrutura dos indicadores que compõem o Índice de Sustentabilidade para bacias hidrográficas (WSI), quanto a Pressão, Estado e Resposta

	Pressão	Estado	Resposta
Indicadores	Parâmetros		
Hidrológicos	<p>Varição na Disponibilidade de água per capita na bacia no período (2005 e 2010)</p> <p>Varição do Índice de Qualidade de Água (IQA)* na bacia (2005 e 2010)</p>	<p>Disponibilidade de água Per capita na bacia (2010)</p> <p>Média anual do Índice de Qualidade de Água na bacia (2010)</p>	<p>Evolução na eficiência do uso da água (2005 e 2010)</p> <p>Evolução no tratamento de esgoto (2005 e 2010)</p>
Ambientais	Índice de Pressão Antrópica (EPI) na bacia no período estudado (2005 e 2010)	% da área da bacia com vegetação natural (2010)	Evolução áreas de conservação na bacia (Áreas Protegidas e Boas Práticas de Manejo-BMPs) 2005 e 2010
Sociais	Varição do Índice de Desenvolvimento Humano-Renda** per capita na bacia (2005 e 2010)	Índice de Desenvolvimento Humano na bacia (2010)	Evolução do IDH bacia (2005 e 2010).
Políticos	Varição do Índice de Desenvolvimento Humano-Educação na bacia (2005 e 2010)	Capacidade institucional e legal em Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos na bacia	Evolução dos gastos com Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos na bacia (2005 e 2010)

Fonte: Adaptado de Chaves e Alipaz (2007) e traduzido pelos autores.

* A metodologia original de Chaves e Alipaz (2007) utilizou a Demanda Bioquímica de Oxigênio; na presente pesquisa utilizou o Índice de Qualidade de Água – IQA.

** A metodologia original de Chaves e Alipaz (2007) utilizou a variação do PIB *per capita*; nesta pesquisa, optou-se pela adaptação de Chaves (2009), que utilizou o IDH-Renda.

Dessa forma, cada dimensão *HELP* possui seus indicadores, que podem variar de 0 a 1, em escalas (0, 0,25, 0,50, 0,75, 1), onde 0 significa a pior situação do indicador e 1 indica a melhor situação (CHAVES; ALIPAZ, 2007).

De acordo com a OECD (2003), os indicadores de Pressão tratam de pressões ambientais exercidas por atividades antrópicas, diretas ou indiretas; estão relacionados com padrões de produção e consumo, que refletem a intensidade da utilização de recursos naturais, juntamente com as tendências e mudanças ao longo de um determinado período. Os indicadores de Estado revelam as condições ambientais relacionadas com a qualidade e quantidade dos recursos naturais, o que possibilita uma visão geral da situação atual sobre o meio ambiente. O parâmetro Resposta refere-se tanto ao indivíduo quanto às ações governamentais e coletivas destinadas a mitigar e prevenir

os efeitos negativos, em sua maioria, antrópicos, e, ainda, deter ou reverter os danos ambientais já causados, de modo a preservar e conservar os recursos naturais. No Quadro 2, encontram-se as informações relacionadas à pontuação para os indicadores de Pressão, Estado e Resposta quanto aos indicadores e respectivos níveis e parâmetros.

Quadro 2 – Pontuação para os indicadores de Pressão, Estado e Resposta quanto ao indicador, parâmetro e nível

PRESSÃO			
Indicador	Parâmetro	Nível	Pontuação
Hidrológico	$\Delta 1$ - Variação da disponibilidade de água per capita, no período (m^3 /hab/ano).	$\Delta 1 < -20\%$ $-20\% \leq \Delta 1 < -10\%$ $-10\% \leq \Delta 1 < 0\%$ $0 \leq \Delta 1 < +10\%$ $\Delta 1 \geq +10\%$	0,00 0,25 0,50 0,75 1,00
	$\Delta 2$ - Variação do IQA da bacia no período (média).	$\Delta 2 < -10\%$ $-10\% \leq \Delta 2 < 0\%$ $0 \leq \Delta 2 < 10\%$ $20\% \geq \Delta 2 > 10\%$ $\Delta 2 > 20\%$	0,00 0,25 0,50 0,75 1,00
Ambiental	EPI da bacia no período.	EPI $> 20\%$ $20\% \geq$ EPI $> 10\%$ $10\% \leq$ EPI $< 5\%$ $5\% \leq$ EPI $< 0\%$ EPI $\leq 0\%$	0,00 0,25 0,50 0,75 1,00
Social	Variação no IDH-Renda per capita na bacia, no período.	$\Delta < -20\%$ $-20\% \leq \Delta < -10\%$ $-10\% \leq \Delta < 0\%$ $0 \leq \Delta < +10\%$ $\Delta \geq +10\%$	0,00 0,25 0,50 0,75 1,00
Político	Variação do IDH-Educação no período.	$\Delta < -20\%$ $-10\% \leq \Delta < -20\%$ $-20\% \leq \Delta < 0\%$ $0 \leq \Delta < +10\%$ $\Delta \geq +10\%$	0,00 0,25 0,50 0,75 1,00
ESTADO			
Indicador	Parâmetro	Nível	Pontuação
Hidrológico	Disponibilidade per capita de água na bacia (W_a) em m^3 /hab/ano.	$W_a < 1700$ $1700 \leq W_a < 3400$ $3400 \leq W_a < 5100$ $5100 \leq W_a < 6800$ $W_a \geq 6800$	0,00 0,25 0,50 0,75 1,00
	Índice de Qualidade de Água (IQA) atual.	$0 \leq$ IQA < 20 $20 \leq$ IQA < 37 $37 \leq$ IQA < 52 $52 \leq$ IQA < 80 $80 \leq$ IQA ≤ 100	0,00 0,25 0,50 0,75 1,00
Ambiental	Porcentagem (%) de Vegetação natural remanescente na bacia (Av).	$Av < 5$ $5 \leq Av < 10$ $10 \leq Av < 25$ $25 \leq Av < 40$ $Av \geq 40$	0,00 0,25 0,50 0,75 1,00
Social	IDH da bacia	IDH $< 0,5$	0,00

		0,5 ≤ IDH < 0,6	0,25
		0,6 ≤ IDH < 0,75	0,50
		0,75 ≤ IDH < 0,9	0,75
		IDH ≥ 0,9	1,00
Político	Capacidade legal e institucional em Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos (GIRH) na bacia.	Muito Pobre Pobre Regular Boa Excelente	0,00 0,25 0,50 0,75 1,00
RESPOSTA			
Indicador	Parâmetro	Nível	Pontuação
Hidrológico	Evolução na eficiência de uso de água na bacia no período.	Muito Pobre Pobre Regular Boa Excelente	0,00 0,25 0,50 0,75 1,00
	Evolução no tratamento e Disposição de esgotos na bacia, no período.	Muito Pobre Pobre Regular Boa Excelente	0,00 0,25 0,50 0,75 1,00
Ambiental	Evolução nas áreas protegidas (Reservas e Boas Práticas de Manejo) na bacia, no período.	Δ < -10% -10% ≤ Δ < 0% 0% ≤ Δ < 10% 10% ≤ Δ < 20% Δ ≥ 20%	0,00 0,25 0,50 0,75 1,00
Social	Variação no IDH da bacia, no período.	Δ < -10% -10% ≤ Δ < 0% 0% ≤ Δ < 10% 10 ≤ Δ < 20% Δ ≥ 20%	0,00 0,25 0,50 0,75 1,00
Político	Evolução nos gastos em Gerenciamento Integrado dos Recursos Hídricos (GIRH) na bacia, no período.	Δ < -10% -10% ≤ Δ < 0% 0% ≤ Δ < 10% 10 ≤ Δ < 20% Δ ≥ 20%	0,00 0,25 0,50 0,75 1,00

Fonte: Adaptado de Chaves (2009).

O valor de cada dimensão é descrito por média aritmética, assim como o WSI global. Abaixo a Equação 1 (CHAVES; ALIPAZ, 2007):

$$WSI = (H + E + L + P) / 4 \quad (1)$$

Após a identificação dos níveis e seleção da pontuação para cada um dos indicadores, o WSI é calculado por meio da média global, que é a média das colunas P, E, R e linhas H, E, L, P (Quadro 1).

O resultado do WSI de acordo com a Equação 1 é classificado em baixo, médio e alto, respectivamente: $WSI < 0,5$; $0,5 \leq WSI < 0,8$ e $WSI \geq 0,8$ (CHAVES, 2009). Interpreta-se que, quanto maior o valor do índice, melhor estará a sustentabilidade na bacia hidrográfica avaliada.

Em Documento Técnico do Programa Hidrológico Internacional da Unesco para América Latina e Caribe foi possível verificar detalhes da metodologia de Chaves e Alipaz (2007).

Para este estudo foram realizadas algumas propostas metodológicas de adaptação em função da metodologia de Chaves e Alipaz (2007). Por exemplo, na Dimensão Hidrológica esses autores utilizaram a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) para a análise qualitativa hidrológica *Pressão e Estado*, porém, para esta pesquisa, utilizou-se o Índice de Qualidade de Água (IQA) no lugar da DBO. Destaca-se que Isaias (2008) também utilizou o IQA em sua proposta de WSI.

O IQA foi escolhido para representar este subindicador nos parâmetros *Pressão e Estado* pela sua abrangência e contribuição para determinar a qualidade hídrica na área de estudo. O IQA desenvolvido pela National Sanitation Foundation nos Estados Unidos (FRANCO; HERNANDEZ, 2012) é utilizado também pela Agência Nacional de Águas (ANA). O IQA destaca-se por reunir em um único valor diversos parâmetros.

Uma dificuldade encontrada foi a disponibilidade de dados do IQA na bacia hidrográfica do rio Japarutuba com espaço temporal definido para o estudo nessa bacia (2005 e 2010). Assim optou-se por fazer uso dos dados disponíveis em estudos anteriores, referentes aos anos 2009 e 2010. O parâmetro **Pressão** é constituído por meio da variação do IQA da bacia para o período de 2009-2010 (MARQUES, 2011). O parâmetro **Estado** é dado pelo IQA atual da bacia, utilizando-se a média dos valores do IQA para o ano 2010 de Marques (2011).

O parâmetro **Resposta** quantitativa hidrológica foi obtido por meio da variação na eficiência de uso da água na bacia no período estudado (2005- 2010), utilizou-se banco de dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (BRASIL, 2005, 2010). Esse indicador, proposto por Chaves e Alipaz (2007), é qualitativo, sendo classificado em: muito pobre, pobre, médio, bom ou excelente; porém optou-se por quantificá-lo de acordo a classificação do Índice de Perdas de água nos sistemas de abastecimento, disponível em Tsutiya (2006), em que:

- $P < 25\%$: o sistema de abastecimento de água é classificado como “bom”, tendo uma pontuação adaptada para o WSI igual a 1,0;
- $25 \leq P < 40\%$: o sistema é classificado como “regular” e recebe uma pontuação para o cálculo do WSI igual a 0,5;
- $P \geq 40\%$: o sistema é classificado como “ruim” e recebe a pontuação mínima, 0,0.

Para o indicador **Resposta**, que diz respeito à qualidade de água na bacia, dado pela Evolução no tratamento de esgoto no período estudado, foi utilizado o Índice de Coleta e Tratamento de Esgotos municipal, fornecido anualmente pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). Assim o valor da Evolução no tratamento de esgoto na bacia no período estudado foi obtido por meio da variação entre a média do Índice dos municípios inseridos na bacia.

Na Dimensão ambiental, o parâmetro **Resposta** foi avaliado considerando a variação nas áreas protegidas de acordo com a legislação brasileira e boas práticas de manejo na bacia no período estudado. Assim, o valor final do indicador é dado pela média entre a variação das áreas protegidas (Equação 2) e variação de boas práticas de manejo, (Equação 3).

$$\frac{\Delta AP \% = \Delta RL\% \Delta APP\% \Delta UC\% \Delta QUI\%}{4} \quad (2)$$

Onde:

ΔAP %: Variação das áreas protegidas em porcentagem

ΔRL %: Variação das áreas de Reserva Legal na bacia

ΔAPP %: Variação das Áreas de Preservação Permanente na bacia

ΔUC %: Variação das áreas de Unidades de Conservação na bacia

ΔQUI %: Variação das áreas dos Territórios Quilombolas na bacia

$$\Delta BPM \% = \frac{\Delta BPM RL\% + \Delta BPM APP\% + \Delta BPM UC\% + \Delta BPM QUI\%}{4} \quad (3)$$

Onde:

$\Delta BPM RL$ %: Variação em porcentagem de cumprimento da legislação ambiental brasileira para Reserva Legal na bacia

$\Delta BPM APP$ %: Variação em porcentagem de cumprimento da legislação ambiental brasileira para Áreas de Preservação Permanente na bacia

$\Delta BPM UC$ %: Variação em porcentagem de cumprimento da legislação ambiental brasileira para Unidades de Conservação na bacia

$\Delta BPM QUI$ %: Variação em porcentagem de cumprimento da legislação ambiental brasileira para Territórios Quilombolas na bacia

Na Dimensão Social a metodologia de Chaves e Alipaz (2007) utilizou a variação do PIB *per capita*; nesta pesquisa, optou-se pela adaptação de Chaves (2009), que utilizou o IDH-Renda, obtido por meio do Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil 2013 (PNUD, 2014).

Na Dimensão Política, o indicador de **Estado** avalia a capacidade institucional na bacia, por meio da Gestão Integrada de Recursos Hídricos. Esse indicador analisa, de forma geral, a capacidade de sistemas institucionais e legais dentro da bacia e determina se ele é muito pobre, pobre, médio, bom ou excelente (CHAVES, 2009). Neste caso, foi feita uma média entre a Capacidade Legal (CL) na bacia e a Capacidade Institucional (CI), adaptada do Documento Técnico do Programa Hidrológico Internacional da Unesco para América Latina e Caribe (UNESCO, 2008).

Validação do Índice de Sustentabilidade para Bacias Hidrográficas (WSI)

Na literatura, buscaram-se metodologias que validaram seus resultados, em especial, com ênfase em índices de sustentabilidade. Porém vários estudos de índices de sustentabilidade encontrados utilizam em seus títulos o termo *validação*, mas não descrevem nos procedimentos metodológicos como ocorreu essa etapa.

Diversos pesquisadores na área da saúde utilizam o método Validade de conteúdo para validar suas pesquisas; Lacerda et al. 2009 ressaltam que esse método busca reconhecer se cada instrumento (indicador) mede o que se propõe medir, em termos

de capacidade e amplitude para representar as práticas sob avaliação, assim como o valor e a consistência da medida.

De acordo com Alexandre e Coluci (2011), a *Avaliação por um comitê de especialistas* é uma etapa do método de *Validação de conteúdo*, que consiste na avaliação do instrumento (indicador) por um grupo de especialistas, por meio de questionários.

O presente estudo fez uma adaptação utilizando a *Avaliação por comitê especialistas*, que, neste caso, foram considerados os membros do Comitê da Bacia Hidrográfica do rio Japarutuba, do Conselho Estadual de Recursos Hídricos, técnicos da EMBRAPA e da Superintendência de Recursos Hídricos e a sociedade civil interessada.

Assim, a validação do Índice de Sustentabilidade encontrado para a bacia hidrográfica do rio Japarutuba consistiu em apresentar para os participantes da oficina de validação como o índice foi construído e quais as informações obtidas, e por fim, colocar todas essas questões em debate.

Cortés et al. (2012), após coleta de dados, sistematização e análise do Índice de Sustentabilidade para a bacia hidrográfica do rio Elqui, no Chile, realizaram uma oficina de validação com as partes interessadas, tendo em vista a subjetividade de alguns indicadores, tais como o de Estado Político.

O Comitê da Bacia Hidrográfica do rio Japarutuba foi instituído pelo decreto nº 24.650, de 30 de agosto de 2007, visando a promover, no âmbito da gestão de recursos hídricos, a viabilização técnica e econômico-financeira de programa de investimento e consolidação de política de estruturação urbana e regional, com vistas ao desenvolvimento sustentado da mesma Bacia Hidrográfica.

Resultados da análise do Índice de Sustentabilidade da bacia hidrográfica do rio Japarutuba

Os níveis e pontuação de cada indicador em matriz Pressão-Estado- Resposta foram: hidrológico 0,33; ambiental: 0,66; social: 0,83; e político 0,83 (Quadro 3). Para facilitar a compreensão, ressalta-se que o valor final do WSI é obtido por meio da média aritmética entre Pressão-Estado-Resposta de cada dimensão HELP; após isso, aplicou-se a Equação 1, o que resultou em um valor do Índice de Sustentabilidade para a bacia hidrográfica do rio Japarutuba igual a 0,66.

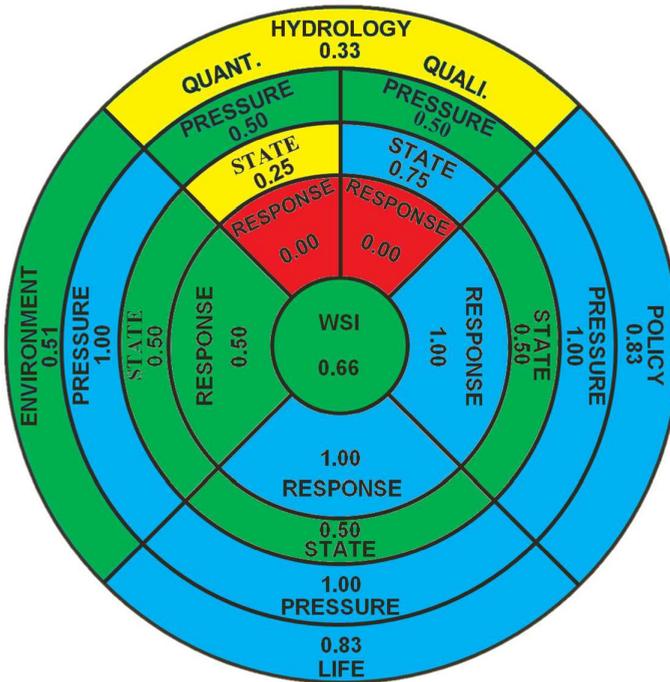
Quadro 3 – Matriz de composição do WSI de indicadores de Pressão, Estado e Resposta da bacia Hidrográfica do rio Japarutuba

INDICADORES		PRESSÃO		ESTADO		RESPOSTA		SUBTOTAL	
		Nível	Pontuação	Nível	Pontuação	Nível	Pontuação		
Hidrológico	Quant.	-0,07%	0,50	2,643	0,25	Muito Pobre	0,00	0,25	0,33
	Qualit.	8,11%	0,50	63,25	0,75	Muito Pobre	0,00	0,41	
Ambiental		-3,6%	1,00	11,03	0,50	5,85%	0,50	0,66	
Social		17%	1,00	0,613	0,50	37%	1,00	0,83	
Político		67%	1,00	Regul	0,50	97%	1,00	0,83	
TOTAL								0,66	

Fonte: Elaborado pelos autores.

De acordo com Chaves (2009), o índice de Sustentabilidade para a bacia hidrográfica do rio Japarutuba, que obteve o valor final de 0,66, encontra-se em nível médio com relação à sustentabilidade. Para visualização dos resultados, elaborou-se a representação gráfica abaixo (Figura 2), relacionando a pontuação (P) de cada indicador com as cores: $0,00 \leq P < 0,25$ corresponde à cor vermelha; $0,25 \leq P < 0,50$ corresponde à cor amarela; $0,50 \leq P < 0,75$ é representado pela cor verde; e $0,75 \leq P < 1,00$, azul.

Figura 2 – Representação gráfica do Índice de Sustentabilidade da bacia hidrográfica do rio Japarutuba (WSI)



Fonte: Elaborado pelos autores.

Os indicadores mais críticos foram da dimensão hidrológica: o subindicador Estado, relacionado à baixa disponibilidade hídrica *per capita*, o subindicador Resposta, relacionado aos altos índices de perdas na região; e o subindicador de qualidade de água – Resposta, que está relacionado à falta de coleta e tratamento de esgoto nos municípios da bacia em estudo.

De acordo com a Figura 2, a dimensão Social e a dimensão Política tiveram os melhores resultados (0,83). O resultado da dimensão social está relacionado ao IDH e suas variações; este índice, como já discutido, é decenal, o que, quando avaliado a sua variação entre o ano 2000 e o ano 2010, pode ter alavancado sua pontuação devido ao intervalo maior de tempo do que se deveria ter (2005 e 2010).

Já o indicador Ambiental apresentou-se como uma pontuação mediana; isso não significa que os impactos ambientais estão diminuindo significativamente, mas, sim, que no período estudado (2005 e 2010) houve uma evolução nas políticas ambientais, o que, de fato, também foi avaliado e contribuiu para a pontuação final.

Na pesquisa de Chaves e Alipaz (2007), para a bacia hidrográfica do rio São Francisco Verdadeiro (Brasil), o WSI final foi igual a 0,65, sendo classificado como nível intermediário em relação à sustentabilidade. Demais estudos que utilizaram a metodologia de Chaves e Alipaz (2007) que embasaram a presente pesquisa tiveram os seguintes resultados: Contés et al. (2012), bacia hidrográfica do rio do Elqui (Chile), obteve WSI igual a 0,61; Chaves (2009), bacia hidrográfica do Ribeirão Pípiripau (Brasil), obteve WSI igual a 0,60; e bacia hidrográfica do rio Antaquera (Bolívia), WSI igual a 0,47. Catano et al. (2009), bacia hidrográfica rio Reventazón (Costa Rica), WSI igual a 0,74. Unesco (2008), Projeto Hidrológico Internacional bacia hidrográfica Canal do Panamá (Panamá), 0,65.

Validação dos resultados da pesquisa

A reunião de validação do índice de sustentabilidade da bacia hidrográfica do rio Japarutuba contou com a participação 21 pessoas, entre membros do Comitê da Bacia Hidrográfica do rio Japarutuba, técnicos da Superintendência de Recursos Hídricos, da Embrapa e da Companhia de Saneamento do Estado de Sergipe (DESO), durando cerca de três horas.

Após a apresentação dos resultados da pesquisa “Avaliação da sustentabilidade na bacia hidrográfica do rio Japarutuba”, momento em que foi apresentada a importância da metodologia e das informações obtidas para assessorar a gestão dos recursos hídricos, tanto na bacia em estudo como aplicá-la em outras bacias do Estado, abriu-se o debate e os convidados contribuíram de forma enriquecedora para a pesquisa.

Pode-se afirmar que o nível de participação alcançado na oficina de validação ocorrida nesta pesquisa foi o da “participação por consulta”, conforme Verdejo (2006), em que os pesquisadores consideraram a opinião dos participantes, integrando-as ao enfoque da pesquisa, embora o grupo de participantes não tenha tido o poder de decisão sobre as etapas anteriores da pesquisa, por exemplo, na escolha metodológica.

Na prática, isso significa que, de acordo com o debate, os especialistas em recursos hídricos reanalisaram a pesquisa, modificando alguns parâmetros de acordo com as sugestões mais pertinentes (acordadas no grupo), a exemplo dos pesos atribuídos às áreas protegidas existentes e do período analisado dos investimentos financeiros realizados na bacia.

Após a finalização do debate, os membros do Comitê da Bacia Hidrográfica do rio Japarutuba validaram os resultados obtidos, inclusive registrando todas as etapas da validação em uma Ata de Caráter Extraordinário, e ressaltaram a relevância da troca de informações entre universidades, gestores e sociedade organizada, de modo a contribuir para uma gestão eficiente, bem como o interesse dos participantes, en-

quanto membros do Comitê de Bacias, em utilizar a metodologia para o monitoramento da sustentabilidade.

Síntese de estratégias para as fragilidades encontradas na bacia hidrográfica do rio Japarutuba

Considerando as informações obtidas e analisadas no presente estudo, construiu-se uma síntese de estratégias para os indicadores mais críticos identificados.

Na dimensão hidrológica quantitativa, identificou-se como fragilidade a baixa disponibilidade hídrica *per capita* e como estratégia sugere-se a fiscalização dos usuários de água, em especial industriais e agrícolas, e a implantação da cobrança pelo uso da água, visando à redução do consumo dos recursos hídricos. Já para o alto Índice de Perdas na distribuição de água, propõem-se investimentos financeiros para o estabelecimento de ações contínuas de redução e controle de perdas. Com relação à fragilidade da dimensão hidrológica qualitativa, destaca-se o baixo Índice de Coleta e Tratamento de Esgoto, sendo evidente a necessidade da universalização do saneamento básico em toda a área da bacia.

Com relação à dimensão ambiental foi possível identificar como fragilidades o baixo percentual de área com vegetação nativa na bacia e também a falta de Boas Práticas de Manejo em áreas protegidas na bacia. Sendo assim, sugere-se aumentar as áreas com vegetação nativa, por meio de programas de recuperação florestal e monitoramento contínuo, além da elaboração de uma Política Estadual de Florestas que garanta a execução de instrumentos de preservação das nascentes e matas ciliares na região da bacia, bem como a consolidação de áreas de Reserva Legal e ações que garantam a gestão efetiva das Unidades de Conservação.

Na dimensão social foi possível observar como fragilidade o baixo Índice de Desenvolvimento Humano na Bacia e propor como estratégia maiores investimentos em educação por meio de capacitações e incentivos para o desenvolvimento econômico, com ênfase no microempreendedor, além da garantia de saneamento básico, para a melhoria da saúde da população.

Já na dimensão política foram identificadas duas fragilidades: a capacidade legal em Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos na bacia e pouco investimento financeiro em Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos na bacia. Como estratégias sugerem-se: Implantação dos instrumentos de gestão (Enquadramento dos corpos d'água e Cobrança pelo uso dos recursos hídricos); maior fiscalização e monitoramento da Outorga pelo uso da água; e maiores investimentos financeiros destinados ao GIRH na bacia: obras de saneamento, programas de monitoramento da qualidade da água, projetos de recuperação e preservação de nascentes.

Parte-se do princípio de que a tomada de decisão é a etapa que fecha a fase de um ciclo dentro do planejamento, consiste na seleção das melhores alternativas levantadas, envolve a consideração de avaliação técnica, jurídica, administrativa e financeira dessas alternativas, bem como a hierarquização das alternativas (SANTOS et al., 2016).

Considerações sobre a aplicação do WSI na bacia hidrográfica do rio Japarutuba

A bacia hidrográfica do rio Japarutuba obteve um WSI global igual a 0,66, está classificada em um nível médio em relação à sustentabilidade; essa bacia requer atenção prioritária na dimensão hidrológica, em especial, a coleta e tratamento dos esgotos e o abastecimento de água. A resolução desses dois pontos críticos pode, de fato, solucionar outras questões relacionadas à saúde da população e melhoria da qualidade de vida na bacia.

As áreas protegidas podem garantir melhor disponibilidade hídrica na bacia, tendo em vista a relevância da interação fundamental entre a vegetação e o ciclo hidrológico.

Desse modo, pode-se concluir que a metodologia estudada é eficaz, pois integra quatro dimensões importantes: ambiental, hidrológica, social e política, e permite a análise conjunta e separada de cada dimensão. Isso possibilita um olhar diferenciado para as questões mais críticas da bacia, de modo a agir de forma corretiva e/ou preventiva, resolvendo os principais pontos negativos.

Referências

ALEXANDRE, N. M. C.; COLUCI, M. Z. O. Validade de conteúdo nos processos de construção e adaptação de instrumentos de medidas. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 16, n. 7, p. 3061-3068, 2011.

ARAGÃO, R.; ALMEIDA, J. A. P. Avaliação espaço temporal do uso do solo na área da bacia do rio Japarutuba □ Sergipe através de imagens LANDSAT. In: XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Natal, Brasil. *Anais... INPE*, 2009. p.1231-1238.

ARAÚJO, S. S. Percepção e Conflitos Sócio-Ambientais Relacionados ao Uso da Água da Bacia Hidrográfica do rio Japarutuba-SE. In: AGUIAR NETTO, Antenor de Oliveira; MATOS, Eduardo Lima de (Org.). *Distintos Olhares dos Rios Sergipanos*. 1. ed. São Cristóvão: UFS, 2012. v. 1, p. 7-162.

BARROS, J. D. S.; SILVA, M. F. A. P. Aspectos teóricos da sustentabilidade e seus indicadores. *Polêmica*, Rio de Janeiro, v. 11, n. 1, jan./mar. 2012.

BLACKSTOCK, K. L.; KELLY, G. J.; HORSEY, B. L. Developing and applying a framework to evaluate participatory research for sustainability. *Ecological Economics*, Elsevier, v. 60, n. 4, p. 726-742, 2007.

BRASIL. Ministério das Cidades. Programa de Modernização do Setor Saneamento. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: diagnóstico dos serviços de água e esgotos 2005**. 2005. 338 p.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento. **Sistema Nacional de Informações sobre saneamento: diagnóstico água e esgoto 2010**. 2010. 448 p.

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.

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.

CHAVES, H. M. L. Avaliação integrada da sustentabilidade de quatro bacias hidrográficas latinoamericanas. In: XVIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS. **Anais...** Campo Grande, 2009.

CORTÉS, A. E.; OYARZÚN, R.; KRETSCHMER, N.; CHAVES, H.; SOTO, G.; SOTO, M.; AMÉZAGA, J.; OYARZÚN, J.; RÖTTING, T.; SEÑORET, M.;

MATURANA, H. Application of the Watershed Sustainability Index to the Elqui river basin, North-Central Chile. **Obras y Proyectos**, n. 12, p. 57-69, 2012.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Tabuleiros Costeiros. **Base de Dados do Projeto Japarutuba**. CRUZ, Marcus Aurélio Soares et al. Brasília, DF: Embrapa, 2012. CD-ROM.

FRANCO, R. A. M.; HERNANDEZ, F. B. T. Qualidade de água na microbacia do Coqueiro, noroeste do Estado de São Paulo. **Water Resources and Irrigation Management**, v. 1, n. 1, p. 61-69, Sept.-Dec. 2012.

FRASER, E. D. G.; DOUGILL, A. J.; MABEE, W. E.; REED, M.; MCALPINE, P. Bottom up and top down: Analysis of participatory processes for sustainability indicator identification as a pathway to community empowerment and sustainable environmental management. **Journal of Environmental Management**, v. 78, n. 2, p.114-127, 2006.

GERGEL, S. E.; TURNER, M. G.; MILLER, J. R.; MELACK, J. M.; STANLEY, E. H. Landscape indicators of human impacts to riverine systems. **Aquatic Sciences**, v. 64, p.118-128, 2002.

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.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Divisão Política- Administrativa do Brasil**. 2002.

ISAIAS, F. B. **A sustentabilidade da água: proposta de um índice de sustentabilidade de bacias hidrográficas**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) - Universidade de Brasília, Brasília, 2008. 169 p.

KÖNIG, H. J.; SGHAIER, M.; SCHULER, J.; ABDELADHIM, M.; HELMING, K.; TONNEAU, J. P.; OUNALLI, N.; IMBERNON, J.; MORRIS, J.; WIGGERING,

- H.; Participatory Impact Assessment of Soil and Water Conservation Scenarios in Oum Zessar Watershed, Tunisia. **Environmental Management**, v.50, p. 153-165, 2012.
- KUMAMBALA, P. G.; ERVINE, A. Water resources sustainable decision making for Malawi based on basin hydrology, human health and environment. **Journal of Engineering and Technology**, v. 1, n. 1, 2008.
- LACERDA, R. A.; LEVIN, A. S. S.; DE OLIVEIRA, M. S.; GARCIA, C. P.; TURRINI, R. T. N. Indicadores de desempenho sobre uso de antibioticoprofilaxia cirúrgica: construção e validação. **R. Ci. Méd. Biol.**, Salvador, v. 8, n. 3, p. 270-282, set./dez. 2009.
- MARQUES, Maria Nogueira. Aspectos qualitativos e quantitativos das águas em Sergipe (Apresentação de palestra). In: IV ENCONTRO DE RECURSOS HÍDRICOS EM SERGIPE. **Anais...** 2011. Disponível em: <http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes_2011/anais_4enrehse/Palestras/AprelQAIVERHSE.pdf>. Acesso em: 4 fev. 2014.
- MARTINS, M. F.; CÂNDIDO, G. A. Índices de desenvolvimento sustentável para localidades: uma proposta metodológica de construção e análise. **Revista de Gestão Social e Ambiental-RGSA**, São Paulo, v. 6, n. 1, p. 3- 19, jan./abr.2012.
- MONTGOMERY, D. R.; GRANT, G. E.; SULLIVAN, K. Watershed analysis as a framework for implementing ecosystem management. **Water Resources Bulletin. American Water Resources Association**, v. 31, n. 3, 1995.
- OECD, Organisation for Economic Co-operation and Development. **OECD Environmental Indicators: Development, measurement and use**. Reference paper. Paris, França, 2003.
- PNUD, Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. **Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil 2013**. Disponível em: <http://www.pnud.org.br/IDH/Atlas2013.aspx?indiceAccordion=1&li=li_Atlas2013>. Acesso em: 13 jan. 2014.
- REED, M. S.; FRAER, E. G.; DOUGILL, A. J. An adaptive learning process for developing and applying sustainability indicators with local communities. **Ecological Economics**, v. 59, n. 4, p. 406-418, 2006.
- SANTANA, J. U. R.; SOUZA, D. T. B.; GOMES, L. J. Mensuração da Sustentabilidade no meio rural. In: SANTOS, A. C.; BECKER, E. (Orgs.). **Entre o homem e a natureza: abordagens teórico-metodológicas**. Porto Alegre: Redes Editora, 2012.
- SANTOS, R. F. **Planejamento Ambiental: teoria e prática**. São Paulo. Oficina de textos, 2004. 184 p.
- SANTOS, C. Z. A.; GOMES, L. J.; FERREIRA, R. **Planejamento de áreas verdes públicas: Estudo de caso no município de Aracaju, Sergipe**. 1. ed. Saarbrücken: Novas Edições Acadêmicas, 2016. v. 1. 132 p.

SEMARH, Secretaria do Estado de Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. Superintendência de Recursos Hídricos. **Atlas digital sobre recursos hídricos de Sergipe**. Sergipe, 2012. CD-ROM. Versão 2012.9.

SERGIPE. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. Superintendência de Recursos Hídricos. **Execução dos serviços para a elaboração do plano da Bacia Hidrográfica do Rio Japarutuba**. (Relatório Resumo). Aracaju, 2010. 38 p.

SICHE, R.; AGOSTINHO, F.; ORTEGA, E.; ROMEIRO, A. Índices versus indicadores: Precisões conceituais na discussão da sustentabilidade de países. **Ambiente e Sociedade**, Campinas, v. X, n. 2, p. 137-148, jul.-dez. 2007.

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**, Campina Grande, v. 11, n. 1, p. 55-72, 2009.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água**. 3. ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. 643 p.

UNESCO, Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. Evaluación objetiva de la aplicación y cálculo del Índice de Sostenibilidad de Cuenca en la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá. **Documentos Técnicos do Programa Hidrológico Internacional para América Latina y el Caribe**, n. 12, 2008.

UNITED NATIONS. **Agenda 21. Rio de Janeiro, Brasil: United Nations Conference on Environment & Development**. 1992. 351 p. Disponível em: <<http://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/Agenda21.pdf>>. Acesso em: 19 abr. 2013.

UNITED NATIONS. **Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies**. New York, 2007. 93 p.

VERDEJO, M. E. **Diagnóstico rural participativo: guia prático DRP**. MDA/Secretaria da Agricultura Familiar. Brasília, 2006. 62p.

Submetido em: 31/03/2016

Aceito em: 09/02/2017

<http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422ASOC0057R1V2022017>

APLICAÇÃO DE UM ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JAPARATUBA EM SERGIPE

ISABELLA FERREIRA NASCIMENTO MAYNARD
MARCUS AURÉLIO SOARES CRUZ
LAURA JANE GOMES

Resumo: Os índices de sustentabilidade são importantes ferramentas no processo de gestão dos recursos hídricos. Este trabalho objetivou calcular um índice de sustentabilidade para a bacia hidrográfica do rio Japaratuba, no Estado de Sergipe, Brasil. A bacia hidrográfica do rio Japaratuba tem área igual a 1.687,67 km². O Índice de Sustentabilidade de Bacias Hidrográficas (WSI) considerou as dimensões hidrológica, ambiental, social e política, organizando-as por meio da estrutura Pressão-Estado-Resposta. O WSI calculado para a bacia em estudo foi 0,66, o que indica que a bacia está em um nível intermediário em relação à sustentabilidade. Destaca-se que os indicadores que receberam menor pontuação foram: Hidrológico quantitativo, relacionado à baixa disponibilidade hídrica *per capita*, e Hidrológico qualitativo, que está relacionado à coleta e tratamento de esgotos nos municípios da bacia.

Palavras-chave: Índice. Gestão dos recursos hídricos. Qualidade ambiental.

Abstract: Sustainability indexes are important tools in water resource management. The aim of the current study is to calculate the sustainability index of the Japaratuba River watershed, Sergipe State, Brazil. The Japaratuba River watershed comprises a 1.687,67 km² area. The watershed sustainability index (WSI) has taken into consideration hydrographic, environmental, life, and political dimensions, according to the pressure-state-response methodology. The WSI value was 0,66. Such value indicates that the watershed shows intermediate sustainability level. The indexes showing the lowest scores were the quantitative hydrological index, which is related to water availability per capita, and the qualitative hydrological index, which is related to the wastewater treatment in the cities belonging to the watershed region.

Keywords: Index. Water resource management. Environmental quality.

Resumen: Los índices de sostenibilidad son herramientas importantes en la gestión de los recursos de agua. Este estudio tuvo como objetivo calcular un índice de sostenibilidad de la cuenca del río Japaratuba en el Estado de Sergipe, Brasil. La

cuenca tiene un área de Japarutuba igual a 1.687,67 km². El índice de sostenibilidad del Cuenca Hidrográfica (WSI) considera la Presión-Estado- Respuesta hidrológica, ambiental, social y política a través de la organización de ellos la estructura. El WSI calculado para la cuenca en estudio fue de 0,66, lo que indica que la cuenca está en un nivel intermedio en relación con la sostenibilidad. Es de destacar que los indicadores que recibieron las puntuaciones más bajas fueron cuantitativa Hidrológico, relacionado con la baja disponibilidad de agua por habitante y Hidrológico cualitativa, que está relacionada con la recogida y el tratamiento de las aguas residuales en los municipios de la cuenca.

Palabras clave: Índice. Gestión de recursos hídricos. La calidad del medio ambiente.
