

DEFINIÇÃO DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL APLICADOS A RIOS URBANOS COM O USO DO MÉTODO DELPHI.

DEFINITION OF ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY INDICATORS APPLIED TO URBAN RIVERS WITH USE OF THE DELPHI METHOD.

Mikhail Martinez Barreto

Mestre em Meio Ambiente, Águas e Saneamento / UFBA. (mikhailbarreto@hotmail.com)

Luiz Roberto Santos Moraes

PhD em Saúde Ambiental / University of London-UK. Departamento de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia. (moraes@ufba.br)

Resumo

Atualmente, a grande maioria da humanidade vive em ambientes urbanos e tem a água como uma riqueza fundamental para a sua saúde e seu bem-estar. Tais ambientes são definidos, principalmente, pela ação do homem em históricos processos de constituição, transformação e suporte do meio, processos estes que geram danos à natureza. O uso de indicadores é uma das formas de se medir esses danos, resumindo a informação e transmitindo o essencial dos dados originais de forma sintética. Indicadores de sustentabilidade ambiental têm se mostrado válidos para compreender e monitorizar as problemáticas relacionadas aos rios urbanos. O artigo tem por objetivo definir indicadores de sustentabilidade ambiental aplicados a rios urbanos. Após revisão bibliográfica sobre o uso de indicadores como ferramentas metodológicas de avaliação da sustentabilidade ambiental em rios urbanos, definiu-se uma matriz inicial de indicadores. Em seguida, o método Delphi foi utilizado para apontar, a partir do consenso de um painel de especialistas, os indicadores aplicados a rios urbanos. Dos 38 especialistas convidados a participar do Delphi, 15 estiveram em todas as rodadas. A matriz consolidada foi definida com 25 indicadores considerados muito relevantes na escala de relevância adotada.

Palavras-chave: Indicadores, Indicadores de Sustentabilidade Ambiental, Rios Urbanos, Método Delphi.

Abstract

Today the vast majority of humanity lives in urban environments and has water as a fundamental wealth for their health and well-being. These environments are defined mainly by the action of man in historical processes of constitution, transformation and support of the environment, processes that generate damage to nature. The use of indicators is one way to measure these damages, summarizing the information and transmitting the essential of the original data in a synthetic way. Indicators of environmental sustainability have proved valid to understand and monitor the problems related to urban rivers. The article aims to define indicators of environmental sustainability applied to urban rivers. After a bibliographic review on the use of indicators as methodological tools for the evaluation of environmental sustainability in urban rivers, an initial matrix of indicators was defined. Then the Delphi method was used to indicate, from the consensus of a panel of experts, the indicators applied to urban rivers. Of the 38 experts invited to participate in Delphi, 15 participated in all the rounds. The consolidated matrix was defined with 25 indicators considered very relevant in the scale of relevance adopted.

Keywords: Indicators, Indicators of Environmental Sustainability, Urban Rivers, Delphi method.

INTRODUÇÃO

A grande maioria da humanidade vive atualmente em cidades e tem a água como uma riqueza fundamental para a sua saúde e seu bem-estar. Diversas são as razões para a

concentração da ocupação humana nas margens de corpos hídricos, como abastecimento de água, irrigação, terreno mais fértil, uso industrial, geração de energia elétrica, descarte de resíduos e efluentes etc. (COELHO, 2013). Porém, a estruturação das cidades nas margens dos rios

originou os mais diversos impactos, desde a supressão da mata ciliar e lançamento de efluentes líquidos e resíduos sólidos, bem como alterações no seu curso original.

A gestão desta e de qualquer outra problemática ambiental, com base no planejamento urbano territorial, necessita de uma medição dos impactos envolvidos, dentre outras medidas, a fim de direcionar as ações do Estado e da sociedade civil. No tocante às condições necessárias e desejáveis para a manutenção de rios urbanos, os impactos constantes sobre os mesmos ameaçam a sustentabilidade de todo o sistema, que deixa de ser resiliente, ou seja, perde a sua capacidade de autorrecuperação. Com relação à definição do conceito de sustentabilidade, o uso das dimensões social, política e cultural tem se mostrado bastante controverso, pois acaba refletindo contextos políticos, de julgamentos de valor e de subjetividade (VAN BELLEN, 2005).

O uso de indicadores de sustentabilidade no âmbito ambiental é uma das formas de se medir esses impactos, resumindo a informação técnica e científica e transmitindo o essencial dos dados originais de forma sintética (LEAL; PEIXE, 2008). Estes têm se mostrado válidos para compreender e monitorizar as problemáticas relacionadas aos rios urbanos de forma mais clara e objetiva. Segundo Moraes *et al.* (2006), a função dos indicadores torna-se importante no processo de planejamento, gestão e avaliação de políticas públicas.

O uso de indicadores na monitorização da gestão dos rios urbanos em direção à sustentabilidade permite observar os resultados das ações de políticas públicas em toda bacia hidrográfica analisada, sendo, inclusive, indicado pela "Agenda 21" (CORRÊA; TEIXEIRA, 2013).

A bibliografia específica tem mostrado que, para avaliar a sustentabilidade ambiental de um rio urbano, é possível utilizar certos indicadores que apontam situações de desequilíbrio natural das condicionantes que compõem o meio. No tocante à qualidade da água, o excesso de nutrientes, como o fósforo e o nitrogênio, é o principal e mais corriqueiro condicionante encontrado no processo de eutrofização do corpo hídrico, sendo o mais importante indicador de presença de efluentes domésticos e industriais (BRASIL, 2012). Trabalhos como o de Moraes *et al.* (2012) reforçam essa tendência ao propor o uso de parâmetros bacteriológicos e físico-

químicos no diagnóstico da qualidade de corpos d'água, como os rios urbanos.

As matrizes de indicadores ambientais e de sustentabilidade ambiental são ferramentas bastante difundidas na bibliografia especializada atualmente, e o uso do método Delphi tem facilitado a sua construção. Trabalhos como o de Cerqueira (2008) e Bahia (2006) são exemplos de estudos que se apropriaram desta metodologia para definição de indicadores de avaliação da sustentabilidade ambiental de rios urbanos. Este método consiste na consulta de um grupo de especialistas por meio de um processo coletivo, que tem por objetivo obter, comparar e direcionar suas opiniões em prol de um consenso acerca de determinada área de estudo (VEIGA *et al.*, 2014).

Apesar das propostas de indicadores de sustentabilidade ambiental até então citadas na bibliografia sobre o tema, ainda há uma grande defasagem de estudos que abordem especificamente o ambiente urbano e seus rios. Corrêa e Teixeira (2013) e Brasil (2012) são exemplos de trabalhos que propõem o uso desses indicadores, porém, com enfoque em bacias hidrográficas de maior porte, precisando, assim, serem adaptados para atender à realidade dos corpos d'água em centros urbanos, cujas características ambientais, sociais e econômicas são próprias.

Diante do exposto, o objetivo deste artigo é definir, a partir da aplicação do método Delphi, uma matriz de indicadores de sustentabilidade ambiental a ser aplicada a rios urbanos.

METODOLOGIA

A definição de uma matriz de indicadores passa, inicialmente, por um processo de estudo e análise dos indicadores e dos conjuntos de indicadores que já foram e/ou vêm sendo aplicados em todo o mundo. Para tal, foi preciso tomar como base a revisão da literatura que utiliza os indicadores como ferramentas metodológicas de avaliação da sustentabilidade ambiental em rios urbanos.

Após a busca e análise das publicações técnicas e científicas, as propostas de aplicação de indicadores foram apontadas, sendo selecionadas aquelas que estavam inseridas dentro do contexto da sustentabilidade ambiental dos rios urbanos, levando em consideração, principalmente, a exequibilidade da validação.

Foi fundamental a compilação do máximo possível de indicadores, já que os mesmos ainda tinham que ser consolidados por intermédio da contribuição de especialistas por meio do método Delphi. Essa compilação gerou a matriz inicial de indicadores, estando estes organizados de forma lógica a partir de suas dimensões.

No tocante ao aprimoramento e consolidação da matriz inicial de indicadores, o método Delphi foi utilizado para definir, a partir do consenso de um painel de especialistas, aqueles que melhor avaliem as condições ambientais dos rios urbanos.

Inicialmente, foi elaborado um formulário contendo uma breve descrição do projeto de pesquisa e a introdução ao tema, bem como a relação dos indicadores da matriz inicial a serem avaliados quanto ao seu grau de importância no tocante à sustentabilidade ambiental de rios urbanos. Essa importância foi definida por uma escala de relevância, em que o indicador poderia ser: Muito Relevante, Relevante, Indiferente, Irrelevante, Muito Irrelevante. Com a elaboração deste formulário, o mesmo foi submetido a uma fase de pré-teste, envolvendo pesquisadores locais, a fim de ajustar o método, diagnosticar possíveis limitações e avaliar a sua efetividade.

Após essa fase inicial de pré-teste, o método seguiu para a fase seguinte, correspondente à seleção de especialistas que iria compor o painel a ser consultado. Esses painelistas foram definidos com base na área e no local de atuação, bem como na ocupação atual.

A seleção da lista ocorreu com base em contatos com profissionais, bem como por meio da referência em trabalhos técnicos e científicos publicados. Não houve um número definido de participantes a ser levado em consideração para consolidar o painel. Após o estabelecimento da relação de painelistas (profissionais de instituições e entidades e pesquisadores), eles foram contatados por meio de um convite formal via *e-mail* para compor o painel. A partir desse contato inicial, foi possível apontar aqueles que estavam comprometidos com a realização da avaliação até o fim.

Para o envio do formulário aos painelistas, foi utilizada a ferramenta *online* "SurveyMonkey" (pt.surveymonkey.com), que é um *site* especializado em elaboração, envio e análise de questionários e de suas respostas. Por meio desta ferramenta, o formulário chegou aos painelistas via *e-mail* e foi respondido *online*. O

formulário foi composto por um texto de apresentação e explicação do processo de resposta das questões, bem como pelos indicadores e a escala de relevância, estando os indicadores organizados em dimensões. Os resultados foram apresentados com análises estatísticas, facilitando a interpretação.

Na 1ª rodada, os painelistas puderam sugerir novos indicadores, além de fazer observações e críticas ao projeto e ao formulário. A matriz processada após essa primeira fase foi novamente submetida somente para os painelistas que contribuíram na referida rodada, juntamente com os resultados desta.

Na 2ª rodada, além de uma nova avaliação do nível de relevância dos indicadores no tocante à sua aplicação em rios urbanos, com base nas respostas da rodada anterior, os painelistas foram convidados a julgar apropriado ou não a definição de cada uma das dimensões e a ponderar estas mesmas dimensões em relação ao seu grau de importância dentro da avaliação da sustentabilidade ambiental de um rio urbano.

No total, foram realizadas duas rodadas (a primeira aconteceu entre agosto-setembro de 2016 e a outra entre dezembro de 2016 e fevereiro de 2017), sendo adotada uma porcentagem de consenso das respostas acima de 50% para cada indicador em todas as rodadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após consulta e análise da literatura acerca dos indicadores de sustentabilidade ambiental aplicados a rios urbanos no Brasil e no restante do mundo, foi possível selecionar e organizar uma matriz inicial destes. Esses indicadores estão organizados em dimensões temáticas, dispostos com base no seu grau de importância para a avaliação da sustentabilidade ambiental do rio (do maior para o menor grau).

Para cada indicador, foram apontadas as referências dos trabalhos que utilizaram e/ou utilizam os mesmos. O total de indicadores selecionados foi de 67, sendo: Ecologia = 5; Hidrologia = 6; Gestão = 12; Infraestrutura = 4; Saneamento ambiental = 23; e Qualidade da água no corpo hídrico = 17.

A grande maioria dos trabalhos encontrados na bibliografia apresenta propostas de indicadores a serem usados ou já utilizados e consolidados na monitorização em bacias

hidrográfica de grande extensão/área, sendo muito poucos aqueles específicos para rios urbanos. Com isso, foi necessário adaptar muitos desses indicadores para tal realidade, e outros serem excluídos da matriz inicial por, justamente, não ser possível uma compatibilização.

Além disso, outro critério de escolha e definição dessa matriz inicial foi a existência e a disponibilidade de dados secundários, além da viabilidade de geração de dados primários. Aqueles indicadores com dados secundários de difícil acesso ou até mesmo inexistentes tiveram de ser excluídos da matriz inicial, bem como aqueles cuja logística de obtenção de dados primários era inviável.

As dimensões temáticas foram divididas em:

- Ambiente Natural: Sem a influência direta do ser humano (Ecologia e Hidrologia).
- Ambiente Social: Sob a influência direta do ser humano (Gestão, Infraestrutura, Saneamento ambiental e Qualidade da água no corpo hídrico).

A ordem de apresentação dessas dimensões na matriz inicial foi definida com base no grau de agregação e influência de cada uma delas em relação ao meio e à dimensão posterior. O significado considerado Ecologia refere-se ao ambiente natural macro, abrangendo o físico, o químico e o biológico; o de Hidrologia relaciona-se à água como um elemento estudado pela Ecologia; o de Gestão, à atividade do homem em todo o ambiente natural; o de Infraestrutura, ao

elemento da Gestão; o de Saneamento ambiental, ao da Infraestrutura; e o de Qualidade da água no corpo hídrico como inserido no contexto do saneamento ambiental e suas implicações ao meio.

O painel de especialistas foi composto por 38 painelistas. O prazo inicial para o envio das respostas foi de 15 dias, contando o dia do envio do formulário. Após esse período, diante da falta de respostas de 20 painelistas, foi necessária a prorrogação do prazo por mais oito dias, chegando ao final com 20 participantes, ou seja, 52,63% dos consultados. Destes, 70% foram do gênero masculino; os painelistas foram de todas as regiões do País, sendo 55% do Nordeste, 25% do Sudeste, 10% do Sul, 5% do Centro-Oeste e 5% do Norte; a maioria foi de Universidades (80%), sendo o restante distribuído entre empresas/órgãos públicos e instituto de pesquisas; 70% de todos os participantes possuíam, pelo menos, uma graduação e um título de mestre.

As críticas, sugestões e observações feitas pelos painelistas foram analisadas e algumas acatadas ao final da 1ª rodada. Além disso, foram analisadas as respostas de todo o painel, considerando o consenso de 50% mais um, para definir o nível de relevância mais votado para cada indicador. Esse dado foi pontuado em uma nova matriz, ajustada após as contribuições dos painelistas e apresentada de forma resumida no Quadro 1, com destaque para as categorias de relevância que tiveram as maiores porcentagens de resposta, com base no número de respondentes para cada indicador.

Quadro 1: Resultado final da 1ª rodada do método Delphi

Dimensão	Indicador	% Muito Relevante	% Relevante	% Indiferente	% Irrelevante
Ecologia	Extensão do rio com mata ciliar/extensão total do rio principal	63,16			
	Área com vegetação/área total da bacia		63,16		
	Área de mata ciliar/área total protegida na bacia	55,56	27,78	16,67	
	Número de nascentes preservadas/total de nascentes da bacia	55,56			
	Redução de espécies endógenas na bacia	26,32	47,37	15,79	

Hidrologia	% de domicílios cujos logradouros apresentaram ocorrência de enchente/bairro/bacia nos últimos 2 anos		57,89		
	Dias de ocorrência de enchentes no rio principal/ano (vazões atípicas)	26,32	47,37	21,05	
	Extensão dos trechos perenes na bacia/extensão total		57,89		
	Extensão dos corpos d'água com encapsulamento na bacia/extensão total	42,11	36,84	15,79	
	Extensão dos corpos d'água canalizados na bacia/extensão total	47,37	47,37		
	Extensão do corpo d'água retificado no rio principal/extensão total do rio principal	38,89	38,89	16,67	
Gestão	Existência de plano de bacia ou zoneamento na bacia	52,63	42,11		
	Áreas protegidas/área total da bacia	47,37	47,37		
	% de áreas de preservação permanente/área da bacia	57,89			
	Incidência de doenças relacionadas à água do rio principal/ano	55,56			
	Número de entidades locais de atuação confirmada que trabalham para a preservação do rio principal		63,16		
	Investimentos Públicos (R\$) em ações de recuperação de corpos d'água/bacia	47,37	47,37		
	Investimentos (R\$) em esgotamento sanitário/habitante na bacia	63,16			
	Investimentos (R\$) em resíduos sólidos urbanos/habitante na bacia	52,63	47,37		
	Investimentos (R\$) em drenagem urbana/habitante na bacia	47,37	47,37		
	Investimentos (R\$) em pesquisas sobre a bacia/ano	42,11	52,63		
	Número de pesquisas sobre a bacia a cada 2 anos	15,79	52,63	21,05	
	Número de multas ambientais por lançamento inadequado de efluentes e/ou de resíduos no rio	26,32	57,89	15,79	

	principal			
Infraestrutura	Áreas de inundação ocupadas/área total de inundação na bacia	55,56		
	Área assoreada/área total das margens na bacia	38,89	50,00	
	Número de pontos potenciais à erosão e deslizamentos na bacia		61,11	
	Total de áreas ocupadas por assentamentos informais ou formais em áreas de risco (planícies de inundação, manguezais, encostas íngremes) na bacia	50,00	44,44	
Saneamento ambiental	Existência de óleos e graxas visualmente observáveis na água do rio principal	52,63		
	Existência de materiais poluentes visualmente observáveis na água do rio principal	42,11	52,63	
	Número de pontos de lançamento de efluentes líquidos no rio principal	52,63	26,32	15,79
	Área impermeabilizada/área total da bacia		52,63	
	Número de pontos de resíduos sólidos nas margens do rio principal		52,63	
	% de domicílios cujos logradouros apresentaram ocorrência de alagamentos no último ano na bacia	26,32	47,37	15,79
	% de logradouros com pavimentação impermeável (asfalto, placa de concreto, paralelepípedo) na bacia	26,32	47,37	15,79
	Número de ocorrências de problemas significativos no Sistema de Drenagem Pluvial na bacia		52,63	
	% de domicílios interligados à rede coletora de esgotamento sanitário ou em fossa séptica na bacia	68,42		
	% de domicílios com coleta regular de Resíduos Sólidos Domiciliares (RSD) na bacia	47,37	52,63	
	Nº de pontos de RSD ou entulho por logradouro na bacia		68,42	

	% de vias com varrição regular de resíduos sólidos na bacia		57,89		
	% da vazão de esgotos sanitários sem tratamento/bacia	88,89			
	% de resíduos sólidos urbanos gerados sem destinação adequada na bacia		55,56		
	Volume de esgoto tratado (m ³)/ano na bacia	61,11			
	Volume de esgoto coletado (m ³)/ano na bacia	44,44	38,89		
	% da população atendida pelo serviço público de coleta de RSD/ano na bacia	50,00	50,00		
	Volume de resíduos sólidos (m ³) dispostos na rede pluvial/ano na bacia	61,11			
	Volume de resíduos sólidos (m ³) coletados/ano na bacia	47,06	35,29		
	Volume de resíduos líquidos (m ³) lançados na rede pluvial/ano na bacia	38,89	50,00		
	Volume de águas pluviais (m ³) lançadas na rede coletora de esgotos sanitários/ano na bacia	38,89	50,00		
	% da área urbana com sistema de drenagem pluvial na bacia		55,56		
	Número de pontos de contenção de drenagens na bacia	22,22	50,00	16,67	
Qualidade da água no corpo hídrico	Intensidade de presença de macrófitas no rio principal		52,63		
	Existência de odor	52,63			
	Cor aparente da água		47,37	31,58	
	Coliformes termotolerantes (NMP/100ml)	52,63			
	Índice de Qualidade da Água (IQA)	42,11	57,89		
	Índice de Estado Trófico (IET)		68,42		
	Presença de substâncias tóxicas (metais pesados, compostos orgânicos resistentes) nos sedimentos de fundo de rio na bacia	52,63	42,11		
	Oxigênio Dissolvido (OD)	68,42			

Nitrogênio total		72,22		
Fósforo total		63,16		
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)		68,42		
Sólidos totais		68,42		
Turbidez		63,16		
pH		63,16		
Temperatura		61,11		
Frequência de requisitos ou padrões descumpridos/amostragem/ano na bacia		73,68		
Número de pontos ativos de monitorização da qualidade da água na bacia		52,63		

Fonte: Elaboração própria

Como observado no Quadro 1, os indicadores foram votados como “Muito Relevante” ou como “Relevante” pela maioria dos painelistas (porcentagens destacadas em cor verde). Os indicadores abaixo tiveram empate no número de respostas:

- Extensão dos corpos d'água canalizados na bacia/extensão total.
- Extensão do corpo d'água retificado no rio principal/extensão total do rio principal.
- Áreas protegidas/área total da bacia.
- Investimentos Públicos (R\$) em ações de recuperação de recursos hídricos na bacia.
- Investimentos (R\$) em drenagem pluvial/habitante na bacia.

Como nenhum indicador foi considerado “Muito Irrelevante”, essa coluna foi retirada do Quadro 1, sendo este enviado aos painelistas que responderam à 1ª rodada, e estes tiveram a oportunidade de avaliar novamente aqueles indicadores que apresentaram porcentagens de respostas significativas (acima de 15%) para mais de uma categoria de relevância. A categoria “Muito irrelevante” foi eliminada do formulário da 2ª rodada por não ter tido nenhuma porcentagem significativa de resposta para nenhum indicador.

No tocante aos comentários feitos pelos painelistas, as sugestões de alterações no formulário foram analisadas e levadas em consideração quando da definição do formulário enviado via *e-mail* para os painelistas na 2ª rodada. Dentre os comentários realizados pelos painelistas, podem ser destacados aqueles que se referem à importância dos investimentos em recursos humanos qualificados, bem como em programas governamentais e em ações prioritárias, visando melhorar a gestão das águas urbanas. Pode ser visto no Quadro 1 que os investimentos em ações governamentais e prioritárias estão, de certa forma, contemplados; e como a matriz era composta por um número elevado de indicadores, não foi absorvida a inclusão de novo indicador específico sobre formação/capacitação de pessoas.

O prazo inicial para o envio das respostas na 2ª rodada foi de seis dias, contando o dia do envio. Após esse período, foi necessária a prorrogação do prazo por mais 32 dias (devido aos festejos de final de ano), chegando-se ao final com 15 painelistas respondentes dos 20 que participaram da 1ª rodada (75%). Considerou-se, novamente, o consenso de 50% mais um para definir o nível de relevância mais votado para cada indicador.

As categorias de relevância que tiveram as maiores porcentagens de resposta, com base no número de respondentes para cada indicador, foram destacadas, e as críticas, sugestões e observações feitas pelos painelistas foram analisadas e algumas acatadas ao final dessa 2ª rodada. Mais uma vez, a maioria dos indicadores foi votada como “Muito Relevante” ou como “Relevante” por grande parte dos painelistas.

Além desses resultados, a 2ª rodada avaliou a condição das dimensões apresentadas, se apropriadas ou não, bem como procurou conhecer o grau de importância de cada uma delas. Somente um dos painelistas votou em inapropriado para a dimensão “Ecologia”, justificando que seus indicadores poderiam ser remanejados para as dimensões “Saneamento ambiental” ou “Gestão”. Os demais painelistas votaram “apropriado” em todas as dimensões. Os autores entendem que a dimensão “Ecologia”, compreendida como, anteriormente referida, “Ambiente Natural” (sem a influência direta do ser humano), é apropriada.

No tocante à importância relativa de cada dimensão, os valores encontrados a partir dos resultados dos painelistas foram: Saneamento ambiental – 26%; Qualidade do corpo d’água – 22%; Gestão – 20%; Hidrologia – 17%; Ecologia – 15%. A conclusão, a partir desses resultados, é que não há diferença significativa de grau de importância entre as dimensões, embora “Saneamento ambiental” tenha apresentado uma porcentagem média relativamente maior em comparação à “Ecologia”, por exemplo. Mas, de um modo geral, considera-se esse grau de importância indiferente entre as dimensões. Com isso, esse critério não foi utilizado como um dos critérios para definir a matriz consolidada de indicadores.

Além das sugestões e críticas feitas pelos painelistas e acatadas no processo de definição da matriz consolidada, alguns dos seus comentários foram selecionados para serem discutidos:

1. “Todos os indicadores que podem ser afetados por condições naturais da água são fracos, a menos que o indicador seja a variação do mesmo (por exemplo, um rio pode ter uma turbidez natural alta, mas a sua variação com o tempo pode ser interessante) (painelista 1).”

2. “A cor aparente, apesar de importante, pode ter origem natural e, portanto, pode não realçar diferenças entre rios, uma vez que a diferença de parâmetros pode estar relacionada a diferenças nas características naturais da bacia contribuinte. A temperatura, apesar de importante, pode estar associada a fatores hidrogeológicos naturais e, portanto, pode não permitir realçar diferenças nos parâmetros causados pela ação humana (painelista 2).”

Os dois painelistas, com esses comentários, referiram-se aos indicadores “Cor aparente da água”, “Intensidade de presença de macrófitas no rio principal”, “Turbidez”, “Temperatura” e “Sólidos totais”, como indicadores indiferentes em relação à sustentabilidade ambiental. De fato, tais indicadores possuem padrões na apresentação dos seus resultados devido às condições naturais de cada corpo hídrico a ser avaliado por eles. É justamente essa variação citada pelo painelista que dá representatividade ao indicador, sendo este um indicador de sustentabilidade que tem como princípio orientador a Longevidade, citado por Hezri (2004).

Em relação à dimensão “Ecologia”, um painelista sugeriu que esta dimensão deveria se chamar “Condições de conservação da bacia”. Os autores decidiram não aceitar a referida sugestão, pois assim não seria possível mais associá-la ao significado original dado à dimensão “Ecologia” de ambiente natural macro, abrangendo os aspectos físico, químico e biológico.

Após análise dos resultados, das críticas e das sugestões provenientes da 2ª rodada do Delphi, a matriz consolidada começou a ser definida. Dentre os indicadores avaliados, somente aqueles definidos como relevantes e muito relevantes foram selecionados para formar o primeiro esboço de matriz consolidada. Dos 67 indicadores da matriz inicial, 54 foram mantidos pelos painelistas após as duas rodadas do Delphi.

Visando a consolidar uma matriz que fosse mais resumida e objetiva possível, os indicadores definidos como muito relevantes foram então selecionados para compor a matriz final, apresentada no Quadro 2.

De 54 indicadores pré-selecionados após a 2ª rodada do Delphi, esse número foi reduzido para 25. O Quadro 3 apresenta a evolução nas dimensões e na quantidade de indicadores para cada dimensão ao longo de todo o processo de

definição da matriz consolidada, desde a matriz inicial.

Quadro 2: Matriz de indicadores de sustentabilidade ambiental aplicados a rios urbanos avaliados como muito relevantes

Dimensão	Indicador
Ecologia	Área com vegetação/área total da bacia
	Área de mata ciliar/área total protegida na bacia
	Extensão do rio com mata ciliar/extensão total do rio principal
	Número de nascentes preservadas/total de nascentes da bacia
Hidrologia	Área impermeabilizada/área total da bacia
	Áreas de inundação ocupadas/área total de inundação na bacia
	Extensão dos rios com encapsulamento (cobertura) na bacia/extensão total dos rios
	Extensão dos rios canalizados (revestidos nas margens) na bacia/extensão total dos rios
Gestão	Existência de Plano de Desenvolvimento Urbano (que contemple as águas urbanas) ou Plano de Saneamento Básico
	Áreas ocupadas por assentamentos informais ou formais em áreas de risco (planícies de inundação, manguezais, encostas íngremes)/área total da bacia
	Investimentos Públicos (R\$) em ações de recuperação dos recursos hídricos/habitante na bacia/ano
	Investimentos (R\$) em esgotamento sanitário/habitante na bacia/ano
	Investimentos (R\$) em resíduos sólidos urbanos/habitante na bacia/ano
Saneamento ambiental	Número de pontos de lançamento de efluentes líquidos/km de extensão do rio principal
	Volume de esgoto coletado (m ³)/ano na bacia
	Volume de esgoto tratado (m ³)/ano na bacia
	Existência de óleos e graxas visualmente observáveis na água do rio principal
	% da quantidade de resíduos sólidos gerados que possui destinação ambientalmente correta (reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final de rejeitos)/ano na bacia
	% da quantidade de resíduos sólidos encontrados na rede de águas pluviais/ano na bacia
	% da área urbana com sistema de drenagem pluvial na bacia
	Existência de odor
	Presença de substâncias tóxicas (metais pesados, compostos orgânicos)

Qualidade da água no corpo hídrico	resistentes) no sedimento de fundo de rio na bacia
	Oxigênio Dissolvido (OD)
	Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)
	Coliformes termotolerantes (NMP/100ml)

Fonte: Elaboração própria.

Quadro 3: Quadro comparativo entre o perfil quantitativo da matriz inicial e da matriz consolidada

Dimensão	Matriz inicial	Matriz consolidada
Ecologia	5	4
Hidrologia	6	4
Gestão	12	5
Infraestrutura	4	-
Saneamento ambiental	23	7
Qualidade da água no corpo hídrico	17	5

Fonte: Elaboração própria.

A partir dos dados do Quadro 3, é possível observar uma evolução na distribuição quantitativa dos indicadores entre as dimensões. O perfil da matriz consolidada apresenta uma distribuição mais uniforme e equilibrada de indicadores entre as dimensões, mostrando que a discrepância entre o número de indicadores de cada dimensão na matriz inicial foi eliminada. O número de dimensões também mudou ao longo desse processo de definição da matriz consolidada, sendo reduzido de seis para cinco (a dimensão Infraestrutura, que apresentava o menor número de indicadores, foi suprimida e seus indicadores foram redistribuídos entre as demais dimensões).

No tocante aos trabalhos utilizados como referência para a definição da matriz inicial de indicadores, observa-se que, apesar da grande contribuição de Leal e Peixe (2008) e Cerqueira (2008) em relação aos indicadores de Qualidade da água no corpo hídrico, e mesmo sendo já bastante consolidados em diagnósticos de qualidade ambiental de corpos d'água, grande parte deles foi excluída da matriz final. O mesmo vale para os indicadores de Saneamento ambiental, provenientes principalmente do

trabalho de Bahia (2006), que foram reduzidos de 23 para 7 indicadores na matriz final.

Bahia (2006) foi também a responsável pela contribuição com os indicadores de Gestão relacionados aos investimentos públicos, embora seja um trabalho publicado por uma instituição governamental. Esse resultado reforça a grande importância da necessidade de recursos financeiros para a recuperação e manutenção da sustentabilidade ambiental dos rios urbanos.

Por fim, vale destacar a grande contribuição dos trabalhos de Cerqueira (2008) e Bahia (2006) como referências para a grande maioria dos indicadores que compuseram a matriz consolidada deste estudo. É possível inferir que este resultado se deve, principalmente, ao fato de estes dois trabalhos abordarem o ambiente urbano como referência para a definição dos indicadores, bem como por se valerem também do uso do método Delphi nesse processo.

CONCLUSÃO

Com base no que foi apresentado ao longo do artigo, é possível concluir que, apesar da dificuldade em identificar na bibliografia específica indicadores de sustentabilidade ambiental

aplicados a rios urbanos, conseguiu-se, a partir de estudos publicados, construir uma matriz inicial, tendo sido esta avaliada pelo painel de especialistas, utilizando-se o método Delphi, trazendo, assim, uma contribuição ao tema. A aplicação do método Delphi mostrou-se adequada, embora tenha necessitado um tempo de resposta maior que o proposto para a contribuição voluntária dos painelistas.

A matriz consolidada, além de apresentar uma distribuição uniforme e equilibrada de indicadores entre as dimensões definidas, possui ampla correlação com grande parte dos estudos utilizados como referência para a sua consolidação, tornando-se mais um potencial instrumento de gestão da sustentabilidade de rios urbanos. Isso se deve, principalmente, às similaridades metodológicas e de universo de estudo entre este trabalho e a bibliografia consultada.

Recomenda-se a validação dos indicadores da matriz consolidada e o aprimoramento desta, com a inclusão de novos indicadores em face do desenvolvimento da ciência e dos resultados obtidos na validação. Além disso, em comparação com os trabalhos consultados na bibliografia, sugere-se o aprimoramento no processo de consolidação da matriz a partir da aplicação de grupos focais envolvendo a população ligada diretamente à realidade social dos rios urbanos, ampliando, assim, o olhar sobre esses corpos d'água e a sua influência em seu entorno.

REFERÊNCIAS

- BAHIA. SEI - Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais do Estado da Bahia. Governo da Bahia (Org.). **Indicadores de Sustentabilidade Ambiental**. Salvador: SEI, 2006.
- BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável**. Rio de Janeiro-RJ, 2012.
- CERQUEIRA, Erika do Carmo. **Indicadores de sustentabilidade ambiental para a gestão de rios urbanos**. 2008. 224 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2008. Disponível em: <<http://www.meau.ufba.br/site/node/816>>. Acesso em: 11 nov. 2015.
- COELHO, Marcelo. **Estratégia de monitoramento da qualidade da água para a gestão de recursos hídricos em bacias urbanas**. 2013. 161f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.
- CORRÊA, Michele Almeida; TEIXEIRA, Bernardo Arantes do Nascimento. Developing sustainability indicators for water resources management in Tietê-Jacaré Basin, Brazil. **Journal of Urban and Environmental Engineering (JUÉE)**, v. 7, n. 1, p.8-14, 2013.
- HEZRI, Adnan A. Sustainability indicator system and policy processes in Malaysia: a framework for utilization and learning. **Journal of Environmental Management**, v. 73, n. 4, p. 357-371, 2004.
- MORAES, Luiz Roberto Santos; SANTOS, Maria Elisabete Pereira dos; SAMPAIO, Rosely Moraes. A construção de um sistema de indicadores urbano-ambientais como instrumento de política urbano-ambiental: a experiência do Dique de Campinas em Salvador, Bahia, Brasil. In: CONGRESSO LUSO-BRASILEIRO PARA O PLANEAMENTO URBANO, REGIONAL, INTEGRADO E SUSTENTÁVEL, 2., 2006, Braga. **Anais....** Braga: Universidade do Minho: EESC/USP: UNESP, 2006.
- _____; ÁLVARES, Maria Lúcia Politano; SANTOS, Fernando Pires dos; COSTA, Nicholas Carvalho de Almeida. Saneamento e qualidade das águas dos rios em Salvador, 2007-2009. **RIGS: revista interdisciplinar de gestão social**, Salvador, v. 1, n. 1, p.47-60, jan./abr. 2012.
- LEAL, Carmen Terezinha; PEIXE, Blênio César Severo. Estudo dos indicadores de sustentabilidade ambiental no Paraná com recorte para os recursos hídricos utilizando o geoprocessamento. In: PEIXE, Blênio César Severo. **Gestão de políticas públicas no Paraná: Coletânea de estudos**. Curitiba: Editora Progressiva, 2008. p.677-698.
- VAN BELLEN, Hans Michael. **Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa**. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2005.
- VEIGA, Tatiane Bonamatti; COUTINHO, Silvano da Silva; TAKAYANAGUI, Angela Maria Magosso. Aplicação da técnica Delphi na construção de indicadores de sustentabilidade. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 9, n. 4, p.31-45, 2014.