

Índice de Sustentabilidade da Dimensão Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Banabuiú, CE

A Sustainability Index of Environmental Dimensions in the Banabuiú River Basin, Banabuiú, CE

Lucas da Silvaⁱ

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
Quixadá, Brasil

Eduardo Rodrigues Viana de Limaⁱⁱ

Universidade Federal da Paraíba
João Pessoa, Brasil

Resumo: O trabalho ressalta a importância de realizar estudos e definições de parâmetros que sejam capazes de retratar a realidade das condições ambientais locais e com isso propor índices ambientais que auxiliem no planejamento e gestão dos seus recursos hídricos. Os procedimentos metodológicos envolveram uma revisão bibliográfica e levantamento de banco de dados referentes ao tema estudado da área de estudo, visita ao campo e avaliação dos resultados. A metodologia utilizada foi adaptada da proposta por Martins e Cândido (2008), para obtenção do índice foi estabelecido um conjunto de indicadores relacionados com a dimensão ambiental, que foram classificados em dois grupos, sendo um com os indicadores positivos e outro com os indicadores negativos. Os positivos são aqueles que, de alguma forma, contribuem para melhoria da qualidade ambiental dos municípios. Já os negativos são aqueles que prejudicam de alguma forma as condições ambientais dos mesmos. Dos municípios que compõem a bacia hidrográfica do Rio Banabuiú, 92% apresentam desempenho sustentável, potencialmente sustentável e sustentabilidade média. Apenas o município de Monsenhor Tabosa apresenta-se como potencialmente insustentável, por ter apresentado baixos indicadores ambientais. Entanto, é evidente a necessidade de melhorias em vários indicadores da dimensão em questão, principalmente na melhoria do saneamento básico, da coleta e destinação do lixo, da presença de estação de tratamento de água e estação de tratamento de esgoto. Com isso, torna-se fundamental que esses municípios busquem alternativas para que melhorem seus indicadores ambientais e possam diminuir suas participações na degradação ambiental da bacia hidrográfica do Rio Banabuiú, e assim colaborar para seu planejamento e gestão de forma sustentável.

Palavras-chaves: Indicadores Ambientais; Geotecnologias; Planejamento; Gestão; Rio Banabuiú.

ⁱ Professor do IFCE – Campus de Quixadá. lucasilva@ifce.edu.br.

ⁱⁱ Professor do Departamento de Geociências. eduvianalima@gmail.com.

Abstract: This work emphasizes the importance of carrying out studies using definitions of parameters that portray local environmental realities according to indices that aid in planning and management of water resources. The methodological procedures involved in the study were based on a bibliographical review and database survey regarding the subject studied in the study area, field visits and the evaluation of the results. The methodology used was adapted from the proposal of Martins and Candido (2008), which uses a set of indicators related to environmental dimensions classified into two groups, one with positive indicators and another with negative indicators. Positive indicators contribute to the improvement of environmental quality of citizens and negative indicators reflect damage to local environmental conditions. Of the municipalities that make up the Banabuiú River basin, 92% have sustainable, potentially sustainable and average sustainable performance. Only the municipality of Monsenhor Tabosa presents low environmental indicators and is potentially unsustainable. However, in all of the municipalities there is clear need for improvement in several indicators, basic sanitation, the collection and disposal of waste, water treatment and sewage treatment. As a result, it is fundamental that these municipalities seek alternatives to improve their environmental indicators and reduce their participation in the environmental degradation of the Banabuiú River basin, and thereby collaborate in their planning and management in a sustainable way.

Keywords: Environmental Indicators; Geo-Technology; Planning; Management; Banabuiú River.

Introdução

As bacias hidrográficas destacam-se como unidades prioritárias de planejamento e gestão ambiental, por conceber de forma inter-relacionada os elementos geofísicos, ambientais e socioculturais, que devem ser compreendidos e analisados de forma integrada. No entanto, esses espaços têm sido utilizados de forma inadequada, pela urbanização e atividades de exploração dos recursos ambientais, principalmente os solos. Isso tem agravado a desigualdade social e a degradação dos recursos ambientais, principalmente os recursos hídricos. Desse modo, fez-se necessária a criação de recursos de gerenciamento voltados para o manejo da água, fazendo crescer “[...] o valor da Bacia Hidrográfica como unidade de análise e planejamento ambiental.” (SCHUMM 1977; COOKE E DOORNKAMP 1990; BOTELHO 1999; NASCIMENTO e VILLAÇA, 2008). A bacia hidrográfica do rio Banabuiú é um desses espaços que atualmente se encontra em avançado processo de degradação ambiental, devido ao mau uso dos recursos ambientais e ocupação inadequada de seus solos.

Diante disso, torna-se de fundamental importância a realização de estudos e definições de parâmetros que sejam capazes de retratar a realidade das condições ambientais locais e, portanto, propor indicadores ambientais para as instituições, como prefeituras, comitês de bacias, os órgãos estaduais etc., que possam propor alternativas para mudar a atual situação de degradação em que essa região se encontra.

Esses estudos podem contribuir de forma significativa para a realização de um planejamento estratégico, visando uma gestão eficiente da bacia. Segundo Santos (2004), para que a gestão dos recursos hídricos tenha um resultado efetivo e eficaz, é necessário que tenha um monitoramento adequado, com capacidade de identificar e apontar possíveis locais sujeitos ou não a contaminação, poluição, erosão ou outros danos ambientais. Além disso, o monitoramento deve dar indicações seguras sobre o que conservar e qual o custo dessa conservação.

No entanto, para obter um planejamento e gestão ambiental na bacia do Banabuiú definiram-se indicadores ambientais como parâmetro para sustentabilidade ambiental.

Para Bellen (2005), um indicador deve ser entendido como um parâmetro, ou valor derivado de parâmetros, que apontam e fornecem informações sobre o estado de um fenômeno com uma extensão significativa. Os indicadores consistem em instrumentos de medição, gerando valores que buscam enquadrar-se na realidade estudada e têm a capacidade de facilitar a compreensão dos fenômenos, de aumentar a capacidade de comunicação de dados brutos, bem como adaptar as informações à linguagem e aos interesses locais dos decisores (UNESCO, 1984).

As aplicações de indicadores ambientais têm por objetivo elaborar métodos que avaliem a execução das políticas públicas de meio ambiente e ajudar organizações públicas e privadas a alcançarem um estado sustentável, através de tomadas de decisões, com auxílio de indicadores. Segundo Gallopin (1996), os indicadores apresentam grande relevância para a política e para o processo de tomada de decisão. No entanto, o mesmo autor diz que, para ser representativo, o indicador tem que ser considerado importante tanto por quem toma decisões quanto pelo público.

Diante disso, tem-se como objetivo a definição de índices da dimensão ambiental a partir da análise dos parâmetros e indicadores ambientais dos municípios que compõem a bacia hidrográfica do rio Banabuiú, visando contribuir para o planejamento e gestão ambiental estratégica e sustentável.

Material e Métodos

Localização e Caracterização da Área

A bacia hidrográfica do rio Banabuiú localiza-se na região do Sertão Central do estado do Ceará, inserida em sua totalidade na região semiárida, que apresenta características fitogeográficas com limitações ambientais. O rio Banabuiú é o mais importante e significativo rio da bacia, com uma área de drenagem de 19.810 km², correspondente a 13,37% do território cearense. Desenvolve-se no sentido oeste-leste, percorrendo um curso total de 314 km, até desaguar no rio Jaguaribe (Figura 1).

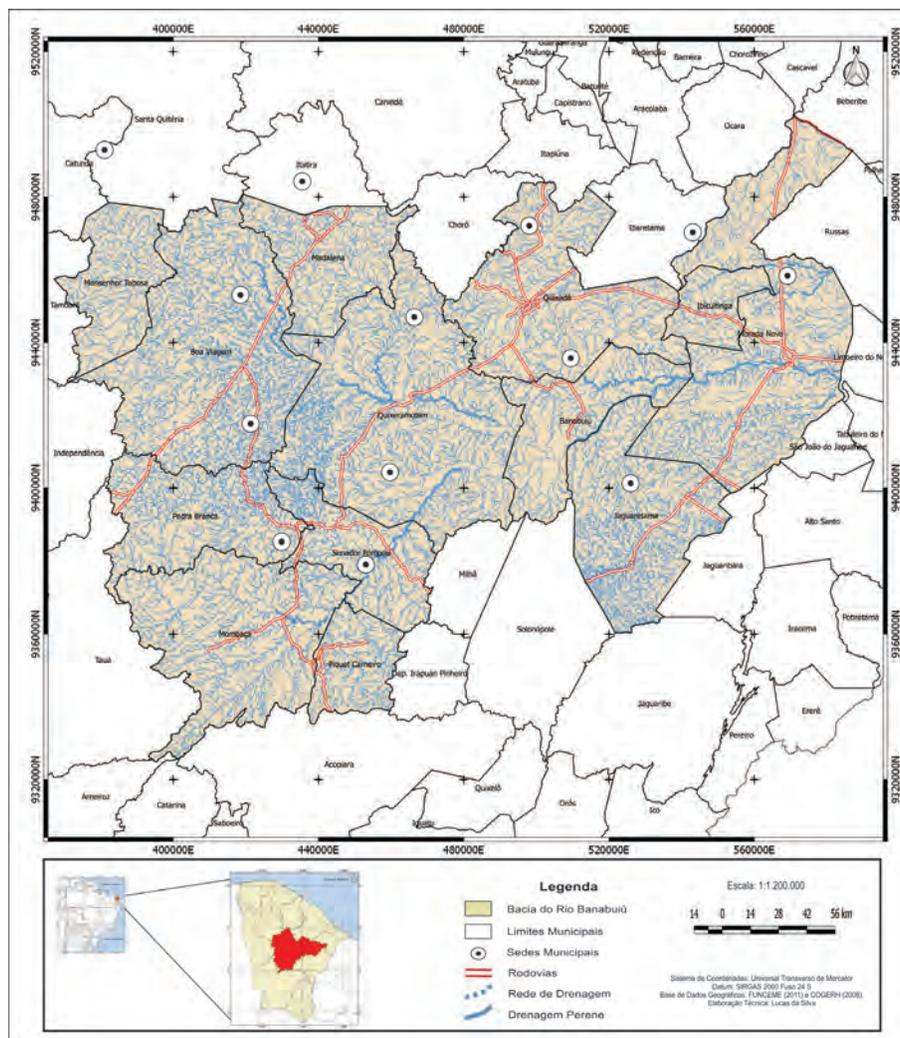


Figura 1 – Localização dos Municípios que Compõem a Bacia Hidrográfica do Rio Banabuiú (CE).

Atualmente a bacia do rio Banabuiú é composta por 13 municípios, são eles: Banabuiú, Boa Viagem, Ibicuitinga, Itatira, Madalena, Mombaça, Monsenhor Tabosa, Morada Nova, Pedra Branca, Piquet Carneiro, Quixadá, Quixeramobim e Senador Pompeu. Possui uma capacidade de acumulação de águas superficiais de 2.816.118.936 m³, num total de 19 açudes públicos gerenciados pela Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará (COGERH) – Gerência Regional de Quixeramobim.

Para o desenvolvimento da pesquisa, optou-se por uma delimitação e composição da bacia hidrográfica do rio Banabuiú diferente da considerada oficial pela

COGERH, pois, para esse estudo, foram considerados apenas os municípios de total influência territorial na área de drenagem. Com isso, foi excluído o município de Itatira e incluído o de Jaguaratama.

Segundo Ceará (2009), a bacia do Banabuiú encontra-se sobre superfície de aplainamento conservada ou moderadamente dissecada em colinas rasas ou em pequenos interflúvios tabulares. O clima é do tipo Tropical Quente Semiárido com temperaturas médias anuais em torno dos 26°C a 28°C. A média pluviométrica anual aproxima-se dos 725,4 mm (CEARÁ, 2009).

Ainda segundo Ceará (2009), os terrenos da bacia do rio Banabuiú são revestidos, basicamente, por caatinga degradada. Quanto aos aspectos geoecológicos, apresenta alto potencial natural, sendo a exploração biológica inevitável. Observa-se um predomínio de rochas do embasamento cristalino, representadas por gnaisses e migmatitos diversos, associados a rochas plutônicas e metaplutônicas de composição predominantemente granítica, do Pré-Cambriano. Sobre esse substrato, repousam os sedimentos terciários do Grupo Barreiras, recobertos por solos rasos onde há maior ocorrência de Neossolos Litólicos, Planossolos e Vertissolos nos sedimentos Cenozóicos do período Quaternário (recentes) e nos Aluviões do rio Banabuiú, com grande potencial agrícola.

Com relação à vegetação da bacia, esta apresenta terrenos revestidos, predominantemente de Caatinga Arbustiva Aberta no centro, e a Caatinga Arbustiva Densa, na maior parte das áreas leste e oeste (FUCK JÚNIOR, 2008).

Procedimentos Metodológicos

Para obtenção do índice de sustentabilidade da dimensão ambiental da bacia hidrográfica do rio Banabuiú buscou-se analisar os indicadores ambientais dos municípios que compõem a bacia segundo os critérios definidos por Januzzi (2001). Em seguida cada indicador individualmente foi classificado em duas categorias, uma que considera os indicadores como positivos, ou seja, quanto maior o valor do indicador, mais contribui para a sustentabilidade ambiental dos municípios que compõem a bacia do rio Banabuiú. A outra categoria como negativa, ou seja, quanto maior o valor do indicador, menos contribui para a sustentabilidade ambiental.

Com isso, foram levados em consideração doze indicadores relacionados com o meio ambiente, obtidos entre os anos de 2010 e 2015, sendo quatro positivos, quanto maior, mais benéfico ao meio ambiente, e oito negativos, quanto maior, pior. Os indicadores selecionados são apresentados na Tabela 1, com suas categorizações (positivo ou negativo).

Tabela 1 – Indicadores do Índice de Sustentabilidade da Dimensão Ambiental dos Municípios que Compõem a Bacia Hidrográfica do Rio Banabuiú

Indicadores	Categoria	Fonte
Taxa de domicílios com banheiro ou sanitário	Positivo	IBGE
Taxa de rede sanitária via esgoto	Positivo	IBGE
Taxa de rede sanitária via fossa séptica	Positivo	IBGE
Taxa de lixo coletado	Positivo	IBGE
pH Lab.	Negativo	CAGECE
Fósforo Total (mg/L P)	Negativo	CAGECE
Turbidez Lab. (NTU)	Negativo	CAGECE
Nitrog. Total (mg/L)	Negativo	CAGECE
Consumo médio residencial de energia MwK	Negativo	IPECE
Taxa de outras formas de destinar o esgoto	Negativo	IBGE
Taxa de lixo jogado a céu aberto	Negativo	IBGE
Taxa de lixo queimado ou enterrado	Negativo	IBGE

Para cada indicador foi obtido um índice individual de sustentabilidade da dimensão ambiental, seguindo metodologias propostas por Martins e Cândido (2008), e adaptadas por Carvalho et al. (2011), em que para cada indicador foi definindo seu tipo de relação com o entorno geral. Segundo os autores, para cada variável é necessário identificar se ela mede uma situação em que, ao aumentar seu valor, favorece ou desfavorece o processo de desenvolvimento, no caso do estudo de sustentabilidade ambiental. Assim, existe uma relação positiva se um aumento no valor da variável resulta em melhoria do sistema; em contrapartida, a relação é negativa se um aumento no valor da variável resulta em piora do sistema. A operacionalização foi feita conforme regra encontrada em Carvalho et al. (2011):

Relação Positiva:

$$I = \frac{x - m}{M - m}$$

Relação Negativa:

$$I = \frac{M - x}{M - m}$$

Onde: I = índice calculado referente a cada variável, para cada território analisado;
 x = valor observado de cada variável em cada território analisado;
 m = valor mínimo considerado;
 M = valor máximo considerado.

Para as variáveis que apresentam diferentes unidades de medida, foram utilizadas unidades de agregação a partir das relações positivas e negativas de cada uma delas.

Esse procedimento, segundo Carvalho et al. (2011), possibilita ajustar os valores observados das variáveis a escalas cujo valor mínimo é 0 (zero) e valor máximo é igual a 1 (um), criando condições para a agregação na dimensão, e conseqüentemente a estimação do Índice de Sustentabilidade da dimensão ambiental dos municípios que compõem a Bacia Hidrográfica do Rio Banabuiú – ISBHRB.

Após a definição dos índices, os mesmos foram classificados em níveis de sustentabilidade ambientais com intervalos de 0,0 a 1,0, conforme se observa no Quadro 1.

Quadro 1 – Índices e Desempenho Ambiental

Índice (0,0-1,0)	Desempenho
0,0-0,2	Insustentável
0,21-0,4	Potencialmente Insustentável
0,41-0,6	Sustentabilidade Média
0,61-0,8	Potencialmente Sustentável
0,81-1,0	Sustentável

Para a materialização dos mapas foi utilizado um banco de dados, com informações levantadas das imagens de sensoriamento remoto, das bases cartográficas e dos trabalhos de campo, realizados na área da bacia hidrográfica do rio Banabuiú. Para isso, foram utilizados sistemas de informações geográficas – SIG, por meio do *software Quantum GIS (QGIS)*. O QGIS foi utilizado para delimitar a área de estudo e definir os limites dos municípios, classificar os atributos e parâmetros ambientais como indicador ambiental da área de estudo.

Para a geração e sistematização dos dados espaciais dos municípios que compõem a bacia hidrográfica do rio Banabuiú foram utilizados os *softwares QUANTUM GIS 2.2* e *SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas)*.

Resultados e Discussão

Os indicadores são apresentados na Tabela 2, em que é possível perceber a contribuição de cada um deles na construção do índice de sustentabilidade socioambiental de cada município da dimensão ambiental.

Com relação à quantidade de domicílios com banheiro ou sanitário, todos os municípios apresentam taxa superior a 77%, com destaque para o município de Ibicuitinga com 93,5%, seguido dos municípios de Quixadá (91,95%), Senador Pompeu (91,5%) e Quixeramobim (91,2%). Dentre aqueles com menores taxa de domicílios com banheiro ou sanitário destacam-se Pedra Branca, com 77,92 %, seguido dos municípios de Banabuiú (78,52%) e Mombaça (78,72%).

Já com relação à quantidade de residências com acesso à rede sanitária via esgoto, o município de Quixadá apresenta a maior taxa (47,13%), seguido por Quixeramobim

(33,46%), Boa Viagem (29,78%) e Senador Pompeu (27,51 %). Com relação aos municípios com menores taxas, ou seja, aqueles que mais contribuem para a insustentabilidade da bacia, o município de Piquet Carneiro se destaca com a menor taxa (0,72%), seguido por Madalena (2,17%) e Monsenhor Tabosa (3,86 %). Ainda com relação ao saneamento, os municípios com maior taxa de rede sanitária via fossa séptica são: Pedra Branca (10,89 %), Boa Viagem (10,68 %) e Quixeramobim (10,48%). O lixo coletado é um indicador importante para a sustentabilidade ambiental, tendo em vista o alto potencial de poluição do solo, das águas superficiais e subterrâneas, além da poluição atmosférica. O descarte inadequado de resíduos sólidos nos centros urbanos, sem qualquer tratamento, está contaminando os lençóis freáticos de várias regiões brasileiras (Sanches et al., 2006).

Todos os municípios apresentam taxas de lixo coletado inferior a 60%, no entanto, seis deles têm coleta superior a 50%, são eles: Quixadá (59,2%), Madalena (57%), Senador Pompeu (54,2 %), Piquet Carneiro (54,1%), Monsenhor Tabosa (53,6 %) e Pedra Branca (52,5 %). O município com menor taxa de coleta é Banabuiú, com apenas 14% de seu lixo coletado, sendo esse o que mais contribui com o indicador em questão para a insustentabilidade da bacia hidrográfica em estudo, seguido pelos municípios de Mombaça (32,8%) e Quixeramobim (43,1%).

Tabela 2 – Valores dos Parâmetros Seleccionados para Formulação do Índice de Sustentabilidade da Dimensão Ambiental dos Municípios que Compõem a Bacia Hidrográfica do Rio Banabuiú (CE)

CATEGORIAS	INDICADORES	Banabuiú	Boa Viagem	Ibicutinga	Jaguaretama	Madalena	Mombaça	Monsenhor Tabosa	Morada Nova	Pedra Branca	Piquet Carneiro	Quixadá	Quixeramobim	Senador Pompeu
POSITIVO	Taxa de domicílios com banheiro ou sanitário	78,52	81,05	93,5	88,55	87,68	78,72	85,76	87,8	77,92	88,69	91,95	91,2	91,5
	Taxa de rede sanitária via esgoto	13,97	29,78	15,28	4,26	2,17	26,28	3,86	6,23	25,7	0,72	47,13	33,46	27,51
	Taxa de rede sanitária via fossa séptica	4,59	10,68	0,47	1,51	9,6	2,55	2,37	3,37	10,89	4,51	6,98	10,48	9,32
	Taxa de lixo coletado	14,00	48,9	44,4	48,22	57	32,8	53,6	48,9	52,5	54,1	59,2	43,1	54,2
NEGATIVO	pH Lab.	8,43	8,95	8,43	8,97	8,17	8,96	8,98	8,44	8,94	8,3	8,43	8,95	8,63
	Fósforo Total (mg/L P)	0,026	0,253	0,026	0,205	0,15	0,225	0,185	0,062	0,09	0,042	0,026	0,211	0,045
	Turbidez Lab. (NTU)	2,48	77,6	2,48	54,85	24	45,2	64,5	13,2	26	7,63	2,48	43,9	8,91
	Nitrog. Total (mg/L)	1,71	5,22	1,71	5,85	1,92	5,58	6,12	3	3,91	1,58	1,71	3,16	2,3
	Consumo médio residencial de energia MwK	3.419	11.408	2.275	4,13	3.365	7.968	3.318	14.833	8.954	3.533	23.009	17.540	6.457
	Taxa de outras formas de destinar os esgotos	59,96	40,59	77,75	82,78	75,91	49,89	79,53	78,12	41,32	83,46	37,84	47,26	54,67
	Taxa de lixo jogado a céu aberto	15,00	38,5	23,7	31,70	19,6	55,2	37,7	21,7	35,9	36,2	23,6	30,2	26
	Taxa de lixo queimado ou enterrado	71,00	12,7	31,9	22,70	23,4	12	8,7	29,4	11,6	9,8	17,2	26,7	19,8

Índice de Sustentabilidade da Dimensão Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Banabuiú, CE

O lixo não coletado também contribui com a proliferação de doenças como diarreia, amebíase, parasitose, entre outras. Para Junior e Freire (2013), o lixo não coletado e deixado de maneira inadequada em áreas impróprias ou depositados em lixões a céu aberto provoca inúmeros danos à saúde da população e ao meio ambiente. O maior agravante é que o meio ambiente não está preparado para decompor tantos resíduos com tantas composições físico-químicas diferentes, havendo assim a degradação ambiental e a consequente perda da qualidade de vida da sociedade.

Os indicadores da dimensão ambiental na perspectiva negativa, ou seja, quanto maior o valor, mais contribui para a insustentabilidade da bacia, também são apresentados na Tabela 2, em que são apresentados os valores médios de alguns dos parâmetros do índice de qualidade de água (IQA). Com relação ao pH, todos os municípios oscilaram entre 8,3 a 8,98, sendo o maior pH para o açude de Fogareiro no município de Quixeramobim.

De acordo com Von Sperling (2005), a vida aquática pode ser afetada quando os valores de pH estão muito afastados da neutralidade. Geralmente, um pH muito ácido ou muito alcalino está associado à presença de despejos industriais, mas, também, pode refletir o tipo de solo por onde a água escoar.

Ao se analisar o parâmetro fósforo total, considerando-se o seu valor máximo permitido para as classes I e II, de qualidade da água, segundo a referida Resolução (ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários) é de 0,15 mg/LP, e com isso, verificou-se que os reservatórios da maioria dos municípios encontram-se dentro dos valores máximos permitidos. No entanto, os reservatórios dos municípios de Boa Viagem, Mombaça, Jaguaratama e Quixeramobim excederam o limite recomendado, sendo 0,211 mg/L P, 0,253 mg/L P, 0,225 mg/L P, e 0,205 mg/L P, respectivamente.

Para o Ministério do Meio Ambiente, MMA (2010), as concentrações de fósforo total provêm de contribuições doméstica e agrícola, ou seja, a contribuição de fósforo oriunda de fontes difusas também é responsável pelo aumento das concentrações de fósforo total nos corpos de água desta região. Ainda segundo o MMA (2010), a concentração de fósforo total nos corpos de água, em geral, está fortemente relacionada à densidade demográfica da região hidrográfica e, portanto, sujeita a maior influência antrópica e à deficiência de saneamento.

Com relação à turbidez, observa-se uma amplitude considerável entre os valores máximo e o mínimo encontrados, sendo estes para Boa Viagem (77,6) e Banabuiú (2,48), isso se deve provavelmente pela presença de precipitação no período da coleta desses municípios.

Ao analisar o parâmetro nitrogênio total, percebeu-se que metade dos reservatórios dos municípios apresentam valores médios superiores ao máximo permitido pela Resolução Conama número 357/2005, se for considerada como referência ambientes lóticos, na vazão de referência para águas doces de classes 1 e 2. Já se for considerada a referência para ambientes lênticos, em que o nitrogênio não deverá ultrapassar 1,27 mg/L, todos estão fora dos padrões exigidos pela referida resolução. Segundo Von Sperling (2005), a origem antropogênica do nitrogênio pode ser proveniente também de despejos domésticos e industriais, assim como de excrementos animais e fertilizantes químicos, podendo indicar grau de contaminação, como pode também fornecer informações sobre o estágio

de poluição em que se encontram os corpos d'água, ou seja, associado à poluição mais remota (SPERLING, 2005).

Com relação ao consumo médio residencial de energia em Mwk, observa-se que Quixadá consome 23.009 Mwk, enquanto Quixeramobim consome 17.540 Mwk e Morada Nova 14.833 Mwk. Os municípios que menos consomem energia são, repetitivamente, Ibicuitinga 2.275 Mwk, Monsenhor Tabosa 3.318 Mwk e Piquet Carneiro 3.533 Mwk.

O alto consumo de energia elétrica requer uma maior produção de energia pelas hidrelétricas e/ou termelétricas, favorecendo a geração de impactos ambientais em sua produção, principalmente na hidrologia, clima, erosão e assoreamento, sismologia, flora, fauna e alteração da paisagem (LEITE, 2005).

Também foi utilizado como indicador para a dimensão ambiental o destino do lixo produzido por cada município que compõe a bacia em estudo. O município de Mombaça tem 55,2% do lixo jogado a céu aberto, seguido pelos municípios de Boa Viagem (38,5%), Monsenhor Tabosa (37,7%) e Piquet Carneiro (36,2%), sendo esses os mais insustentáveis, considerando o indicador em questão. Ainda com relação à destinação inadequada do lixo, o município de Banabuiú se destaca por ter 71% do lixo queimado ou enterrado, seguido por Ibicuitinga (31,9%) e Morada Nova (29,4%). Os demais municípios não ultrapassam os 25%.

A destinação inadequada do lixo, como a queima, é uma prática que existe há muitos anos, mas que causa dano à saúde e ao meio ambiente, com a contaminação do ar por meio de emissões líquidas e gasosas de material particulado e de gases tóxicos, e mau cheiro decorrentes. A fumaça gerada por esses materiais pode causar intoxicação e agravar doenças respiratórias, como a asma e a bronquite (BASTO et al., 2013).

Após tabulação dos dados, foi estabelecido o índice de sustentabilidade da dimensão ambiental, tendo como referência o método proposto por Martins e Cândido (2008) e adaptado por Carvalho et al. (2011).

A Figura 2 apresenta o resultado do cálculo do índice de sustentabilidade socioambiental da dimensão ambiental dos municípios que compõem a bacia hidrográfica do Rio Banabuiú, em que é mostrado desempenho de todos os indicadores da dimensão por município. A escolha de representar os índices por meio do gráfico tipo radar é porque ele possibilita uma melhor visualização do comportamento de todos os indicadores com seus respectivos índices, em que cada área dos triângulos representa os índices finais de sustentabilidade socioambiental da dimensão ambiental de cada município.

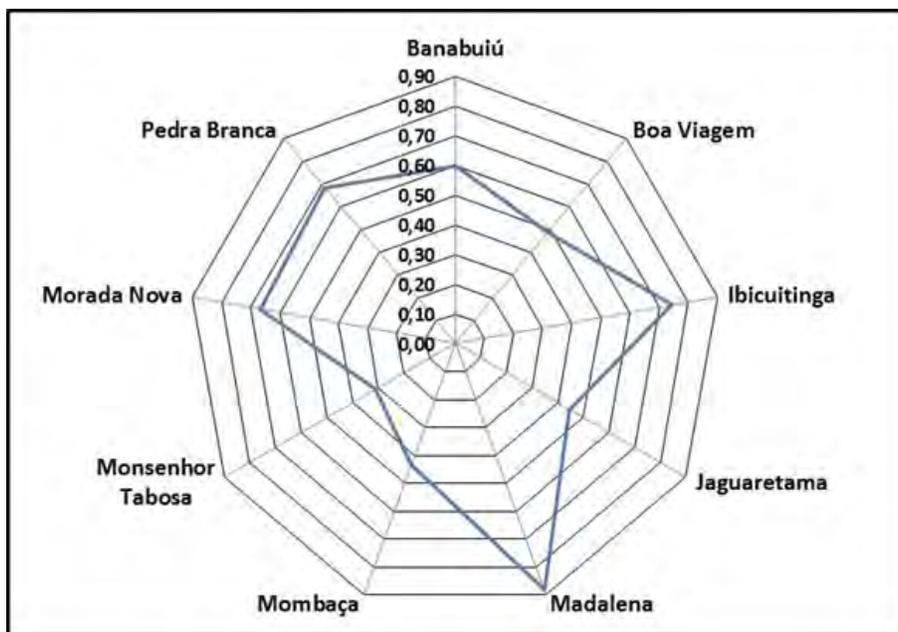


Figura 2 – Índices de Sustentabilidade da Dimensão Ambiental dos Municípios que Compõem a Bacia Hidrográfica do Rio Banabuiú (CE)

Assim, pode-se afirmar que os municípios com maiores índices de sustentabilidade socioambiental da dimensão ambiental são o que apresentam a maior área do triângulo no gráfico de radar, e com isto o melhor desempenho sustentável encontra-se no município de Quixadá, com índice de 0,93, seguido de Piquet Carneiro (0,88), Madalena (0,88), Senador Pompeu (0,83) e Ibicuitinga (0,74). Estes municípios exibem tais índices por apresentarem maiores valores em seus indicadores positivos e menores nos negativos (ver Tabela 2).

Também é possível observar na Figura 2 os municípios com baixo desempenho de sustentabilidade ambiental, por apresentarem valores baixos em seus indicadores positivos e altos nos negativos, sendo o município de Monsenhor Tabosa o mais insustentável na dimensão ambiental, com índice de 0,30, seguidos por Mombaça (0,43), Jaguaretama (0,44) e Boa Viagem (0,48). Os demais municípios apresentam desempenho que apontam para sustentabilidade intermediária, oscilando entre 0,59 a 0,69.

Esses índices foram categorizados por nível de sustentabilidade e espacializados em mapas por meio do geoprocessamento para uma melhor visualização. O resultado do cálculo do índice de sustentabilidade da dimensão ambiental é apresentado na Figura 3, que mostra que os municípios de Quixadá, Piquet Carneiro, Madalena e Senador Pompeu apresentam desempenho sustentável, ou seja, são os que menos contribuem para degradação ambiental da bacia, considerando os indicadores da dimensão ambiental.

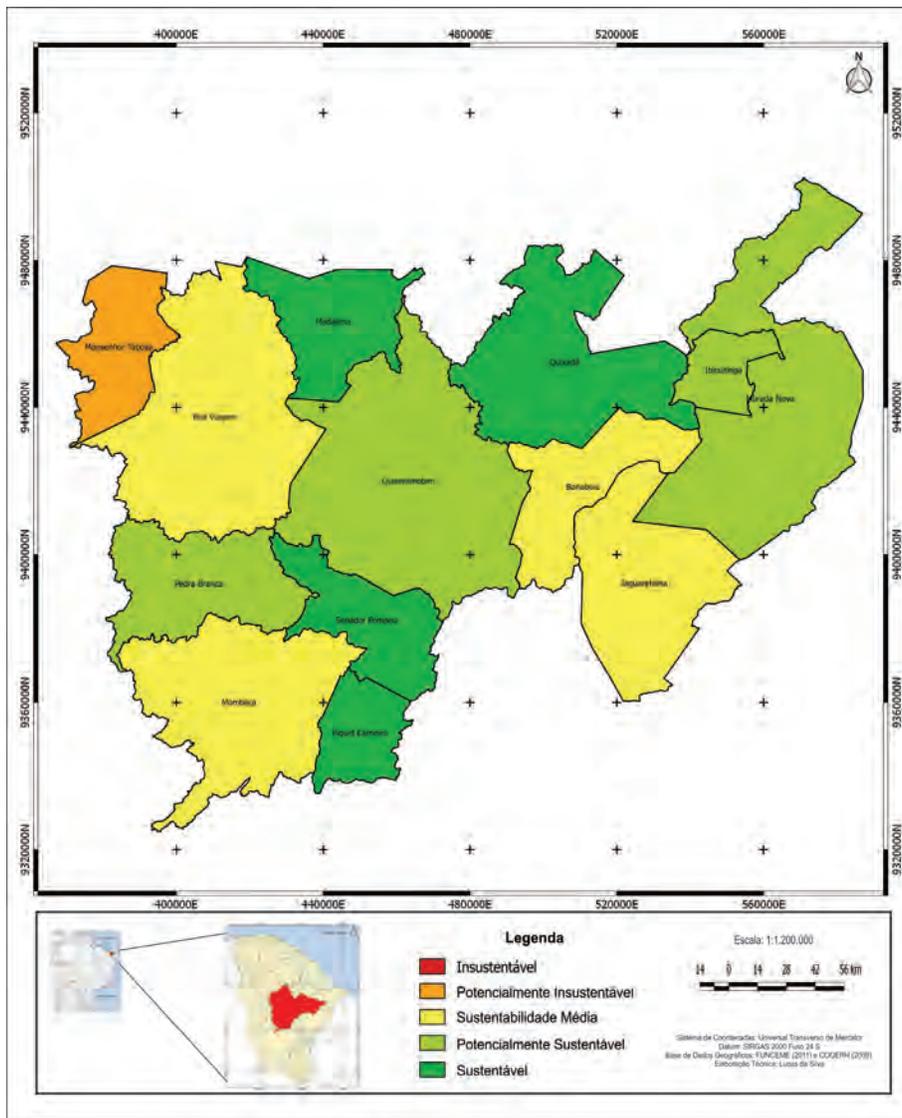


Figura 3 – Mapa dos Índices de Sustentabilidade da Dimensão Ambiental dos Municípios que Compõem a Bacia Hidrográfica do Rio Banabuiú (CE)

Já os municípios de Ibicuitinga, Quixeramobim, Pedra Branca e Morada Nova se apresentam potencialmente sustentáveis, ou seja, são aqueles mais próximos de alcançar a sustentabilidade da dimensão ambiental. Já os municípios de Banabuiú, Boa Viagem, Jaguaretama e Mombaça apresentam sustentabilidade média, ou seja, com potencial para atingir a próxima categoria potencialmente sustentável ou a potencialmente insustentável, dependendo do aumento ou diminuições dos valores dos indicadores da dimensão.

Ainda com relação ao índice na dimensão ambiental, o município de Monsenhor Tabosa é o único que se apresenta como potencialmente insustentável, por ter apresentado em média valores baixos de indicadores considerados positivos, como taxa de rede sanitária via fossa séptica, taxa de domicílios com banheiro ou sanitário e taxa de rede sanitária via esgoto. Como também apresentou os maiores valores dos indicadores negativos é o município que mais contribui para a degradação ambiental da bacia, favorecendo para sua insustentabilidade.

Mesmo o município de Monsenhor Tabosa sendo o único que apresenta desempenho de sustentabilidade da dimensão ambiental como potencialmente insustentável, vários municípios apresentaram baixos índices, considerando que se trata de uma análise comparativa.

Diante disso, torna-se fundamental que todos os municípios busquem alternativas, intervenções efetivas e eficazes capazes de melhorarem esses indicadores, provendo o uso sustentável dos recursos e bens ambientais. E que possam diminuir suas participações na degradação ambiental da bacia hidrográfica do rio Banabuiú, e, assim, colaborar para seu planejamento e gestão de forma sustentável.

Conclusão

Conclui-se que 92% dos municípios que compõem a bacia hidrográfica do rio Banabuiú apresentam desempenho sustentável, potencialmente sustentável e sustentabilidade média. No entanto, é importante destacar que, mesmo esses municípios tendo apresentado desempenhos satisfatórios de sustentabilidade da dimensão ambiental, é evidente a necessidade de melhorias em vários indicadores desta dimensão.

Torna-se necessário que sejam incluídos mais indicadores e mais dimensões de acordo com a disponibilidade e acessibilidade das informações, e que cada indicador seja, de forma contínua, avaliado, monitorado e reordenado conforme necessidade de compreender e de tornar mais ampla a realidade ambiental de cada município que compõe a bacia hidrográfica em estudo.

Referências Bibliográfica

BELLEN H. *Indicadores de sustentabilidade – uma análise comparativa*. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2005.

BOTELHO, R.G.M. Planejamento ambiental em microbacia hidrográfica. In: GUERRA, A.J.T.; SILVA, A.S.; BOTELHO, R.G.M. *Erosão e conservação dos solos*. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, p. 269-300, 1999.

BRASIL, 2005 – *RESOLUÇÃO Nº 359, DE 29 DE ABRIL DE 2005*. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35905.pdf>. Acesso em: 03 mar. 2017.

CARVALHO, J.R. M. CURI. W. F. Carvalho. E.K. M.A. Proposta e validação de indicadores hidroambientais para bacias hidrográficas: estudo de caso na sub-bacia do alto curso do rio Paraíba, PB. *Revista Sociedade & Natureza, Uberlândia*, v.23, n.2, p. 295-310, 2011.

Índice de Sustentabilidade da Dimensão Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Banabuiú, CE
CEARÁ. Assembleia Legislativa. *Caderno regional da sub-bacia do Banabuiú / Conselho de Altos Estudos e Assuntos Estratégicos*, Assembleia Legislativa do Estado do Ceará; Eudoro Walter de Santana (Coordenador). Fortaleza: INESP, 2009.

COOKE, R.U.; DOORNKAMP, J.C. *Geomorphology in environmental management*. Oxford: Clarendon Press, 2d. ed., 1990.

JANNUZZI, P. M. *Indicadores sociais no Brasil: conceitos, fonte de dados e aplicações*. Campinas: Alínea, 2001.

LEITE, M. A. *Impacto ambiental das usinas hidrelétricas*. II Semana do Meio Ambiente. UNESP. Ilha Solteira, junho 2005.

MARTINS, M. F.; CÂNDIDO, G. A. *Índice de Desenvolvimento Sustentável para Municípios (IDSM): metodologia para análise e cálculo do IDSM e classificação dos níveis de sustentabilidade – uma aplicação no Estado da Paraíba*. João Pessoa: Sebrae, 2008.

MENDES, J. Dimensões da Sustentabilidade. *Revista das Faculdades Santa Cruz*, v.7, n.2, 2009.

NASCIMENTO, W.; VILLAGA, M. Bacias hidrográficas: planejamento e gerenciamento. *Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros*. Três Lagoas, MS. v.5, n.7, 2008.

SANCHES, S.M.; SILVA, C.H.T.P.; VESPA, I.C.G.; VIEIRA, E.M. A importância da compostagem para a educação ambiental nas escolas. *Química Nova na Escola*. São Paulo: Sociedade Brasileira de Química. v.23, p. 10-13, 2006.

SANTOS, R. F. *Planejamento ambiental: teoria e prática*. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SCHUMM, S.A. *The fluvial system*. New York: Wiley and Sons. Interscience. 1977.

UNESCO – *United Nations Educational Scientific and Cultural Organization*. Hydro Environmental Indices. Paris, 1984.

GALLOPIN, G. C. *Environmental and sustainability indicators and the concept of situational indicators*. A system approach. *Environmental Modelling & Assessment*, v.1, p. 101-117, 1996.

VON SPERLING, M. *Princípios de tratamento biológico de águas residuárias: introdução à qualidade da água e ao tratamento de esgotos*. Volume 1, DESA/UFMG. 2005.

Recebido em: 22/11/2016 Aceito em: 2/3/2017