

CONSTRUÇÃO DE UM ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE HIDROAMBIENTAL ATRAVÉS DA ANÁLISE MULTICRITÉRIO: ESTUDO EM MUNICÍPIOS PARAIBANOS

José Ribamar Marques de Carvalho¹; Wilson Fadlo Curi².

RESUMO

O presente estudo concentra-se em estabelecer uma metodologia baseada no uso da análise multicritério capaz de identificar a situação hidroambiental de municípios paraibanos. Para tanto, se fez o uso da pesquisa documental, exploratória e da análise multicritério junto a 15 municípios localizados na sub-bacia hidrográfica do médio curso do Rio Paraíba, PB. A ordenação obtida através da proposta enfatiza a distinção entre as cidades mais e menos sustentáveis em relação à questão hidroambiental. As melhores posições no ranking foram obtidas pelas cidades de Campina Grande, Boqueirão, Riacho de Santo Antônio, Pocinhos, Queimadas, Puxinanã e Montadas. Já os piores desempenhos foram obtidos pelas cidades de Aroeiras, Boa Vista, Barra de Santana, Barra de São Miguel, Umbuzeiro, Fagundes, Natuba e Itatuba. A contribuição do estudo se configura como uma ferramenta importante que pode ser utilizada pela gestão pública em busca de direcionar melhor suas ações de investimento em contextos que necessitam maior atenção e discussão por parte de todos os atores sociais e institucionais.

Palavras-Chave: Análise Multicritério. Método Promethee II. Sustentabilidade Hidroambiental de Municípios.

ABSTRACT

The present study focuses on establishing a methodology based on the use of multicriteria analysis can identify the situation hydro-environmental in the Paraíba municipalities. Thus, it made use of documentary research, exploratory and multicriteria analysis together with 15 municipalities located in the sub-basin of the middle course of the river Paraíba, PB. The order obtained by the proposed highlights the distinction between cities more sustainable and less on the issue hydro. The best positions in the ranking were obtained by the cities of Campina Grande, Boqueirão, Riacho de Santo Antônio, Pocinhos, Queimadas, Puxinanã and Montadas. The worst performances were obtained by the cities of Aroeiras, Boa Vista, Barra de Santana, Barra de São Miguel, Umbuzeiro, Fagundes, Natuba and Itatuba. The contribution of this paper is configured as important tools that can be used by public administration in search of better target their investment actions in contexts that require attention and discussion by all social and institutional actors.

Keywords: Multicriteria Analysis. Method Promethe II. Sustainability of Municipalities Hydro-environmental.

¹ Doutorando em Recursos Naturais – PPGRN/UFCG, Professor do CCJS/UFCG. Av. Aprígio Veloso, 882, Bairro Universitário, Campina Grande, PB, Cep: 58429-140; e-mail: profribamar@gmail.com

² Professor Doutor do PPGRN/UFCG, Av. Aprígio Veloso, 882, Bairro Universitário, Campina Grande, PB, Cep: 58429-140; e-mail: wfcuri@gmail.com.

1 INTRODUÇÃO E PROBLEMÁTICA

A gestão dos recursos hídricos é uma tarefa bastante complexa, principalmente no atual contexto em que as pressões em prol da racionalização dos recursos do meio ambiente são crescentes. Sob esse entendimento, conhecer a situação dos recursos hídricos atuais, levando em consideração variáveis físicas, sociais, econômicas, ambientais, operacionais etc., bem como as necessidades dos potenciais usuários, é fundamental para o estabelecimento de uma política de planejamento e gerenciamento desses ativos como forma de garantir sua disponibilidade para as necessidades atuais e futuras.

No Brasil, as demandas de água têm crescido significativamente nas últimas décadas, devido ao processo de desenvolvimento econômico, ao incremento dos contingentes populacionais e à quantificação, cada vez mais fundamentada, das necessidades ambientais. Por sua vez, as limitadas disponibilidades hídricas são caracterizadas pela distribuição geográfica e temporal, por vezes inadequada ao atendimento às demandas (LOPES; FREITAS, 2007).

Especificamente no Polígono das Secas, existe um regime pluviométrico marcado por grande anormalidade de chuvas. Nesse cenário, a escassez de água constitui um forte entrave ao desenvolvimento socioeconômico e, até mesmo, à subsistência da população.

O Estado da Paraíba tem cerca de 90% do seu território situado na região semiárida do Nordeste, sobre base eminentemente cristalina, com grande variabilidade temporal e espacial das chuvas, variando entre 300 mm anuais na região do Cariri e 1600 mm na região Litorânea do Estado. Essa caracterização hidroclimática traz sérios problemas relacionados com a questão do gerenciamento das suas disponibilidades para atendimento às demandas das diversas microrregiões do Estado (LIMA, 2004, p. 2).

Esse quadro de escassez poderia ser modificado (minimização da escassez e adequação do uso) em determinadas regiões, através de uma gestão planejada e participativa dos recursos hídricos, capaz de considerar dados quantitativos e qualitativos, ou de estoques, como demandas da água em uma bacia hidrográfica. Contudo, a insuficiência de dados e, muitas vezes, de estudos integrados dessa natureza, essenciais para a estimativa da ocorrência e da potencialidade de uso desses recursos, tende a reduzir consideravelmente as perspectivas de seu manejo, inviabilizando uma gestão eficiente.

Observe-se, por exemplo, a bacia do Rio Paraíba, no Estado da Paraíba, que nos últimos anos vem sofrendo diversas intervenções pelo homem, como a exploração da indústria canavieira e a previsão de crescimento da agroindústria, que poderá acarretar um aumento considerável nas

demandas hídricas, situação geradora de conflitos, principalmente entre os usos da água no Estado, vez que os reservatórios da região não são suficientes para atender às necessidades dos diferentes usos consuntivos (abastecimento humano; dessedentação de animais; abastecimento industrial; irrigação; aquicultura etc.). Destarte, na Bacia do Rio Paraíba ainda não há pressões sobre os corpos hídricos de natureza não-consuntiva (por exemplo: navegação, piscicultura, paisagismo, lazer, diluição de efluentes, usos de preservação – equilíbrio ecológico), dentre outros.

Acrescente-se ainda a perspectiva do Projeto de Transposição das Águas do Rio São Francisco (PISF), na qual uma das linhas do canal desaguará pelo Eixo Leste nesta bacia hidrográfica e que aumentará o aporte hídrico da região. Portanto, faz-se necessário conhecer bem a situação hídrica e ambiental da região, de modo que se possa contribuir para a adoção de um planejamento capaz de proporcionar o uso eficiente da água, contribuindo assim para uma política de desenvolvimento sustentável.

Nesse sentido, e apesar de existir inúmeras metodologias (ferramentas) que foram desenvolvidas para dar suporte aos processos de decisão em recursos hídricos, entende-se que existem lacunas a serem preenchidas, ou seja, ausência de uma metodologia que possa ser considerada prática o suficiente e capaz de englobar várias dimensões e indicadores, por meio da inserção de técnicas da análise multicritério, em especial do método PROMETHEE II, como forma de identificar necessidades e relevâncias em contextos específicos da gestão hídrica.

Afinal no processo de construção de indicadores são confrontados sucessivamente alguns aspectos, conforme defendem Bollmann e Marques (2000), Laura (2004), por exemplo: Como identificar indicadores? Que variáveis ou dados poderiam ser aprimorados para compor o índice ou indicador? Como tratar a incomensurabilidade? Como agrupar informações de natureza diversa? Como incluir variáveis-chaves ao contexto específico da gestão hídrica?

Dessa forma, um estudo com essa natureza, que possa contribuir para adoção de melhores formas de calcular índices e indicadores se justifica, sobretudo, pelo fato de que atualmente a sociedade, como um todo, discute e debate a busca do desenvolvimento sustentável, em termos da utilização racional e a valoração dos recursos naturais. Diante disso, discutir aspectos relacionados à gestão hídrica no contexto da bacia do Rio Paraíba, a partir do uso de índices e indicadores pautados na identificação e na construção de um sistema de indicadores pode trazer relevantes contribuições a este novo cenário que se apresenta com o PISF.

A formulação de uma metodologia baseada em índices e indicadores focados na caracterização de sistemas hídricos através de indicadores, funções de utilidade e de preferências, baseado na Teoria de Apoio à Decisão, pode contribuir para a melhoria da gestão desse cenário.

Sendo assim e dadas às colocações acima fica estabelecida como premissa desse estudo o fato de que quanto maior for o esforço na identificação de diferentes formas de se calcular índices/indicadores melhor será a construção de um sistema de indicadores para a gestão de bacias hidrográficas, visto que algumas maneiras que foram adotadas e desenvolvidas apresentam limitações em lidar com medidas de natureza diversas em contextos e aspectos diferenciados.

Expostos tais argumentos, emerge a seguinte situação-problema: Como estabelecer uma metodologia baseada no uso de indicadores e na análise multicritério capaz de identificar a situação hidroambiental de municípios?

Para responder a problemática do estudo objetivou-se propor um índice de sustentabilidade hidroambiental baseado o uso de indicadores e na análise multicritério capaz de identificar a situação de municípios paraibanos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Modelos de Mensuração de Sustentabilidade baseado em Perspectivas Geográficas (Bacias Hidrográficas)

Vários são os modelos que foram desenvolvidos para avaliar níveis de sustentabilidade em países, territórios e municípios. De acordo com Marzall e Almeida (2000), durante a década 90 do século XX, particularmente em sua segunda metade, desenvolveu-se o interesse na busca de indicadores de sustentabilidade por parte de organismos governamentais, não governamentais, institutos de pesquisa e universidades em todo o mundo. Muitas conferências já foram organizadas, bem como outras iniciativas de pesquisadores ligados a algumas instituições governamentais e/ou acadêmicas.

Esse interesse pela construção de metodologias relacionadas a sistemas de indicadores de sustentabilidade tem sido fortemente influenciado pela Comissão de Desenvolvimento Sustentável (CDS) das Nações Unidas, bem como pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD), associado ao contexto global da degradação ambiental (CALLADO, 2010).

A seguir, apresentam-se algumas iniciativas metodológicas desenvolvidas em contextos específicos de bacias hidrográficas e que embasam o desenvolvimento do presente estudo.

He, Malcolm, Dahlberg e Fu (2000), sugeriram uma estrutura para desenvolver e testar um conjunto de indicadores hidrológicos e biológicos que refletem a condição de uma bacia hidrográfica. Demonstraram que o uso de indicadores hidroambientais no processo de

planejamento de bacias hidrográficas requer interações sistemáticas, tais como reuniões, pesquisas e discussões com as partes interessadas, ou seja, os atores sociais envolvidos.

Callisto, Moretti e Goulart (2001), avaliaram a diversidade de ecossistemas lóticos através de bioindicadores de qualidade/saúde de ecossistemas aquáticos. Magalhães Júnior, Cordeiro Netto e Nascimento (2003), por sua vez, apresentam a síntese dos resultados de um painel Delphi aplicado no país, envolvendo os indicadores mais valorizados e as tendências de pensamento quanto aos principais meios de ação na gestão das águas no país.

Lima (2004) usou indicadores para fazer uma análise e propor sugestões para estabelecimento de diretrizes de uso das disponibilidades hídricas da Bacia Hidrográfica do Rio Piancó, de forma integrada e sustentável, visando subsidiar o planejamento de ações de uma política de gestão de águas na referida bacia.

Laura (2004) desenvolveu um método de modelagem de sistema de indicadores para avaliar a sustentabilidade do sistema dos recursos hídricos propiciando a participação dos atores sociais e visando ter maior conhecimento do problema e legitimidade de gestão dos recursos hídricos numa bacia hidrográfica no estado do Paraná. O autor elenca algumas formas interessantes de construir índices e indicadores de gestão hídrica, demonstrando a relevância de considerar vários aspectos e parâmetros dentro desse contexto.

Pinto, Naghettini e Abreu (2006), utilizaram indicadores climáticos na previsão probabilística de precipitações semestrais e vazões trimestrais na Bacia do Alto São Francisco via programação linear.

Já Pompermayer, Paula Júnior, Cordeiro Netto (2007), propuseram o uso de indicadores de sustentabilidade ambiental, associado às técnicas de análise multicritério, como instrumento de auxílio à gestão de recursos hídricos. Nesse estudo, a proposta de indicadores selecionada e o método multicritério utilizado (Electre III) demonstraram-se bastante adequados ao caso estudado.

Guimarães (2008) desenvolveu uma proposta de um sistema de indicadores de desenvolvimento sustentável para bacias hidrográficas a ser aplicado no Brasil. Nessa metodologia, a autora propõe um índice agregado com 8 indicadores relacionados à dimensão social, 20 relacionados à dimensão ambiental, 8 de natureza econômica e 4 relacionados à dimensão institucional.

Vieira e Studart (2009) propuseram um Modelo de Índice de Sustentabilidade Hidroambiental (ISHA) para Ambientes Serranos no Semiárido do Estado do Ceará do Maciço Baturité, evidenciando a posição relativa e a posição absoluta de cada município dos seguintes índices: Índice Hídrico (8 indicadores), Índice Físico (4 relacionados), Índice Biótico (4 relacionados) e Índice Antrópico (12 indicadores).

Lopes, Andrade, Aquino, Lobato e Mendonça (2009), desenvolveram uma análise integrada dos fatores determinantes da sustentabilidade em um perímetro irrigado no Estado do Ceará empregando análise fatorial.

Magalhães Júnior (2010) sugere uma série de indicadores ambientais potencialmente úteis à gestão da água no Brasil, envolvendo 7 indicadores relacionados a dimensão de cobertura vegetal, 4 relacionados ao estado qualitativo dos estoques hídricos, 14 a dinâmica fluvial e riscos de não atendimento às demandas, 21 ao estado qualitativo da água, 13 às pressões ou impactos sobre as águas e ambientes aquáticos, 15 às pressões de disponibilidade hídrica, 5 relacionados às pressões sobre a qualidade das águas, 25 acerca de respostas/desempenho do sistema de gestão da água, e 11 de desempenho do sistema de gestão quanto aos aspectos legais, institucionais, financeiros e de fiscalização.

Medeiros, Ribeiro, Lima, Barbosa, Ceballos e Ribeiro (2010) apresentam neste estudo uma proposta metodológica para formulação de um coeficiente de qualidade de água mediante o cálculo do Índice de Qualidade da Água (IQA). A partir da obtenção deste coeficiente, foram realizadas simulações para a cobrança pelo uso dos recursos hídricos superficiais, na região do Baixo Curso do rio Paraíba, na Paraíba.

Carvalho, Kelting e Silva (2011), realizaram um diagnóstico relacional entre o índice de pressão socioeconômica e o índice de gestão ambiental como parâmetro comparativo e avaliativo para a promoção de políticas públicas e fortalecimento da gestão ambiental em 51 municípios que compõem a área da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró, Rio Grande do Norte.

A partir dos modelos destacados acima, se observa a necessidade de entender melhor a maneira como tais índices ou indicadores foram propostos no intuito de definir melhores formas de calcular e analisar o contexto gestão hídrica, posto ser uma das características implícitas existentes quando da elaboração de metodologias ou ferramentas que utilizam indicadores com medidas diferenciadas e que necessitam de mecanismos mais consistentes de mensuração e síntese.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

No desenvolvimento do material e métodos que foram adotados, destacar-se-á inicialmente a importância da revisão bibliográfica na construção do quadro teórico do presente estudo com relação a conceitos inerentes à temática.

A pesquisa segue a seguinte classificação: Quanto à finalidade, quanto aos objetivos, quanto aos procedimentos, quanto à natureza e quanto ao local de estudo.

Quanto a sua finalidade, classifica-se como uma pesquisa aplicada que objetiva gerar conhecimentos práticos e dirigida à solução de problemas específicos. Quanto aos objetivos, classifica-se como exploratória e descritiva. Quanto aos procedimentos, constitui-se como bibliográfica e documental. Quanto à natureza, classifica-se como quantitativa.

A viabilidade metodológica foi testada através de um estudo de caso particular na Sub-Bacia do Médio Curso do Rio Paraíba.

Fez-se o uso da análise multicritério (Método Promethee II), um dos métodos da família francesa de apoio à decisão. O método Promethee II foi escolhido por ser capaz de contribuir para a análise da problemática em questão da sustentabilidade hidroambiental dos municípios analisados e ser um método não compensatório, que favorece alternativas bem balanceadas, ou seja, se busca estabelecer uma pré-ordem completa entre os municípios, utilizado para problemática de ordenação.

A Região do Médio Curso do Rio Paraíba abrange dezenove municípios (figura 1): Alcantil, Aroeiras, Barra de Santana, Barra de São Miguel, Boa Vista, Boqueirão, Campina Grande, Caturité, Fagundes, Gado Bravo, Itatuba, Montadas, Natuba, Pocinhos, Puxinanã, Queimadas, Riacho de Santo Antônio, Santa Cecília e Umbuzeiro. Para esse estudo foram excluídos os municípios de Alcantil, Caturité, Gado Bravo e Santa Cecília, devido à falta de informações de alguns indicadores o que inviabilizou a comparação entre os demais municípios.

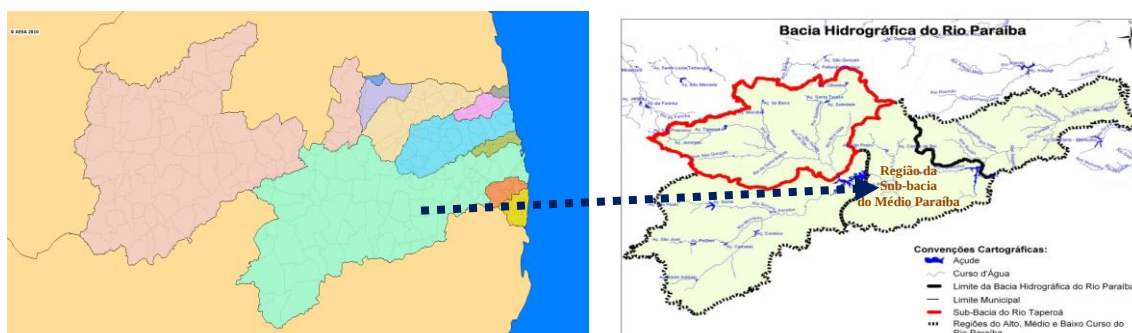


Figura 1 – Delimitação da Área de Estudo (Sub-bacia do Rio Paraíba, PB)
Fonte: AESA (2011).

Foram escolhidos 51 indicadores hidroambientais (critérios) de maneira que fosse possível identificar aspectos da sustentabilidade hidroambiental das cidades estudadas, enquadrados em 7 dimensões (figura 2). A escolha dos indicadores pautou-se no entendimento necessário à compreensão das relações de cada um dos indicadores com as relações entre sociedade e natureza.

Importante salientar também que, nos indicadores cuja interpretação é negativa (quanto menor, melhor), os valores foram multiplicados por “-1” (um negativo), de modo que no aplicativo PRADIN fosse possível maximizar ou minimizar o (s) indicador (es) do modelo.

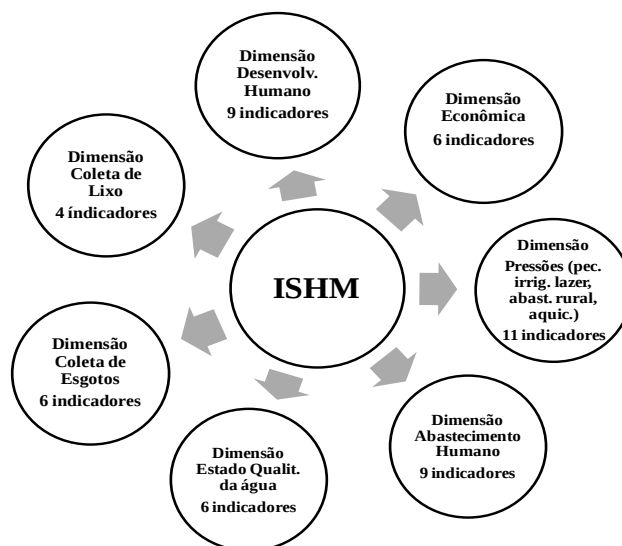


Figura 2 – Estrutura do Índice de Sustentabilidade Hidroambiental Multicritério
Fonte: Elaborado pelos autores, 2012.

Foram considerados um conjunto de m alternativas (cidades) e n critérios (indicadores) de modo a constituir a Matriz de Desempenho das alternativas a_i ($i = 1, 2, \dots, m$) em relação a cada critério c_j ($j=1, 2, \dots, n$) conforme a tabela 1, a seguir.

Tabela 1 – Matriz de Desempenho dos Municípios

Municípios ou Alternativas	Critérios (Indicadores)				
	Ind1	Ind2	Ind3	...	Ind n
a_1	$f_{j1}(a_1)$	$f_{j2}(a_1)$	$f_{j3}(a_1)$	...	$f_{jn}(a_1)$
a_2	$f_{j1}(a_2)$	$f_{j2}(a_2)$	$f_{j3}(a_2)$	...	$f_{jn}(a_2)$
...	...	...	...	...	...
a_m	$f_{j1}(a_m)$	$f_{j2}(a_m)$	$f_{j3}(a_m)$	...	$f_{jn}(a_m)$

Fonte: Elaborado pelos autores, 2012.

A função de preferência do método Promethee II utilizada nesse estudo foi do tipo V (figura 3), denominada de função critério de preferência linear com zona de indiferença, onde entre q_i e p_i a intensidade das preferências aumenta linearmente. Fora deste intervalo, as preferências são iguais.

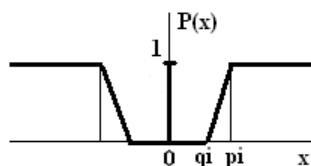


Figura 4 – Função do estudo: Tipo V com indiferença
Fonte: Braga e Gobetti (2002).

Foram definidos pesos iguais para todos os indicadores. Já os limiares (parâmetros) q e p , foram definidos conforme apêndice deste estudo. A interpretação desse tipo de função, exige parâmetros q_i , p_i . Os parâmetros dos critérios (indicadores) foram calculados a partir do uso da estatística descritiva (medida de posição Quartis). A interpretação dessa função deve ser feita da seguinte forma:

$$P_V(x_i) = \begin{cases} 0, & \text{se } |x_i| \leq q_i \\ (|x_i| - q_i) / (p_i - q_i) & \text{se } q_i < |x_i| \leq p_i \\ 1 & \text{se } |x_i| > p_i \end{cases}$$

Por exemplo, dois municípios a e b são considerados como indiferentes até que a diferença (x_i) entre $fj(a)$ e $fj(b)$ não ultrapasse q_i ; acima desse limiar, o grau de preferência cresce linearmente com x_j até atingir uma preferência estrita a partir de p_i .

Por sua vez, os fluxos positivos e negativos do método adotados no estudo foram calculados tomando como base as fórmulas abaixo, ou seja, deve-se calcular os fluxos de superação positivos (ϕ^+) e negativos (ϕ^-) que expressam como o município x_i , em outras termos supera e, ao mesmo tempo, é superado pelos demais municípios.

$$\phi_i^+ = \sum_k s_{ik}, \text{ expressa como o município } x_i \text{ supera as demais alternativas.}$$

$$\phi_i^- = \sum_k s_{ki}, \text{ expressa como o município } x_i \text{ é superado pelos demais.}$$

Por fim calcula-se o fluxo de superação líquido (ϕ_i), obtido pela diferença entre os fluxos positivos e negativos.

$$\phi_i = \frac{\phi_i^+ - \phi_i^-}{m - 1}, \text{ sendo } m \text{ o número total de municípios.}$$

Essas etapas fornecem uma ordenação dos municípios levando-se em consideração os indicadores adotados (critérios).

O programa PRADIN (Programa para Apoio à Tomada de Decisão baseada em Indicadores) versão 3.0 foi usado para gerar os relatórios das análises paritárias entre as cidades e os critérios (indicadores).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir estão evidenciados os resultados relacionados à caracterização dos indicadores de cada uma das dimensões analisadas e consideradas no estudo. A análise foi feita de forma comparativa entre os quinze municípios analisados e que fazem parte da sub-bacia do Médio Curso do Rio Paraíba (Bacia do Rio Paraíba).

4.1 Ranking dos Municípios por Dimensões

As análises foram feitas por dimensão através da análise multicritério, via método Promethee II, por dimensão de indicadores, de maneira que fosse possível identificar quais as dimensões *versus* municípios com pior e melhor desempenhos hidroambientais.

Observa-se na dimensão desenvolvimento humano que dos quinze municípios estudados (tabela 2), oito municípios apresentaram situação superior em relação aos demais, quando se analisa os fluxos positivos e negativos obtidos através das comparações paritárias do método Promethee II: o município de Riacho de Santo Antônio supera 51,5% dos municípios (fluxo positivo) e é superado por 14,6% (fluxo negativo), apresenta maior ISHM (Índice de Sustentabilidade Hidroambiental Multicritério) igual a 0,3690. Na segunda melhor posição encontra-se o município de Boqueirão (ISHM = 0,3016). Em seguida têm-se os municípios de Boa Vista (ISHM = 0,1746), Campina Grande (0,0992), Barra de São Miguel (0,0516), Puxinanã (0,0357), Umbuzeiro (0,0198), Queimadas (0,0119). O município de Barra de Santana apresentou ISHM = 0,00 onde os fluxos positivos foram iguais aos fluxos negativos. As piores posições no ranking, já que estes municípios apresentaram fluxos negativos superiores aos positivos foram dos municípios de Montadas (ISHM = -0,0397), Natuba (-0,0516), Aroeiras (-0,0635), Pocinhos (-0,1389), Fagundes (-0,3214) e em pior posição Itatuba (-0,4484).

Tabela 2 – Desempenho dos Municípios quanto ao Desenvolvimento Humano

Municípios	ISHM	Score	Ranking	Flx +	Flx -
Riacho de Santo Antônio	0.3690	99.9	1	51.5	14.6
Boqueirão	0.3016	91.7	2	52.3	22.2
Boa Vista	0.1746	76.2	3	44.8	27.3
Campina Grande	0.0992	66.9	4	49.9	40.0
Barra de São Miguel	0.0516	61.1	5	35.3	30.1
Puxinanã	0.0357	59.2	6	37.3	33.7
Umbuzeiro	0.0198	57.2	7	35.3	33.3
Queimadas	0.0119	56.3	8	37.3	36.1
Barra de Santana	0.0000	54.8	9	34.5	34.5
Montadas	-0.0397	49.9	10	34.5	38.4
Natuba	-0.0516	48.5	11	32.1	37.3
Aroeiras	-0.0635	47.0	12	28.9	35.3
Pocinhos	-0.1389	37.8	13	28.9	42.8
Fagundes	-0.3214	15.5	14	24.6	56.7
Itatuba	-0.4484	0.0	15	18.2	63.0

Fonte: Elaborado pelos autores, 2012.

Prosseguindo na análise, passa-se ao desempenho do sistema quanto aos indicadores econômicos, segundo os parâmetros adotados. Observa-se que existem diferenças acentuadas entre os municípios de Campina Grande (ISHM = 0,6309), Boqueirão (0,4762), Pocinhos (0,3750) Riacho de Santo Antônio (0,3095) em relação aos demais, já que os fluxos positivos são bem

maiores nesses municípios, o que proporciona melhores desempenhos. A maioria dos municípios apresentou situação desfavorável (53,33%). Ver tabela 3.

Talvez uma das causas desse rendimento crítico esteja relacionada à grande dependência financeira que esses municípios detêm em relação a transferências intergovernamentais, ou seja, os entraves financeiros são sanados apenas com os recursos oriundos do governo federal, o que demonstra que os anseios da sociedade podem não ser atingidos com os atuais patamares de recursos. Esses resultados nos leva a inferir e reconhecer que ainda não existe nessas comunidades uma política voltada para a geração de renda a partir das potencialidades locais, denotando uma falta de política sustentável em relação a essa dimensão, aspecto que certamente influencia a adoção de práticas e iniciativas relacionadas aos recursos hídricos locais.

Tabela 3 – Desempenho do Sistema quanto aos Indicadores Econômicos

Municípios	ISHM	Escore	Ranking	Flx +	Flx -
Campina Grande	0.6309	99.9	1	79.7	16.6
Boqueirão	0.4762	86.6	2	70.8	23.2
Pocinhos	0.3750	77.9	3	64.8	27.3
Riacho de Santo Antônio	0.3095	72.3	4	59.5	28.5
Itatuba	0.0476	49.7	5	44.6	39.8
Queimadas	0.0476	49.7	6	51.1	46.4
Aroeiras	0.0000	45.6	7	44.0	44.0
Montadas	-0.0119	44.6	8	42.8	44.0
Barra de Santana	-0.0774	38.9	9	36.9	44.6
Barra de São Miguel	-0.1845	29.7	10	33.3	51.7
Puxinanã	-0.1845	29.7	11	33.9	52.3
Natuba	-0.2321	25.6	12	32.1	55.3
Boa Vista	-0.2440	24.6	13	28.5	52.9
Umbuzeiro	-0.4226	9.2	14	21.4	63.6
Fagundes	-0.5298	0.0	15	15.4	68.4

Fonte: Elaborado pelos autores, 2012.

Em relação à categoria abastecimento humano (tabela 4), percebe-se que o desempenho dos indicadores dessa categoria se apresentaram da seguinte forma: 5 municípios apresentaram desempenho positivo do ISHM, ou seja, Queimadas (ISHM = 0,5794), Campina Grande (0,4286) com maiores destaque em relação aos outros, seguidos de Boqueirão (0,1706), Riacho de Santo Antônio (0,0794). As diferenças entre os melhores e piores desempenhos é bem evidente em especial nos quatro municípios: Barra de Santa (IHSM = -0,2738), Aroeiras (-0,2183), Boa Vista (-0,2143) e Umbuzeiro (-0,2063). Também se observa a necessidade de definição de políticas públicas voltadas ao abastecimento humano de água na tentativa de melhorar este cenário.

Tabela 4 – Desempenho dos Municípios quanto ao Abastecimento Humano de Água

Municípios	ISHM	Score	Ranking	Flx +	Flx -
Queimadas	0.5794	99.9	1	77.7	19.8
Campina Grande	0.4286	82.3	2	66.2	23.4
Boqueirão	0.1706	52.0	3	53.9	36.9
Riacho de Santo Antônio	0.0794	41.3	4	49.2	41.2
Puxinanã	0.0714	40.4	5	45.2	38.0
Pocinhos	-0.0040	31.6	6	42.0	42.4
Fagundes	-0.0159	30.2	7	39.6	41.2
Montadas	-0.0238	29.3	8	42.0	44.4
Barra de São Miguel	-0.1032	19.9	9	39.6	49.9
Itatuba	-0.1310	16.7	10	36.9	49.9
Natuba	-0.1389	15.8	11	34.5	48.4
Umbuzeiro	-0.2063	7.9	12	34.1	54.7
Boa Vista	-0.2143	6.9	13	32.9	54.3
Aroeiras	-0.2183	6.5	14	36.1	57.9
Barra de Santana	-0.2738	0.0	15	28.1	55.5

Fonte: Elaborado pelos autores, 2012.

No tocante a dimensão desempenho do sistema quanto às pressões sobre os recursos hídricos (pressões da irrigação, pecuária, abastecimento rural e aquicultura), é possível identificar que os melhores desempenhos foram dos municípios de Montadas, Natuba, Riacho de Santo Antônio, Itatuba, Puxinanã, Boqueirão e Fagundes. As maiores pressões são evidenciadas nos municípios de Barra de Santana, Umbuzeiro, Boa Vista, Barra de São Miguel, Pocinhos, Queimadas, Aroeiras e Campina Grande, conforme tabela 5.

Tabela 5 – Desempenho do sistema quanto às pressões sobre os recursos hídricos

Municípios	ISHM	Score	Ranking	Flx +	Flx -
Montadas	0.2597	99.9	1	30.5	4.5
Natuba	0.2078	91.5	2	27.2	6.4
Riacho de Santo Antônio	0.1753	86.2	3	25.6	8.1
Itatuba	0.1266	78.3	4	29.5	16.8
Puxinanã	0.1201	77.2	5	21.7	9.7
Boqueirão	0.0552	66.6	6	26.9	21.4
Fagundes	0.0065	58.7	7	14.9	14.2
Barra de Santana	-0.0065	56.6	8	12.9	13.6
Umbuzeiro	-0.0162	55.0	9	12.6	14.2
Boa Vista	-0.0227	53.9	10	16.8	19.1
Barra de São Miguel	-0.0455	50.2	11	15.2	19.8
Pocinhos	-0.1364	35.4	12	11.3	24.9
Queimadas	-0.1786	28.5	13	16.2	34.0
Aroeiras	-0.1916	26.4	14	8.4	27.5
Campina Grande	-0.3539	0.0	15	12.0	47.4

Fonte: Elaborado pelos autores, 2012.

No que se refere à categoria relacionada ao desempenho do sistema de quanto à coleta de esgotos (tabela 6) verifica-se que Campina Grande supera 63% e é superado por 33,3% dos municípios, obtendo um ISHM de 0,2976, seguido de Boqueirão onde supera 60,7% e é superado por 32,1% dos municípios (ISHM = 0,2857). Puxinanã, Itatuba e Pocinhos apresentam desempenhos bem próximos e que estão refletidos no ISHM (0,2381, 0,2202 e 0,2024

respectivamente). Natuba, Aroeiras, Fagundes, Boa Vista, Barra de Santana e Barra de São Miguel estão com as piores *performances*.

Como essas variáveis são tidas como elementos que exercem forte pressão hídrica e apresentam números abaixo dos ideais, mesmo em um cenário onde nove municípios apresentaram situação superior aos demais. Esses indicadores demonstram a necessidade de definição de políticas dos gestores públicos dos municípios analisados, em busca de melhorar tais resultados, sendo necessário maior investimento nesse tipo de infraestrutura.

Tabela 6 – Desempenho do Sistema quanto à Coleta de Esgotos

Municípios	ISHM	Escore	Ranking	Flx +	Flx -
Campina Grande	0.2976	99.9	1	63.0	33.3
Boqueirão	0.2857	98.3	2	60.7	32.1
Puxinanã	0.2381	91.8	3	51.1	27.3
Itatuba	0.2202	89.4	4	51.7	29.7
Pocinhos	0.2024	86.9	5	54.1	33.9
Montadas	0.1190	75.6	6	49.9	38.0
Umbuzeiro	0.0476	65.8	7	45.2	40.4
Riacho de Santo Antônio	0.0179	61.7	8	37.4	35.7
Queimadas	-0.0298	55.2	9	42.2	45.2
Barra de São Miguel	-0.1607	37.3	10	29.7	45.8
Barra de Santana	-0.1726	35.7	11	31.5	48.8
Boa Vista	-0.1964	32.5	12	33.9	53.5
Fagundes	-0.2143	30.0	13	29.1	50.5
Aroeiras	-0.2202	29.2	14	32.7	54.7
Natuba	-0.4345	0.0	15	22.6	66.0

Fonte: Elaborado pelos autores, 2012.

Em relação à dimensão relacionada ao desempenho do sistema quanto ao atendimento de coleta de lixo (tabela 7) constatou-se que os municípios com melhores *performance* foram: Campina Grande (0,4554), Boqueirão (0,1161), Riachão de Santo Antônio (0,0804), Itatuba (0,0446), Montadas (0,0357), Pocinhos (0,0268), Puxinanã e Boa Vista (0,0179). Notadamente, os piores desempenhos foram obtidos pelos seguintes municípios: Barra de Santana (-0,3393), Natuba (-0,1875), Umbuzeiro (-0,1250), Aroeiras (-0,1161), Barra de São Miguel, Queimadas e Fagundes (-0,0089).

O saldo desta categoria não foi muito satisfatório, uma vez que a diferença entre os municípios é considerável, veja que o caso do município de Campina Grande e Boqueirão a distância entre o ISHM foi de 0,3393. Tal resultado demonstra que os municípios localizados nesta sub-bacia hidrográfica necessitam rever suas estratégias públicas para melhoria em termos de coleta de lixo, posto que essa dimensão exerce forte pressão sobre os recursos hídricos.

Tabela 7 – Desempenho do sistema quanto à Coleta de Lixo

Municípios	ISHM	Escore	Ranking	Flx +	Flx -
Campina Grande	0.4554	99.9	1	45.5	0.0
Boqueirão	0.1161	57.3	2	12.4	0.8
Riacho de Santo Antônio	0.0804	52.8	3	9.8	1.7
Itatuba	0.0446	48.3	4	6.2	1.7
Montadas	0.0357	47.1	5	6.2	2.6
Pocinhos	0.0268	46.0	6	6.2	3.5
Puxinanã	0.0179	44.9	7	5.3	3.5
Boa Vista	0.0179	44.9	8	5.3	3.5
Fagundes	-0.0089	41.5	9	4.4	5.3
Queimadas	-0.0089	41.5	10	5.3	6.2
Barra de São Miguel	-0.0089	41.5	11	5.3	6.2
Aroeiras	-0.1161	28.0	12	0.8	12.4
Umbuzeiro	-0.1250	26.9	13	0.8	13.3
Natuba	-0.1875	19.1	14	1.7	20.5
Barra de Santana	-0.3393	0.0	15	0.0	33.9

Fonte: Elaborado pelos autores, 2012.

No que se refere ao desempenho do sistema quanto ao estado qualitativo da água (tabela 8), foi possível observar o município que apresentar o pior desempenho (Montadas – 0,6250). O melhor desempenho foi do município de Fagundes (0,3571). Percebeu-se ainda que Campina Grande, Puxinanã e Boqueirão estão em situações menos desconfortáveis em relação às demais cidades (exceto Fagundes), o que denota níveis razoáveis em relação à qualidade da água disponibilizada pela rede geral da concessionária estadual (Companhia de Água e Esgotos da Paraíba – CAGEPA – PB). Esforços maiores podem ser realizados na tentativa de melhorar em cenário específico.

Tabela 8 – Desempenho do sistema quanto ao Estado Qualitativo da Água

Municípios	ISHM	Escore	Ranking	Flx +	Flx -
Fagundes	0.3571	99.9	1	40.4	4.7
Campina Grande	0.3571	99.9	2	40.4	4.7
Puxinanã	0.2143	85.4	3	27.3	5.9
Boqueirão	0.1607	80.0	4	23.8	7.7
Pocinhos	0.1250	76.3	5	22.6	10.1
Boa Vista	0.1071	74.5	6	42.8	32.1
Barra de Santana	0.0952	73.3	7	20.8	11.3
Queimadas	0.0000	63.6	8	17.2	17.2
Itatuba	-0.0357	60.0	9	21.4	24.9
Barra de São Miguel	-0.0952	53.9	10	15.4	24.9
Riacho de Santo Antônio	-0.1071	52.7	11	15.4	26.1
Umbuzeiro	-0.1369	49.6	12	15.4	29.1
Natuba	-0.2024	43.0	13	12.4	32.7
Aroeiras	-0.2143	41.8	14	11.3	32.7
Montadas	-0.6250	0.0	15	1.1	63.6

Fonte: Elaborado pelos autores, 2012.

4.2 Ranking Final dos Municípios

Após a análise do comportamento de cada município dentro de cada dimensão, elaborou-se a tabela 9 no intuito de obter uma visão geral do desempenho dos municípios de maneira que fosse possível identificar a comparação final e assim propor o ISHM Final.

Tabela 9 – Ranking Final dos Municípios segundo o Índice de Sustentabilidade Hidroambiental

Municípios/Dimensões	Dimensões e Ranking do Índice de Sustentabilidade Hidroambiental Multicritério														Ranking Final do ISHM			
	Dim1	Pos	Dim2	Pos	Dim3	Pos	Dim4	Pos	Dim5	Pos	Dim6	Pos	Dim7	Pos	ISHM	Pos	Flx +	Flx -
Aroeiras	-0,0635	12	0.0000	7	-0.2183	14	-0.1916	14	-0.2202	14	-0.1161	12	-0.2143	14	-0.1478	15	7.4	22.2
Barra de Santana	0,0000	9	-0.0774	9	-0.2738	15	-0.0065	8	-0.1726	11	-0.3393	15	0.0952	7	-0.0686	13	9.7	16.5
Barra de São Miguel	0,0516	5	-0.1845	10	-0.1032	9	-0.0455	11	-0.1607	10	-0.0089	11	-0.0952	10	-0.0595	12	9.7	15.6
Boa Vista	0,1746	3	-0.2440	13	-0.2143	13	-0.0227	10	-0.1964	12	0.0179	8	0.1071	6	-0.0784	14	12.1	20.0
Boqueirão	0,3016	2	0.4762	2	0.1706	3	0.0552	6	0.2857	2	0.1161	2	0.1607	4	0.1218	2	21.7	9.5
Campina Grande	0,0992	4	0.6309	1	0.4286	2	-0.3539	15	0.2976	1	0.4554	1	0.3571	2	0.1246	1	29.2	16.8
Fagundes	-0,3214	14	-0.5298	15	-0.0159	7	0.0065	7	-0.2143	13	-0.0089	9	0.3571	1	-0.0105	9	11.4	12.4
Itatuba	-0,4484	15	0.0476	5	-0.1310	10	0.1266	4	0.2202	4	0.0446	4	-0.0357	9	-0.0021	8	14.4	14.7
Montadas	-0,0397	10	-0.0119	8	-0.0238	8	0.2597	1	0.1190	6	0.0357	5	-0.6250	15	0.0007	7	14.5	14.4
Natuba	-0,0516	11	-0.2321	12	-0.1389	11	0.2078	2	-0.4345	15	-0.1875	14	-0.2024	13	-0.0105	10	13.3	14.4
Pocinhos	-0,1389	13	0.3750	3	-0.0040	6	-0.1364	12	0.2024	5	0.0268	6	0.1250	5	0.0420	4	15.1	10.9
Puxinanã	0,0357	6	-0.1845	11	0.0714	5	0.1201	5	0.2381	3	0.0179	7	0.2143	3	0.0273	6	14.4	11.6
Queimadas	0,0119	8	0.0476	6	0.5794	1	-0.1786	13	-0.0298	9	-0.0089	10	0.0000	8	0.0336	5	17.3	14.0
Riacho de Santo Antônio	0,3690	1	0.3095	4	0.0794	4	0.1753	3	0.0179	8	0.0804	3	-0.1071	11	0.0588	3	16.1	10.2
Umbuzeiro	0,0198	7	-0.4226	14	-0.2063	12	-0.0162	9	0.0476	7	-0.1250	13	-0.1369	12	-0.0315	11	10.0	13.2

Dimensão 1 - Desenvolvimento Humano; Dimensão 2 - Econômica; Dimensão 3 - Abastecimento Humano; Dimensão 4 - Pressões da Irrigação, Pecuária,

Abastecimento Rural e Aquicultura; Dimensão 5 - Coleta de Esgotos; Dimensão 6 - Coleta de Lixo; Dimensão 7 - Estado Qualitativo da Água.

Variáveis em destaque: verde (melhores desempenhos) ao amarelo (piores desempenhos).

Fonte: Elaborado pelos autores, 2012.

Os resultados apontam que seis municípios apresentam melhor desempenho geral. O município de Campina Grande apresenta desempenho satisfatório nas dimensões econômica (ISHM parcial = 0,6309), dimensão coleta de esgoto (ISHM parcial = 0,2976) e coleta de lixo (ISHM parcial = 0,4554). Apresentou ainda um desempenho satisfatório em relação aos demais nas dimensões de abastecimento humano e estado qualitativo da água, ambas em 2º lugar. Na segunda colocação do *ranking* encontra-se Boqueirão (ISHM = 0,1218). Esse resultado é reflexo do desempenho obtido por este município nas seguintes dimensões: dimensão econômica (0,4762), desenvolvimento humano (ISHM parcial = 0,3016), dimensão coleta de esgoto (0,2857), dimensão coleta de lixo (0,1161). Por sua vez, o município de Riachão de Santo Antônio superou os outros municípios já que apresentou fluxos positivos superiores aos negativos (10,2%), ou seja, considerando todos os indicadores e municípios da análise esse município supera 16,1% os demais e é superado por 10,2%, computando um ISHM final = 0,0588. As cidades de Pocinhos, Queimadas, Puxinanã e Montadas também apresentaram ISHM positivos, apresentando respectivamente 4ª (ISHM = 0,0420), 5ª (ISHM = 0,0336), 6ª (ISHM = 0,0273) e 7ª (ISHM = 0,0007) posições no *ranking* geral.

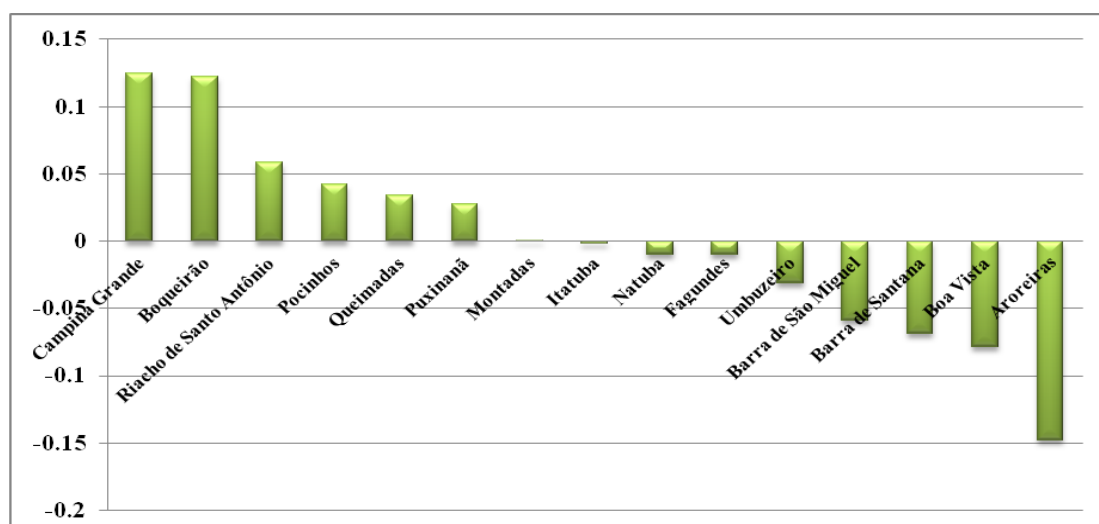


Gráfico 1 – Desempenho Final dos Municípios – 51 indicadores e 7 dimensões
Fonte: Elaborado pelos autores, 2012.

Finalmente, como pode ser visualizado no gráfico 1 e tabela 9, os piores desempenhos foram obtidos pelos municípios de Aroeiras (ISHM = -0,1478), Boa Vista (-0,0784), Barra de Santana (-0,0686), Barra de São Miguel (-0,0595), Umbuzeiro (-0,0315), Fagundes (-0,0105), Natuba (-0,0105), Itatuba (-0,0021) e Montadas (-0,007). O resultado do ISHM de Aroeiras de 0,1478 é reflexo das superaões pelos demais municípios em que quase todos os demais em todas as dimensões, já que sua posição foi a 14ª em quatro dimensões (abastecimento humano, pressões sobre os recursos hídricos, coleta de esgoto e estado qualitativo da água), a 12ª posição no ranking em duas dimensões (desenvolvimento humano e coleta de lixo) e a 7ª posição em uma dimensão (econômica), raciocínios análogos pode ser feito para os demais desempenhos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da aplicação do método Promethee II no estudo de caso percebe-se que este método apresenta sensibilidade à variação dos parâmetros utilizados devido aos tipos de critérios gerais adotados pelo método, bem como pelas funções de utilidade e pesos dos indicadores. As variações obtidas em cada dimensão apresentam resultados com níveis bem próximos, o que demonstra que muito embora a situação em alguns municípios seja superior aos demais, ainda necessitam de esforços tanto dos órgãos gestores governamentais, quando da sociedade civil em busca da melhoria desses cenários.

Os resultados demonstram que a aplicabilidade do modelo Promethee II como método para definição de uma escala de avaliação – ou indicador – das condições de sustentabilidade hidroambiental nos municípios. A ordenação obtida através do método desse método enfatiza a grande desigualdade existente entre os municípios localizados nessa região.

De maneira especial, se observa a possibilidade de se introduzir vários indicadores, por diferentes agentes decisores, com estruturas de ponderação específicas dos pesos dos indicadores, os recursos de simulação de diferentes alternativas conferem às técnicas AMD – ao modelo Promethee II em particular – características interessantes ou até mesmo vantagens comparativas em relação aos procedimentos que vêm sendo aplicados na construção de indicadores sintéticos de avaliação de políticas públicas ou indicadores de sustentabilidade hidroambiental. Tais resultados também podem ser respaldados por Silva e Jannuzzi (2009), quando propuseram um índice de condições de vida para a Baixada Fluminense, bem como Silvério *et al.* (2007) quando avaliaram situação de bem-estar de municípios da região Sul Fluminense.

Do ponto de vista metodológico, as soluções da análise multicritério incorporam em sua medida final de ordenamento todos os critérios usados e que se apresentam mais balanceadas que as medidas obtidas pela média, isto é, as alternativas que superam as demais com maior frequência tendem a ser melhor posicionadas na escala de ordenamento. Carvalho *et al.* (2011) evidenciou a fragilidade em adotar a média como medida para construir o índice de sustentabilidade hidroambiental o que se constitui como uma contribuição desse estudo, de modo que os resultados desse estudos tentam minimizar esse tipo de fragilidade.

Pode-se concluir que apesar da dificuldade da consideração de variáveis ambientais, econômicas e sociais em estudos com essa natureza, esses resultados se mostram satisfatórios, já que tratar a incomensurabilidade, ou ainda agrupar informações de natureza diversa dos indicadores, bem como incluir variáveis-chaves ao contexto específico em análise pode trazer resultados relevantes e capazes de subsidiar a elaboração de políticas públicas sustentáveis principalmente no contexto da gestão hídrica que necessitam de maior atenção e discussão por parte de todos os atores sociais e institucionais.

Torna-se relevante ressaltar que o modelo foi desenvolvido com a finalidade principal de propor e validar o emprego da metodologia, limitando-se à priorização dos municípios estudados. De maneira geral, é interessante ressaltar que possivelmente outros indicadores poderiam ter sido considerados na análise, como também outras alternativas de solução incorporadas, o que obviamente modificaria o resultado final da análise, bem como sua fragilidade na obtenção dos pesos dos indicadores.

Resultados mais consistentes podem ser obtidos desde que seja incluída a participação dos atores sociais na ponderação e escolha dos indicadores, ou ainda no uso de outras funções de preferência adotadas pelo método Promethee II.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pelo apoio financeiro concedido na realização dessa pesquisa.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA – AESA. Disponível em: www.aesa.pb.gov.br. Acesso em 29 fev. 2011.

BOLLMANN, H. A.; MARQUES, D. da M. (2000). Bases para Estruturação de Indicadores de Qualidade de Águas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, vol. 5, n.1, Jan./Mar., pp. 37-60.

BRAGA, B.; GOBETTI, L. (2002). *Análise Multiobjetivo*. In.: Técnicas Quantitativas para o Gerenciamento de Recursos Hídricos. (Org) Rubem La Laina Porto *et. al.* 2 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/Associação Brasileira de Recursos Hídricos, pp. 361-418.

CALLADO, A. L. C. (2010). *Modelo de Mensuração de Sustentabilidade Empresarial: Uma Aplicação em Vinícolas Localizadas na Serra Gaúcha*. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Agronegócios. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre-RS, p. 216.

CALLISTO, M.; MORETTI, M.; GOULART, M. *Macroinvertebrados Bentônicos como Ferramenta para Avaliar a Saúde dos Riachos*. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, vol. 6, n.1, jan/mar, 2001, pp. 71-82.

CARVALHO, R. G. de; KELTING, F. M. S.; SILVA, E. V. da. (2011). *Indicadores socioeconômicos e gestão ambiental nos municípios da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró, RN*. **Revista Sociedade & Natureza**, Uberlândia, 23 (1), abr., pp. 143-159.

CARVALHO, J. R. M. de; CURI, W. F.; CARVALHO, E. K. M. A.; CURI, R. C. (2011). *Indicadores de Sustentabilidade Hidroambiental: Um Estudo na Região do Alto Curso do Rio Paraíba, PB*. **Revista Sociedade & Natureza**, Uberlândia, ano 23 n. 2, maio/ago, pp. 295-310.

DUTT-ROSS, S.; RIBEIRO, R. O. de A.; SANT'ANNA, A. P. (2010). *Ranking de Municípios para Políticas Públicas de Educação: Comparação entre Avaliações Multicritério a partir do IDH*. **Pesquisa Operacional para o Desenvolvimento**, Rio de Janeiro, v.2, n.2, mai./ago., p. 156-169.

GUIMARÃES, Lucy T. (2008). *Proposta de um Sistema de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável para Bacias Hidrográficas*. Tese de Doutorado. Programa de Pós-graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, p. 237.

HE, C.; MALCOLM, S. B.; DAHLBERG, K. A.; FU, B. (2000). *A conceptual framework for integrating hydrological and biological indicators into watershed management*. **Landscape and Urban Planning**, pp. 25-34.

LAURA, A. A. (2004). *Um Método de Modelagem de Sistema de Indicadores de Sustentabilidade para a Gestão dos Recursos Hídricos – MISGERH: O caso da Bacia dos Sinos*. Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre/RS.

LIMA, C. A. G. (2004). *Análise e sugestão para diretrizes de uso das disponibilidades hídricas superficiais da bacia hidrográfica do rio Piancó, localizada no Estado da Paraíba*. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais. Universidade Federal de Campina Grande, PB, p. 274.

LOPES, F. B.; ANDRADE, E. M. de; AQUINO, D. do N.; LOBATO, F. A. de O.; MENDONÇA, M. A. B. (2009). *Indicadores de Sustentabilidade o Perímetro Irrigado do Baixo Acaraú, Ceará, empregando a análise multivariada*. **Revista Ciência Agronômica**, vol. 40, nº 1, jan/mar, pp. 17-26.

MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. (2010). *Indicadores Ambientais e Recursos Hídricos: Realidade e Perspectivas para o Brasil a partir da Experiência Francesa*. 2. ed. Editora Bertrand Brasil, p. 686.

MARZALL, K.; ALMEIDA, J. (2000). *Indicadores de Sustentabilidade para Agroecossistemas: Estado da arte, limites e potencialidades de uma nova ferramenta para avaliar o desenvolvimento sustentável*. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v.17, nº 1, jan./abr., pp.41-59.

MEDEIROS, C. M.; RIBEIRO, M. A. de F. M.; LIMA, U. D.; BARBOSA, D. L.; CEBALLOS, B. S. O. de; RIBEIRO, M. M. R. (2010). *Proposta de um Índice de Qualidade de Água (IQA) para Formação de um Coeficiente de Cobrança: Aplicação na Porção Sedimentar do Baixo Curso do rio Paraíba*. In: **Anais... X SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE**, Fortaleza/CE, 16 a 19 de novembro de 2010.

PINTO, E. J. de A.; NAGHETTINI, M.; ABREU, M. L. de. (2006). *Utilização de Indicadores Climáticos na Previsão Probabilística de Precipitações e Vazões na Bacia do Alto São Francisco*. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, vol. 11, nº4, out/dez, pp. 137-151.

POMPERMAYER, R. de S.; PAULA JÚNIOR, D. R. de; CORDEIRO NETTO, O. de M. (2007). *Análise Multicritério como Instrumento de Gestão de Recursos Hídricos: O Caso das Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí*. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, vol. 12, nº 3, jul/set, pp. 117-127.

SILVA, D. S. G. da; JANNUZZI, P. de M. (2009). *O uso da Análise Multicritério na construção de um indicador de Condições de Vida: Estudo para a Baixada Fluminense*. **Revista Eletrônica Sistemas & Gestão**, v.4, n.2, mai./ago., pp.122-135.

SILVÉRIO, L. B.; FERREIRA, A. S.; RANGEL, L. A. D. (2007). *Avaliação das Cidades da Região Sul Fluminense empregando o Método PROMETHEE II*. In: XVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Foz do Iguaçu, PR, Brasil. **Anais...** Paraná, ENEGEP, 09 a 11 de outubro de 2007, p. 10.

VIEIRA, P. M. Souza; STUDART, T. M. C. (2009). *Proposta Metodológica para o Desenvolvimento de um Índice de Sustentabilidade Hidro-Ambiental de Áreas Serranas no Semiárido Brasileiro - Estudo de Caso: Maciço de Baturité, Ceará*. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, vol. 14, nº4 out./dez., pp. 125-136.

APÊNDICE – Categorias/dimensões, indicadores (critérios) e respectivos parâmetros adotados para a construção do Índice de Sustentabilidade Hidroambiental Multicritério.

CATEGORIA/ DIMENSÃO	Código	CRITÉRIO/INDICADOR	Parâmetros da Função Tipo V	
			<i>q</i>	<i>p</i>
DESEMPENHO DO SISTEMA QUANTO AO DESENVOLVIMENTO HUMANO	Critério 1	Taxa de Analfabetismo da população de 15 anos ou mais	21,6	35,2
	Critério 2	Taxa de Mortalidade Infantil	10,6	20,1
	Critério 3	IDH-M (Índice de Desenvolvimento Humano Municipal)	54,0	61,0
	Critério 4	Expectativa de Vida ao Nascer	58,3	62,12
	Critério 5	Quantidade de estabelecimentos de saúde	5	12
	Critério 6	Taxa de hospitalização por desidratação em menores de 5 anos	2,3	15,6
	Critério 7	Taxa de mortalidade infantil por diarreia (por 1.000 nascidos vivos)	0	5
	Critério 8	População coberta pelo Programa de Saúde da Família (PSF)	90	98
	Critério 9	Relação entre população urbana e rural	42	63
DESEMPENHO DO SISTEMA QUANTO AOS INDICADORES ECONÔMICOS	Critério 10	PIB <i>per capita</i> em reais	4130	10147
	Critério 11	Receitas de impostos e transferências de recursos	5000000	9000000
	Critério 12	Despesa total com saúde	206981807	252604478
	Critério 13	Despesa total com saúde por habitante	212	350
	Critério 14	Transferência SUS por habitante	98	104
	Critério 15	Tarifa Média de Água (R\$/m³)	1,90	2,00
DESEMPENHO DO SISTEMA QUANTO AO ABASTECIMENTO HUMANO	Critério 16	População total	6000	10000
	Critério 17	Densidade demográfica	21	50
	Critério 18	Precipitação média anual	700	900
	Critério 19	Índice de consumo de água %	50	70
	Critério 20	Índice de atendimento urbano de água (%)	70	90
	Critério 21	Índice de perdas na distribuição (%)	25	40
	Critério 22	% abastecimento por rede geral	0	0
	Critério 23	% de abastecimento por poço nascente	10	20
	Critério 24	% Outra forma de abastecimento de água	25	40
DESEMPENHO DO SISTEMA QUANTO ÀS PRESSÕES DA IRRIGAÇÃO, PECUÁRIA, ABASTECIMENTO RURAL, AQUICULTURA E LAZER	Critério 25	Outorga p/irrigação (m³/h)	0	0
	Critério 26	Outorga p/abast.rural (m³/h)	0	0
	Critério 27	Outorga p/abast. urbano (m³/h)	0	0
	Critério 28	Outro tipo de outorga (m³/h)	0	0
	Critério 29	Número de bovinos	2900	5000
	Critério 30	Número de equinos	190	300
	Critério 31	Número de assínios	219	700
	Critério 32	Números de muare	50	200
	Critério 33	Número de suínos	500	700
	Critério 34	Número de caprinos	1000	5000
	Critério 35	Número de ovinos	1000	2000
DESEMPENHO DO SISTEMA QUANTO A COLETA DE ESGOTOS	Critério 36	% rede sanitária via esgoto	20	40
	Critério 37	% rede sanitária via fossa séptica	10	15
	Critério 38	% rede sanitária via fossa rudimentar	25	45
	Critério 39	% rede sanitária via vala	5	15
	Critério 40	% rede sanitária via rio ou lago	0,5	1,00
	Critério 41	% que não dispõe de instalação sanitária	10	20
DESEMPENHO DO SISTEMA QUANTO AO ATENDIMENTO DE COLETA DE LIXO	Critério 42	% de lixo coletado	30	50
	Critério 43	% lixo queimado	20	30
	Critério 44	% lixo enterrado	40	70
	Critério 45	% lixo jogado	15	30
	Critério 46	Índice de conformidade da quantidade de amostras - cloro residual %	150	200
DESEMPENHO DO SISTEMA QUANTO AO ESTADO QUALITATIVO DA ÁGUA	Critério 47	Incidência das análises de cloro residual fora do padrão	17	40
	Critério 48	Índice de conformidade da quantidade de amostras - turbidez %	35	70
	Critério 49	Incidência das análises de turbidez fora do padrão	10	20
	Critério 50	Índice de conformidade da quantidade de amostras - coliformes totais %	20	50
	Critério 51	Incidência das análises de coliformes totais fora do padrão %	0	1,0

Observação: Os parâmetros dos critérios (indicadores) foram calculados a partir do uso da Estatística Descritiva (Medida de Posição Quartis).