

Metodologia para avaliar a saúde ambiental: uma aplicação em municípios empregando a análise multicriterial¹

Methodology for assessing the environmental health: an application in municipalities using a multicriteria analysis

José Ribamar Marques de Carvalho

Doutor em Recursos Naturais. Professor da Universidade Federal de Campina Grande.

Endereço: Rua Aprígio Veloso, 882, Bairro Universitário, CEP 58429-900, Campina Grande, PB, Brasil.

E-mail: profribamar@gmail.com

Enyedja Kerlly Martins de Araújo Carvalho

Mestre em Recursos Naturais. Professora da Universidade Estadual da Paraíba.

Endereço: Rua Francisco Assis de Oliveira, 75, Apto. 101, Bairro Palmeira, CEP 58401-110, Campina Grande, PB, Brasil.

E-mail: enyedjakm@gmail.com

Wilson Fadlo Curi

Doutor em Systems Design Engineering. Professor da Universidade Federal de Campina Grande.

Endereço: Rua Aprígio Veloso, 882, Bairro Universitário, CEP 58429-900, Campina Grande, PB, Brasil.

E-mail: wfcuri@gmail.com

Rosires Catão Curi

Doutora em Systems Design Engineering. Professor da Universidade Federal de Campina Grande.

Endereço: Rua Aprígio Veloso, 882, Bairro Universitário, CEP 58429-900, Campina Grande, PB, Brasil.

E-mail: rosirescuri@yahoo.com.br

Gesinaldo Ataíde Cândido

Doutor em Engenharia de Produção. Professor da Universidade Federal de Campina Grande.

Endereço: Rua Aprígio Veloso, 882, Bairro Universitário, CEP 58429-900, Campina Grande, PB, Brasil.

E-mail: gacandido@uol.com.br

¹ Artigo baseado em texto apresentado e publicado nos anais no III AdCont – Congresso Nacional de Administração e Ciências Contábeis da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 9 a 11 de outubro de 2012 - Rio de Janeiro, RJ.

Pesquisa financiada pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Resumo

Atualmente são observadas muitas maneiras de abordar a complexidade dos aspectos relacionados à saúde pública. Uma delas é a relação entre os seres humanos e o meio ambiente, especificamente através de indicadores de saúde ambiental. Dessa forma, o presente estudo objetiva propor uma metodologia baseada em indicadores de saúde ambiental e análise multicritério no intuito de analisar a situação da saúde em cidades, permitindo comparar dados ambientais entre municipalidades que integram a Região do Alto Curso do Rio Paraíba. Para tanto, fez-se o uso da pesquisa documental e exploratória e da análise multicriterial. Os municípios de São Domingos do Cariri foram os que apresentaram o menor Indicador Multicritério de Saúde Ambiental, seguido dos municípios de Amparo, Zabelê, São João do Tigre, Congo, Coxixola, São Sebastião do Umbuzeiro, Barra de São Miguel, Cabaceiras, Camalaú, Ouro Velho e São João do Cariri já que estes municípios apresentaram Indicador Multicritério de Saúde Ambiental (IMSA) negativo, ou seja, que necessitam de melhores estratégias de gestão pública no intuito de melhorar esse cenário. Por sua vez, as cidades com melhores desempenhos, IMSA positivos foram: Monteiro, Boqueirão, Sumé, Serra Branca e Prata. **Palavras-chave:** Apoio Multicritério à Decisão; Método Promethee II; Saúde Ambiental.

Abstract

Currently, there are many ways of approaching the complexity of issues related to public health. One of these is the relationship between humans and the environment, specifically through environmental health indicators. Thus, this study aims to propose a methodology based on indicators of environmental health and multi-criteria analysis in order to analyze the health situation in cities, allowing environmental data to be compared between municipalities comprising the region of the upper course of the Paraíba river. To this end, archival and exploratory research and multi-criteria analysis was used. The municipality of São Domingos do Cariri had the lowest Multi-criteria Environmental Health indicator, followed by the cities of Amparo, Zabelê, São João do Tigre, Congo, Coxixola, São Sebastião do Umbuzeiro, Barra de São Miguel, Cabaceiras, Camalaú, Ouro Velho and São João do Cariri, as these municipalities had negative MEHI, in other words, they need better public management strategies in order to improve this scenario. The best performing cities, with positive MEHI were: Monteiro, Boqueirão, Sumé, Serra Branca and Prata.

Keywords: Multicriteria Decision Support; Method Promethee II; Environmental Health.

Introdução

Dentro de um mesmo contexto geográfico, é possível perceber grandes diferenças na área de saúde e também na econômica, demográfica, de tratamento e coleta de lixo entre outras, que vêm confirmar a tendência de desigualdade existente no País. É dentro deste cenário que a avaliação de cidades segundo indicadores de saúde ambiental se torna um estudo relevante para que se possa estimular a discussão sobre a temática com vistas a propor melhorias nesses cenários.

Atualmente são observadas muitas maneiras de abordar a complexidade dos aspectos relacionados à saúde pública. Uma delas é a relação entre os seres humanos e o meio ambiente, especificamente através de indicadores de saúde ambiental.

A avaliação de determinantes ambientais que interferem na saúde humana no âmbito das responsabilidades municipais pouco se difundiu até o presente momento no Brasil. Entretanto, a dramática mudança climática e a evolução da sociedade brasileira exigem que o acompanhamento público das ações do governo em direção às “cidades saudáveis” seja efetivamente valorizado (Souza e col., 2009).

Para Minayo (2008) todo o debate sobre saúde e ambiente parte de dois pressupostos básicos: o primeiro é a essencialidade da relação entre os seres humanos e a natureza. O segundo, derivado dessa relação, é de que o conceito de ambiente, tal como o entendemos, é construído pela ação humana. Dessa forma ele é histórico e pode ser pensado, repensado, criado e recriado tendo em vista nossa responsabilidade presente e futura com a existência, as condições e a qualidade da vida da sociedade em geral e toda a biosfera.

Os temas relativos à saúde e à higiene foram sendo incorporados às pautas de reivindicações dos trabalhadores. A partir da primeira metade do século XIX, desenvolveu-se um forte movimento denominado medicina social, juntando trabalhadores, sindicalistas, políticos e médicos, sobretudo na Alemanha, Inglaterra e França, em torno da concepção de saúde como resultante de condições de vida e ambientais (Minayo, 2008).

O estudo clássico de epidemiologia realizado por John Snow, em 1854, sobre a transmissão do cólera

correlacionada com a água de abastecimento em Londres, iniciou uma nova fase na análise das condições de saúde e doença dos agrupamentos humanos. A partir desse momento verificou-se a importância e a necessidade da intervenção do Estado em ações sanitárias no meio urbano, no abastecimento de água, no esgotamento sanitário, na urbanização, não só para o conforto e bem-estar, mas também para prevenir e controlar as enfermidades (Philippi Jr. e Silveira, 2004).

A Organização Mundial de Saúde (OMS) estima que cerca de três milhões de crianças morrem anualmente por causas relacionadas a problemas de água e de contaminação. Cerca de 80% a 90% dos casos de diarreia são causados por fatores ambientais (Lebel, 2005 apud Minayo, 2008).

As ameaças de queda na qualidade de vida e a difusão de doenças tornaram-se reais por conta das aglomerações urbanas excessivas aliadas a desequilíbrios ecológicos. Segundo a Organização Mundial de Saúde - OMS, em termos globais, 23% das mortes prematuras podem ser atribuídas a fatores ambientais, como poluição do ar e da água e exposição a substâncias químicas. Em especial nas mortes de crianças, podem ser citados o envenenamento, as infecções respiratórias, a diarreia e a malária (EPA, 2008 apud Souza e col., 2009).

Especificamente, a questão do saneamento básico no Brasil ganha forte dimensão com a promulgação da Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece os marcos regulatórios do setor, nos seus quatro componentes: abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e manejo de águas pluviais (Brasil, 2007).

Em 2010, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, publicou a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, onde demonstra a realidade brasileira em relação a essas questões. De acordo com o IBGE (2010) cerca de 35 milhões de brasileiros, ou 18% da população, vive em residências nas quais não há serviço de coleta de esgoto.

Segundo informações contidas na Pesquisa Nacional de Saneamento - IBGE (2010), dos 5.564 municípios do País, 45,7% contavam no ano de 2006 com acesso à rede de esgoto, enquanto que em 2000 foram registrados apenas 33,5%. Apesar de a metade

(54,3%) das cidades do País carecer desse serviço, a percentagem da população afetada era de 18%, já que os Estados mais povoados são precisamente os que mais contam com redes de esgoto.

Verifica-se que existe uma carência de tratamento de esgotos, visto que, apenas 28,5% dos municípios brasileiros tratavam a água em 2008 (IBGE, 2010). No entanto, a percentagem de esgoto (coletado) que é tratada saltou de 35,3% em 2000 para 68,8% em 2008, muito embora seja um percentual que necessita de melhorias.

No que se refere ao abastecimento de água, apenas 33 municípios do Brasil careciam totalmente do serviço em 2008 e estavam concentrados nos Estados de Rondônia e Paraíba. O número é muito inferior ao de 2000, quando 116 cidades não contavam com fornecimento de água.

Mesmo com esse cenário, essas informações são preocupantes, visto que essa atual conjuntura afeta diretamente a saúde pública brasileira. De acordo com Queiroz e colaboradores (2009), em 2005 foi registrada a internação por desidratação causada pela falta de saneamento básico (especificamente da diarreia), no Sistema Único de Saúde (SUS), de mais de 28 mil crianças de zero a cinco anos de idade.

Acrescente-se ainda o fato de que a infraestrutura sanitária deficiente desempenha uma nítida interface com a situação de saúde e com as condições de vida das populações dos países em desenvolvimento, nos quais as doenças infecciosas continuam sendo uma importante causa de morbidade e mortalidade. A prevalência dessas doenças constitui um forte indicativo da fragilidade dos sistemas públicos de saneamento (Daniel, 2001 apud Calijuri e col., 2009).

Diante do exposto e dada a importância da temática em busca de um melhor entendimento de como os processos socioespaciais são produzidos, a análise ecológica de dados epidemiológicos e ambientais torna-se primordial. Nessa perspectiva a problemática desta contribuição consiste em propor uma metodologia baseada em indicadores de saúde ambiental e análise multicritério no intuito de analisar a situação da saúde em cidades, permitindo comparar dados ambientais entre municipalidades que integram a Região do Alto Curso do Rio Paraíba.

Referencial teórico

Indicadores de Saúde Ambiental

O conceito de saúde é de difícil expressão. No final da década de 40, a Organização Mundial de Saúde (WHO) adotou em sua constituição a definição: Saúde é um estado de completo bem-estar físico, mental e social e não somente a ausência de doença (Malta, 2005).

A problemática da relação saúde-ambiente é caracterizada pela multidisciplinaridade dos fatores que a compõe. Eles podem ser de ordem política, econômica, social, cultural, psicológica, genética, biológica, física e química (Calijuri e col., 2009).

De acordo com Sobral e Freitas (2010), o tema dos determinantes sociais e suas relações com o processo saúde-doença entre diferentes grupos populacionais é de grande relevância para a Saúde Pública e vem ganhando cada vez mais destaque.

Os indicadores de saúde passam a ser utilizados, na prática, quando se mostram relevantes, ou seja, quando são capazes de retratar com fidedignidade e praticidade, seguidos os preceitos éticos, os aspectos da saúde individual ou coletiva para os quais foram propostos (Pereira, 2007).

Para o autor alguns pontos devem ser considerados na escolha e utilização de indicadores em avaliações na área da saúde, dentre eles: 1) Complexidade do conceito de saúde; e 2) Facetas a serem consideradas para avaliação.

Complexidade do conceito de saúde - a tarefa de mensurar a saúde é extremamente complexa, visto que existem vários ângulos que podem ser enfocados: a mortalidade, a morbidade, a incapacidade física e a qualidade de vida, entre outros. Nesse sentido, para cada um deles existem numerosos indicadores, o que torna impraticável empregar todos ao mesmo tempo.

Ainda, segundo o autor, essa múltipla possibilidade resulta na não unicidade de indicador, passível de uso em todas as ocasiões. As diversas situações clamam por diferentes indicadores, embora muitos tendam a correlacionar-se estritamente em si.

Facetas a serem consideradas para avaliação - Pereira (2007) destaca que a escolha do indicador mais apropriado depende de cada situação, em es-

pecial da questão científica formulada, assim como de aspectos metodológicos, éticos e operacionais.

No intuito de entender melhor as facetas que devem ser consideradas são comentados a seguir os pontos que Pereira (2007, p. 50-51) enfatiza como relevantes para esse contexto:

- **Validade** - no processo de seleção de um indicador a ser utilizado para refletir uma dada situação, a tarefa inicial é a de delimitação do problema, condição, tema ou evento que necessita ser observado ou medido e para o qual se escolhe o indicador e se elabora a respectiva definição operacional.
- **Confiabilidade** (reprodutibilidade ou fidedignidade) - alto grau de confiabilidade significa a obtenção de resultados semelhantes, quando a mensuração é repetida.
- **Representatividade** (cobertura) - analisa a representatividade populacional ou amostral.
- **Questão ética** - é imperativo ético que a coleta de dados não acarrete malefícios ou prejuízos às pessoas investigadas. A questão ética também se impõe no tocante ao sigilo dos dados individuais, embora este aspecto seja mais importante em clínica do que em diagnósticos epidemiológicos, pois neste caso, a informação divulgada refere-se ao conjunto da população sob a forma anônima de estatística.
- **O Ângulo Técnico-Administrativo** - destaca a questão da simplicidade, flexibilidade, facilidade de obtenção, custo operacional compatível e oportunidade. Ou seja, destaca a disponibilidade de dados para se obter informações confiáveis e de fácil manipulação em relação aos indicadores de saúde.

Além das peculiaridades expostas acima, pode-se afirmar que os indicadores têm como papel principal a transformação de dados em informações relevantes para os tomadores de decisão e o público. Em particular, eles podem ajudar a simplificar um arranjo complexo de informações sobre saúde, meio ambiente e desenvolvimento, possibilitando uma visão "sintetizada" das condições e tendências existentes (Vonschirnding, 2002 apud Calijuri e col., 2009).

Dito isso, observa-se que a incorporação de indicadores ambientais juntamente com os de saúde, permite trabalhar com uma concepção ampliada

de saúde, buscando superar a visão fragmentada do processo saúde-doença que ainda prevalece nas análises da situação de saúde ou mesmo no uso de indicadores ambientais que incluem o tema saúde (Sobral e Freitas, 2010).

Alguns indicadores de saúde ambiental estão fortemente relacionados com o nível socioeconômico da população, entre os quais as condições de moradia e do peridomicílio. Um importante ângulo da questão ambiental refere-se à cobertura e à qualidade dos serviços de saneamento básico: abastecimento de água, rede de esgotos, sistemas de coleta de lixo e de águas pluviais. Um indicador muito utilizado é a proporção da população que dispõe de um sistema adequado de abastecimento de água, de eliminação de dejetos e de coleta regular de lixo (Pereira, 2007).

Assim, os aspectos relacionados à industrialização, à urbanização e ao aumento da circulação das pessoas têm enorme potencial de alterar o meio ambiente (Pereira, 2007). Daí a preocupação deste estudo em selecionar indicadores capazes de medir níveis de natalidade, mortalidade, morbidade, programas de saúde (por exemplo, cobertura do Programa de Saúde da Família), densidade demográfica, despesas com saúde por habitante, transferências do SUS para a saúde, dentre outros, com seus desdobramentos.

Análise Multicritério – Método PROMETHEE II

A seguir são discutidos alguns aspectos relacionados à análise multicritério, especialmente via método PROMETHEE.

Os métodos da família PROMETHEE (*Preference Ranking Method for Enrichment Evaluation*), que objetivam construir relações de sobreclassificação de valores em problemas de tomada de decisão são ferramentas de suporte à decisão que fazem parte da escola francesa. Este método procura estabelecer uma estrutura de preferência entre as alternativas e os critérios que estão sendo avaliados. (Carvalho e col., 2011a).

É um método não compensatório que requer informações entre os critérios (indicadores) correspondentes à relativa importância entre os vários objetivos, ou seja, pesos dos critérios. Esses pesos podem ser decorrentes de cálculos técnicos ou de

expressões de julgamento de valor. Assim, esses métodos favorecem as ações mais balanceadas, que possuem melhor *performance* média (Morais e Almeida, 2002).

No processo de análise, o objetivo se decompõe em critérios e as comparações entre as alternativas são feitas no último nível de decomposição e aos pares, pelo estabelecimento de uma relação que acompanha as margens de preferência ditadas pelos agentes decisores (Araújo e Almeida, 2009).

Observa-se, segundo os autores, que o método PROMETHEE II (um dos métodos da família PROMETHEE) estabelece uma estrutura de preferência entre as alternativas discretas, tendo uma função de preferência entre as alternativas para cada critério. Essa função indica a intensidade da preferência de uma alternativa em relação à outra, com o valor variando entre o (indiferença) e 1 (preferência total).

De acordo com Silva (2007), os passos necessários para operacionalização do PROMETHEE II são:

1) O primeiro passo consiste em calcular para cada par de alternativas (critério a critério) as diferenças existentes entre os pares segundo o critério em questão. Essas diferenças são representadas por d . Em outras palavras, o cálculo de d tem como finalidade identificar a diferença de desempenho da alternativa a com a alternativa b em relação ao critério j , ou seja, tenta medir o quanto a supera b ($a > b$);

2) Já na segunda etapa de operacionalização do PROMETHEE II, tem-se um processo de avaliação da função de preferência relativa P (representa o grau de preferência do decisor quando este escolhe uma alternativa em relação à outra) para cada critério j , de acordo com o modelo de critério de decisão.

Almeida e Costa (2002) enfatizam que o método PROMETHEE se diferencia dos outros da Escola Francesa nos tipos de critérios utilizados. Observa-se que esse método pode empregar seis tipos de funções para descrever os critérios considerados na sua implementação. Para esses autores, cada tipo de critério é caracterizado por uma função que busca representar a preferência do decisor. A Função de Preferência $P_j(a_i, a_k)$ que descreve cada critério assume valores entre 0 e 1.

Procedimentos metodológicos

Os procedimentos metodológicos adotados neste trabalho consistiram em uma pesquisa documental e exploratória, na qual fez o uso da análise multicritério (Método PROMETHEE II). Foram escolhidos nesta primeira fase oito indicadores de saúde ambiental (critérios) de maneira que fosse possível identificar aspectos do contexto geográfico estudado.

Essas cidades localizam-se na sub-bacia hidrográfica do Rio Paraíba, conhecida como Sub-bacia do Alto Curso do Rio Paraíba, PB, uma vez que é um espaço geográfico definido segundo as características

hidrológicas do Estado da Paraíba. Nessa sub-bacia estão localizados 17 municípios: Amparo, Barra de São Miguel, Boqueirão, Cabaceiras, Camalaú, Congo, Coxixola, Monteiro, Ouro Velho, Prata, São Domingos do Cariri, São João do Cariri, São João do Tigre, São Sebastião do Umbuzeiro, Serra Branca, Sumé e Zabelê.

As dimensões, os critérios (26 indicadores) e respectivas fontes escolhidos para avaliar a sustentabilidade ambiental dos municípios localizados na região da sub-bacia hidrográfica do Alto Curso do Rio Paraíba (dezessete municípios), estão apresentadas no Quadro 1:

Quadro 1 - Indicadores (critérios) e relação

Categoria	Indicador de Saúde Ambiental (Critério)	Relação do Indicador
Indicadores de Saúde	Ind1 - Mortalidade infantil	Negativa - SIM (2008)
	Ind2 - Taxa de hospitalização por desidratação em menores de 5 anos, por 1000	Negativa - SIAB-DATASUS (2009)
	Ind3 - Taxa de mortalidade infantil por diarreia (por 1.000 nascidos vivos)	Negativa - SIAB-DATASUS (2009)
	Ind4 - Percentual da população coberta Programa Saúde da Família	Positiva - SIAB-DATASUS (2009)
	Ind5 - Quantidade de estabelecimentos de saúde	Positiva - IBGE (2009)
	Ind6 - Algumas doenças infecciosas e parasitárias	Negativa - SIH/SUS (2009)
	Ind7 - Percentual de mortalidade por algumas doenças infecciosas e parasitárias	Negativa - SIH/SUS (2009)
	Ind8 - Cobertura vacinal Rotavírus Humano	Positiva - SI/PNI (2009)
	Ind9 - Total das vacinas contra a tuberculose	Positiva - SI/PNI (2009)
Indicadores Demográficos	Ind10 - Densidade demográfica	Positiva - IBGE (2010)
	Ind11 - População urbana	Positiva - IBGE (2010)
	Ind12 - População rural	Positiva - IBGE (2010)
	Ind13 - Relação entre população urbana e rural	Positiva - IBGE (2010)
Indicadores Econômicos	Ind14 - Despesa total com saúde por habitante	Positiva - SIOPS-DATASUS (2010)
	Ind15 - PIB <i>per capita</i>	Positiva - IBGE (2010)
	Ind16 - Transferência do SUS por habitante	Positiva SIOPS-DATASUS (2010)
	Ind17 - Relação entre percentual de transferência SUS e despesa total com saúde	Positiva - SIOPS-DATASUS (2010)
Indicadores de coleta de esgoto	Ind18 - Percentual da rede sanitária via esgoto	Positiva - DATASUS, IBGE (2002)
	Ind19 - Percentual rede sanitária via fossa séptica	Negativa - DATASUS, IBGE (2002)
	Ind20 - Percentual que não dispõe de instalação sanitária	Negativa - DATASUS, IBGE (2002)
Indicadores de coleta de lixo	Ind21 - Percentual de lixo coletado	Negativa - DATASUS, IBGE (2002)
	Ind22 - Percentual de lixo queimado	Negativa - DATASUS, IBGE (2002)
Indicadores relacionados ao acesso à água e à qualidade da água	Ind23 - Incidência das análises de turbidez fora do padrão (%)	Negativa - SNIS (2008)
	Ind24 - Incidência das análises de cloro residual fora do padrão (%)	Negativa - SNIS (2008)
	Ind25 - Incidência das análises de coliformes totais fora do padrão (%)	Negativa - SNIS (2008)

O significado e a justificativa da escolha dos indicadores pauta-se primeiramente na disponibilidade dos dados, bem como na análise da relação positiva / negativa que cada um tinha com os aspectos relacionados à saúde ambiental. Por exemplo, percentual da população coberta pelo Programa Saúde da Família (PSF), entende-se que quanto maior for esse indicador, melhor será a situação do município em relação às questões que permeiam a saúde ambiental de determinada localidade (relação positiva), ou seja, quanto maior for o atendimento à população pelo PSF (atenção primária - trabalhar a promoção da saúde), melhor será esse cenário da saúde ambiental local. De outro modo, quanto maior for o indicador taxa de mortalidade infantil, pior será o desempenho daquela localidade (área de estudo) em relação à saúde ambiental. Raciocínios análogos foram feitos para os demais indicadores escolhidos na pesquisa, levando-se em consideração estudos realizados que utilizaram esse mesmo entendimento: Waquil e colaboradores (2007), Martins e Cândido (2008), Carvalho e colaboradores (2011b).

Nessa fase procurou-se observar o entendimento Calijuri e colaboradores (2009), quando enfatizam que a problemática da relação saúde-ambiente é caracterizada pela multidisciplinaridade dos fatores que a compõe. Eles podem ser de ordem política, econômica, social, cultural, psicológica, genética, biológica, física e química. Observe que os indicadores selecionados se relacionam com as questões da saúde ambiental, que são: 9 indicadores de saúde, 4 indicadores demográficos, 4 econômicos, 3 de coleta de esgoto, 2 de coleta de lixo e 4 indicadores relacionados ao acesso à água e à qualidade da água.

Para este trabalho, foram buscados dados cujas diferenças temporais fossem as menores possíveis e ainda que levassem em consideração a sua disponibilidade e o critério de escolha dos autores.

A escolha do Método PROMETHEE II como subsídio para a elaboração da metodologia proposta nesta pesquisa se justifica em primeiro lugar, pelo seu fácil entendimento, potencializando, pois, a transparência do processo decisório e também o ordenamento das alternativas segundo os vários critérios - é simples, e os conceitos e parâmetros envolvidos

em sua aplicação - indiferença, preferência fraca e preferência forte - têm um significado tangível para o decisor (Jannuzzi e col., 2009).

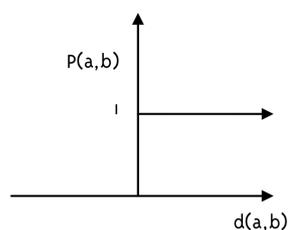
Já a definição dos pesos (w_j) para os (n) critérios presentes na análise do problema de decisão pode ser visualizado no Quadro 2. Atribuíram-se pesos iguais aos indicadores. Adotou-se a estratégia de que cada um dos indicadores apresenta igual peso para a análise da saúde ambiental das cidades a serem estudadas, posto que se partiu do pressuposto que nenhum indicador apresenta melhor poder de explicação em relação ao outro. Portanto, todos exerciam a mesma intensidade sobre o índice a ser proposto.

Quadro 2 - Matriz de Pesos dos Critérios

Critérios	c_1	c_2	c_3	c_j	c_n
-----------	-------	-------	-------	-------	-------

Após a análise dos dados coletados foram escolhidos os critérios gerais, parâmetros do estudo e a função de preferência, cuja escolha deu-se para a função do tipo 1. Nessa função o raciocínio deve ser realizado da seguinte forma: existe indiferença entre duas alternativas a e b , somente se $f(a)=f(b)$; se as avaliações forem diferentes, há preferência estrita pela alternativa de avaliação melhor. Neste caso, não há necessidade de definição de parâmetros. Ou seja, para o caso da pesquisa, atribuiu-se 0 se o indicador fosse indiferente ou pior do que aquele com o qual foi comparado, 1 se o indicador fosse melhor.

Figura 1 - Função de Preferência utilizada no estudo Tipo 1 Usual



Fonte: Cavassin, 2004.

Por sua vez, os fluxos positivos e negativos do método adotados no estudo foram calculados tomando como base as fórmulas abaixo (Quadro 3).

O programa PRADIN (Programa para Apoio à

Tomada de Decisão baseada em Indicadores) versão 3.0 foi usado para subsidiar a elaboração dos relatórios via análises paritárias entre as cidades e os critérios (indicadores).

Quadro 3 - Fórmulas dos Fluxos Positivos e Negativos do Methodo Promethee II

O índice de agregação de preferência (A_i, A_k), dado por:	$\pi(A_i, A_k) = \sum_{j=1}^n w_j P_j(A_i, A_k)$
O fluxo de entrada, que representa o Fluxo de Sobreclassificação Positivo, expressa o quanto uma alternativa "A" sobreclassifica as outras e é calculado através da fórmula:	$\Phi^+(A_i) = \sum_{j=1}^m \pi(A_i, A_k)$
O fluxo de saída, que representa o Fluxo de Sobreclassificação Negativo, expressa o quanto uma alternativa "A" é sobreclassificada por outras alternativas e é calculado através da fórmula:	$\Phi^-(A_i) = \sum_{j=1}^m \pi(A_i, A_k)$
Para o método PROMETHEE II é necessário calcular o fluxo líquido:	$\Phi(A_i) = \Phi^+(A_i) - \Phi^-(A_i)$

Fonte: Adaptado de Silvério e colaboradores (2007).

Resultados e discussão

Comparação Paritária dos Municípios com os Respectivos Critérios

Os resultados encontrados após as comparações realizadas entre os municípios e os respectivos indicadores (26; no total), a síntese geral realizada (Quadro 4), demonstram que o município de São Domingos do Cariri foi o que apresentou o menor Indicador Multicritério de Saúde Ambiental (IMSA = -0,2332), seguido dos municípios de Amparo (IMSA = -0,2260), Zabelê (IMSA = -0,2163), São João do Tigre (IMSA = -0,2019), Congo (IMSAC = -0,1659), Coxixola (IMSA = -0,0986), São Sebastião do Umbuzeiro (IMSA = -0,0745), Barra de São Miguel (-0,0745), Cabaceiras (-0,0721), Camalaú (-0,0409), Ouro Velho (-0,0120) e São João do Cariri (-0,002), já que estes municípios apresentaram IMSA negativo, ou seja, que necessitam de melhores estratégias de gestão públicas no intuito de melhorar esse cenário. Por sua vez, as cidades com melhores desempenhos, IMSA positivos foram: Monteiro (IMSA = 0,4519), Boqueirão (IMSA = 0,3750), Sumé (0,3149), Serra

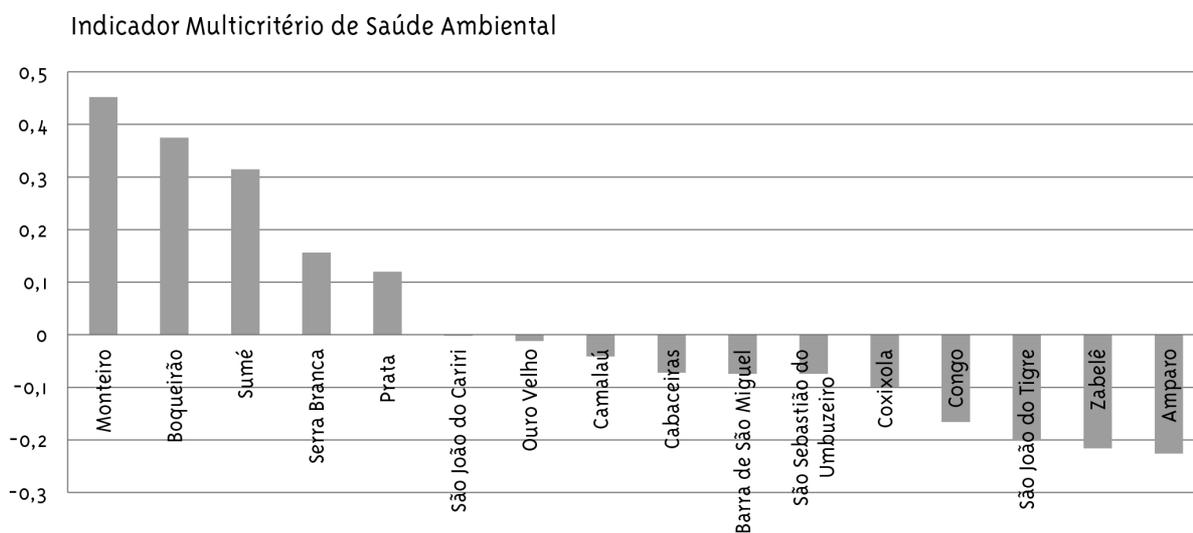
Branca (0,1562), Prata (0,1202).

Com os resultados apresentados na Tabela 1, pode-se ainda identificar a posição do município segundo o Indicador Multicriterial de Saúde Ambiental, numa escala de 0 a 100, bem como a ordem decrescente (posição ordinal do IMSA), por exemplo, as cidades de Monteiro, Boqueirão, Sumé e Serra Branca obtiveram os maiores valores quanto ao IMSA ocupando as posições 17, 16, 15 e 14 respectivamente, sendo estas as cidades que apresentam o maior indicador de saúde ambiental conforme os parâmetros de escolha dos vinte e seis indicadores analisados. Enquanto que São Domingos do Cariri, Amparo, Zabelê e São João do Tigre tiveram as menores cifras quanto ao IMSA ocupando a 1ª, 2ª, 3ª e 4ª posições, ou seja, configuram-se como cidades em situação inversa e que necessitam de maiores investimentos e políticas públicas condizentes com cada realidade local. Veja o comportamento de cada município no *ranking* da Tabela 1 e Figura 2. O uso do *ranking* dos municípios se torna essencial, já que permite visualizar o desempenho de cada município e ainda pode permitir a comparação dos municípios ao longo do tempo.

Tabela 1 - Ranking do Indicador Multicritério de Saúde Ambiental dos Municípios (IMSA)

Ranking/Municípios	Indicador Multicritério (IMSA)	Esc o – 100	Fluxo Positivo	Fluxo Negativo
1º Monteiro	0,4519	99,9	70,9	25,7
2º Boqueirão	0,3750	88,7	65,1	27,6
3º Sumé	0,3149	80,0	62,2	30,7
4º Serra Branca	0,1562	56,8	53,6	37,9
5º Prata	0,1202	51,5	52,8	40,8
6º São João do Cariri	-0,002	0,0	46,1	46,3
7º Ouro Velho	-0,0120	32,2	45,4	46,6
8º Camalaú	-0,0409	28,0	43,0	47,1
9º Cabaceiras	-0,0721	23,5	42,7	49,9
10º Barra de São Miguel	-0,0745	23,1	41,5	49,0
11º São Sebastião do Umbuzeiro	-0,0745	23,1	40,3	57,8
12º Coxixola	-0,0986	19,6	41,3	51,2
13º Congo	-0,1659	9,8	36,7	53,3
14º São João do Tigre	-0,2019	4,5	34,8	55,0
15º Zabelê	-0,2163	2,4	32,6	54,3
16º Amparo	-0,2260	1,0	32,6	55,2

Figura 2 - Ranking do Indicador Multicritério de Saúde Ambiental dos Municípios



Os fluxos de superação são representados por fluxos positivos e negativos (Tabela 2). Eles indicam o percentual de comparações de indicadores (dois a dois) em que o município superou ou foi superado pelos demais conforme a função de preferência definida (neste caso o Critério Usual). Observe que Monteiro apresentou maior fluxo de superação positiva quando comparado com cada um dos outros municípios estudados, superou em 70,9% das

comparações e foi superado em aproximadamente 25,7%; Boqueirão superou 65,1% e foi superado em 27,6%. Em outras palavras, isso quer dizer que em se tratando de saúde ambiental, Monteiro, Boqueirão, Sumé, Serra Branca e Prata não estão em situação desfavorável, uma vez que seus indicadores superaram os demais municípios na grande maioria das comparações realizadas.

Tabela 2 - Fluxos positivos e negativos das análises paritárias

Fluxos/Municípios	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Fluxos +	70,9	65,1	62,2	53,6	52,8	46,1	45,4	43	42,7	41,5	40,3	41,3	36,7	34,8	32,6	32,6	32,2
Fluxos	25,7	27,6	30,7	37,9	40,8	46,3	46,6	47,1	49,9	49	57,8	51,2	53,3	55	54,3	55,2	55,5
Fluxos + (-) Fluxos -	42,2	37,5	31,5	15,7	12	2,8	(-1,2)	-4,1	-7,2	-7,5	-17,5	-9,9	-16,6	-20,2	-21,7	-22,6	-23,3

Fonte: Dados da pesquisa, GEOPORTAL AESA, 2012.

Considerações finais

As principais descobertas encontradas com essa metodologia se configuram como de grande importância ao estudo, uma vez que contribuem com mais um olhar para a região estudada, capaz de estabelecer um índice de saúde ambiental para os municípios através da análise de indicadores e dimensões.

A ordenação obtida através do método *Preference Ranking Method for Enrichment Evaluation* (PROMETHEE II) enfatiza a distinção entre as cidades mais e menos saudáveis dentro do contexto ambiental. Enquanto o município de Monteiro foi considerado como mais sustentável (melhor saúde ambiental) com um fluxo líquido de 45,2, o de São Domingos do Cariri obteve o pior fluxo líquido (negativo) de -23,3.

Notadamente, fica evidente que a aplicação do Método PROMETHEE II no estudo de caso pode apresentar outros resultados se os parâmetros das funções de preferências forem outros, posto ser uma característica intrínseca do método. Com a finalização deste estudo é possível então fazer uma análise crítica da situação das cidades da região que detêm melhor situação de saúde ambiental, oferecendo uma contribuição para esta área, de modo que seja feita

uma reflexão acerca do nível de desenvolvimento das cidades investigadas e supostamente possa dar subsídios à formulação de melhores políticas públicas.

Apesar de os resultados gerados pela aplicação prática da metodologia serem considerados satisfatórios, já que permitem entender melhor o contexto paraibano em estudo, espera-se que surjam novas inquietações e diferentes possibilidades analíticas a partir dos resultados de saúde ambiental mensurados propostos, principalmente, porque o conhecimento associado à mensuração de sustentabilidade e de saúde ambiental no contexto geográfico em apreço ainda se encontra em fase de amadurecimento e desenvolvimento científico.

A limitação do estudo concentra-se no fato de que existem muitas restrições na construção de um índice de saúde ambiental (e por que não dizer de sustentabilidade ambiental) e ainda algumas arbitrariedades, dentre elas, se será um indicador constituído por várias dimensões ou apenas uma, bem como qual (is) dimensão (ões) entrará (ão) na composição do indicador, bem como a definição de seus pesos, configurando-se como passos arbitrários pela razão de não existirem dimensões, pesos e índices impostos pela sociedade, conforme argumentam Dutt-Ross e colaboradores (2010).

Destaque-se ainda que no presente estudo foi feita a opção por selecionar apenas 26 indicadores e 17 cidades, uma quantidade maior do que aquela selecionada em estudo anterior da região; maiores informações podem ser obtidas em Carvalho e colaboradores (2011b), quando testou a metodologia utilizando apenas oito indicadores. Espera-se que esses resultados estimulem o desenvolvimento de novas pesquisas, de modo que seja possível ampliar o número de indicadores e dimensões (social, econômica, ambiental, político-institucional, etc.).

Referências

- ALMEIDA, A. T.; COSTA, A. P. C. S. Modelo de decisão multicritério para priorização de sistemas de informação com base no método Promethee. *Revista Gestão e Produção*, São Carlos, v. 9, n. 2, p. 201-214, 2002.
- ARAÚJO, A. G.; ALMEIDA, A. T. Apoio à decisão na seleção de investimentos em petróleo e gás: uma aplicação utilizando o método Promethee. *Revista Gestão e Produção*, São Carlos, v. 16, n. 4, p. 534-543, 2009.
- BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nºs 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. 2007. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 8 de jan. 2007 e retificado em 11 de jan. 2007. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm>. Acesso em: 23 ago. 2012.
- CALIJURI, M. L. et al. Estudo de indicadores de saúde ambiental e de saneamento em cidade do norte do Brasil. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro, v. 14, n. 1, p. 19-28, 2009.
- CARVALHO, J. R. M.; CURI, W. F.; CARVALHO, E. K. M. A. Avaliação da sustentabilidade ambiental de municípios paraibanos: uma aplicação utilizando o método Promethee II. *Gestão e Regionalidade*, São Caetano do Sul, v. 27, n. 80, p. 71-84, 2011^a.
- CARVALHO, J. R. M. et al. Indicadores de sustentabilidade hidroambiental: um estudo na região do alto curso do rio Paraíba, PB. *Sociedade e Natureza*, Uberlândia, v. 23, n. 2, p. 295-310, 2011b.
- CAVASSIN, S. A. *Uso de metodologias multicritério na avaliação de municípios do Paraná com base no índice de desenvolvimento humano municipal*. 2004. Dissertação (Mestrado em Métodos Numéricos em Engenharia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.
- DUTT-ROSS, S.; RIBEIRO, R. O. A.; SANT'ANNA, A. P. 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, p. 156-169, 2010.
- GEOPORTAL AESA - Geoportal da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba, 2012. Disponível em: http://geo.aesa.pb.gov.br/?dg=muni,bacias,sub_bacias&me=39.3490058824,-8.4,-34.2739941176,-5.949&language=br&config=default. Acesso em: 30 set. 2012.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos - 2010. Brasília, DF: Ministério das Cidades, , 2010. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/arquivos_snis/5-DIAGNOSTICOS/5.2_Residuos_solidos/5.2.9-Diagnostico2010/DiagRS2010.zip> . Acesso em: 22 ago. 2010.
- JANNUZZI, P. M.; MIRANDA, W. L. de; SILVA, D. S. G. da. *Análise multicritério e tomada de decisão em políticas públicas: aspectos metodológicos, aplicativo operacional e aplicações*. *Informática Pública*, Belo Horizonte, ano 11, n. 1, p. 69-87, 2009.
- MALTA, R. C. G. *Estudo epidemiológico dos parasitas intestinais em crianças no município de Votuporanga*. 2005. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal) - Instituto de Biologia da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 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.
- MINAYO, M. C. S. Saúde e ambiente: uma relação necessária. In: CAMPOS, G. W. S. et al (Org.). *Tratado de saúde coletiva*. São Paulo: Hucitec; Rio de Janeiro: Fiocruz, 2008. p. 81-107.
- MORAIS, D. C.; ALMEIDA, A. T. Avaliação multicritério para adequação de sistemas de redução de perdas de água. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 22, 2002, Curitiba. *Anais...* Curitiba: ENEGEP, 2002. p. 8.
- PEREIRA, M. G. *Epidemiologia: teoria e prática*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.
- PHILIPPI JR., A.; SILVEIRA, V. F. Saneamento ambiental e ecologia aplicada. In: PHILIPPI JR, A.; RÓMERO, M. A.; BRUNA, G. C. (Org.). *Curso de gestão ambiental*. Barueri: Manole, 2004. p. 19-52.
- QUEIROZ, J. T. M. de; HELLER, L.; SILVA, S. R. da. Análise da correlação de ocorrência da doença diarreica aguda com a qualidade da água para consumo humano no município de Vitória-ES. *Saúde e Sociedade*, São Paulo, v. 18, n. 3, p.479-489, 2009.
- SILVA, D. S. G. *Construção de indicadores de condições de vida através da análise multicritério: estudo aplicado aos municípios da Baixada Fluminense*. 2007. Dissertação (Mestrado em Estudos Populacionais e Pesquisas Sociais) - Escola Nacional de Ciências Estatísticas, Rio de Janeiro, 2007.
- SILVERIO, L. B.; FERREIRA, A. S.; RANGEL, L. A. D. Avaliação das cidades da região sul Fluminense empregando o método Promethee II. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 17., 2007, Foz do Iguaçu. *Anais...* Foz do Iguaçu: ENEGEP, 2007. p. 10.
- SOBRAL, A.; FREITAS, C. M. Modelo de organização de indicadores para operacionalização dos determinantes socioambientais da saúde. *Saúde e Sociedade*, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 35-47, 2010.
- SOUZA, J. H. et al. Desenvolvimento de indicadores síntese para o desempenho ambiental. *Saúde e Sociedade*, São Paulo, v. 18, n. 3, p. 500-514, 2009.
- WAQUIL, P. D. et al. Para medir o desenvolvimento territorial rural: validação de uma proposta metodológica. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 45, 22 a 23 de julho de 2007, Londrina. *Anais...* Londrina: SOBER: Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural: Universidade Estadual de Londrina, 2007. p. 22.

Recebido em: 23/03/2012
Aprovado em: 26/03/2013