

**ETIS**Journal of Engineering,
Technology, Innovation
and Sustainability

Anápolis, GO – Fevereiro de 2019

ANÁLISE MULTICRITÉRIO COMO SUPORTE A DECISÃO EM SITUAÇÃO DE ESCASSEZ HÍDRICA: ESTUDO DE CASO DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SERIDÓ - RIO GRANDE DO NORTE - BRASIL

DANILO DUARTE COSTA E SILVA¹; ANTÔNIO CLÁUDIO FERREIRA²; CHARLES LOURENÇO DE BASTOS³; JOAQUIM ORLANDO PARADA⁴ & JULIANA MARTINS DE BESSA FERREIRA⁵

RESUMO

A gestão de recursos hídricos em contextos de escassez tem se ampliado e influenciado os mais diversos setores da sociedade. No Brasil, dentre outros estados, o Rio Grande do Norte tem se destacado como um estado inserido, em sua maior parte, no semiárido e com pressões históricas marcando o setor público, de modo a exigir cada vez mais rigor em medidas que possam de forma coerente contribuir para a gestão de um recurso natural que, em secas mais severas, tem se tornado cada vez mais essencial. O presente artigo apresenta a análise e aplicação do método Promethee II como subsídio para gestão da sub-bacia hidrográfica do Rio Seridó – RN (Rio Grande do Norte) - Brasil; percebe-se que tal metodologia pode ser uma alternativa para ser reaplicada em contextos semelhantes ao redor do mundo.

Palavras-chave: Análise Multicritério; Gestão de Recursos Hídricos; Promethee II.

ABSTRACT

The management of water resources in contexts of scarcity has expanded and influenced the most diverse sectors of society. In Brazil, among other states, Rio Grande do Norte has stood out as a state inserted, for the most part, in the semi-arid and with historical pressures marking the public sector, in order to demand more and more rigor in measures that may of form contribute to the management of a natural resource which, in more severe droughts, has become increasingly essential. The present article presents the analysis and application of the Promethee II method as a subsidy for the management of the sub-basin of Rio Seridó – RN (Rio Grande do Norte) - Brazil; it is perceived that such methodology may be an alternative to be reapplied in similar contexts around the world.

Keywords: Multicriteria Analysis; Management of Water Resources; Promethee II.

¹ Associação Educativa Evangélica (UniEVANGÉLICA) - Campus Ceres. danieloduarte777@yahoo.com.br

² Associação Educativa Evangélica (UniEVANGÉLICA) - Campus Ceres. antonio.ferreira@docente.unievangelica.edu.br

³ Associação Educativa Evangélica (UniEVANGÉLICA) - Campus Ceres. xarllleslb@gmail.com

⁴ Associação Educativa Evangélica (UniEVANGÉLICA) - Campus Ceres. joaquim.parada@unievangelica.edu.br

⁵ Associação Educativa Evangélica (UniEVANGÉLICA) - Campus Ceres. Universidade Estadual de Goiás, UEG, Brasil. juliana.bessa@unievangelica.edu.br



INTRODUÇÃO

Atualmente a temática relacionada à gestão de recursos hídricos em contextos de escassez tem se ampliado e influenciado os mais diversos setores da sociedade. Pelo que se percebe tal ampliação tem se propagado em diversos países do mundo. Neste sentido a tomada de decisão adquire uma conotação cada vez mais delicada, uma vez que se lida com pressões por vezes concorrentes (Kalbus et al., 2013; Buytaert et al., 2012). No Brasil, dentre outros estados, o Rio Grande do Norte tem se destacado como um estado inserido, em sua maior parte, no semiárido e com pressões históricas marcando o setor público, de modo a exigir cada vez mais rigor em medidas que possam de forma coerente contribuir para a gestão de um recurso natural escasso (Cirilo, 2008; Silva e Mattos, 2013). Tal situação se amplifica em situações de secas severas, tornando a necessidade de intervenção em termos de gestão ainda mais necessária (Silva et al., 2015).

Em meio a esta realidade percebe-se a necessidade de uma análise que possa contemplar os mais diversos critérios possíveis presentes em um ambiente complexo (Morin, 2014). Neste sentido uma das alternativas que tem sido aplicada com sucesso para análise de recursos hídricos no Brasil são 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, sendo ferramentas de suporte à decisão que fazem parte da escola francesa (Zuffo e Chaundhry, 2002; Morais e Almeida, 2006; Carvalho et al., 2011). Estes métodos procuram estabelecer uma estrutura de preferência entre as alternativas e os critérios que estão sendo avaliados. Brans et al. (1986) apresentaram o método Promethee como uma nova classe de métodos de sobreclassificação em análise multicritério, com vantagens como simplicidade, clareza e estabilidade. Para tal método Brans et al. (1986) consideraram seis tipos de função de preferência (método Promethee II), que são apresentadas na Figura 1.

A partir da Figura 1, alguns entendimentos são necessários para aprofundamento do método, seguindo a explicação de Braga e Gobetti (2002), o primeiro passo é entender que o método Promethee trabalha com uma comparação entre várias alternativas para definição de qual seria a melhor a partir de vários critérios observados. Neste sentido, para que o método escolha uma maneira de comparação, o ponto de partida é a definição de uma função de preferência; ou seja, conforme exemplo de Braga e Gobetti (2002), imagina-se que há uma necessidade entre a definição de se optar por dois projetos de hidrelétricas um dito “a” com custo R\$ 10.000.000,00 e outro dito “b” com custo R\$ 8.000.000,00, como o alvo é minimizar (MIN) o custo então o escolhido seria o projeto de menor valor, portanto o projeto “b” (o que está ilustrado na função Tipo 1 na Figura 1).

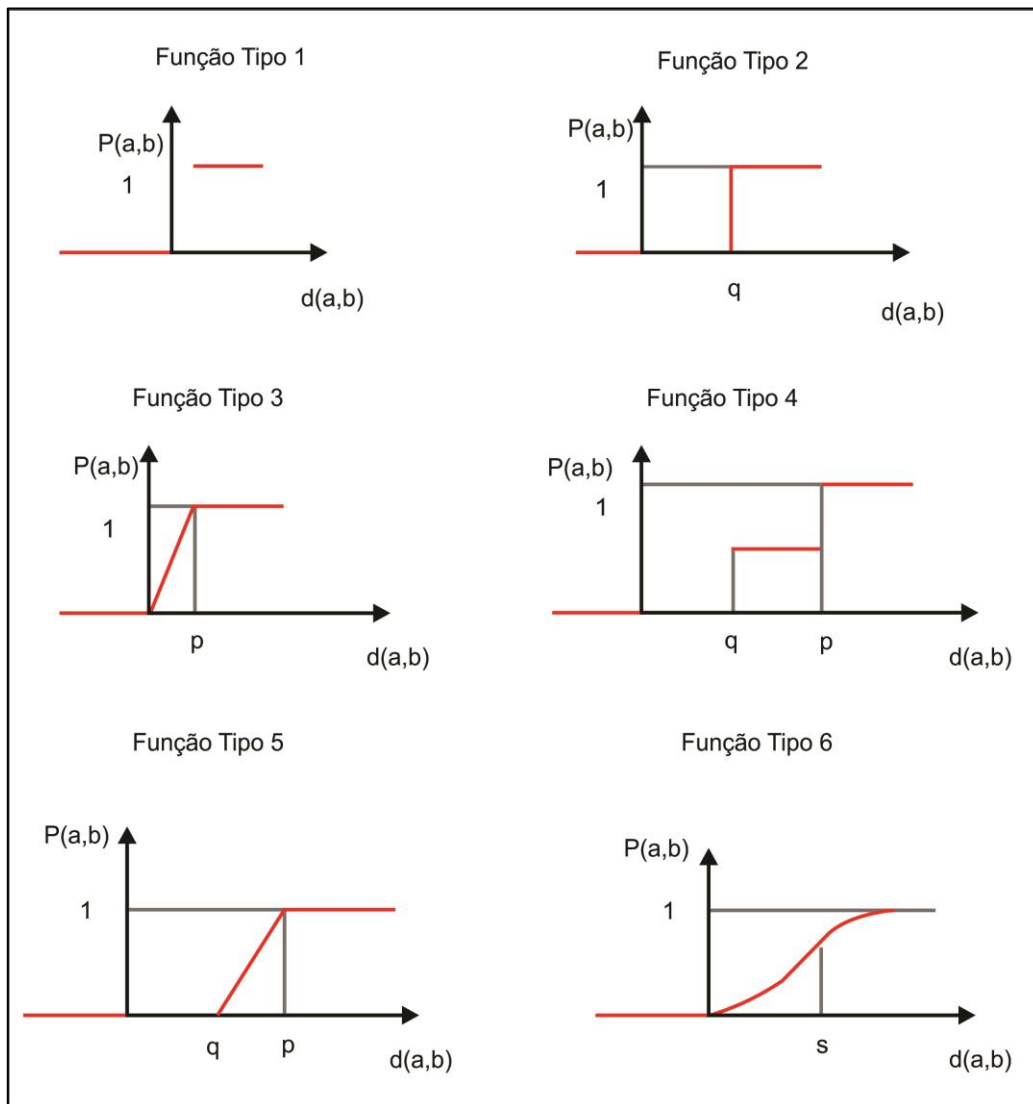


Figura 1. Funções de preferência – Promethee. **Fonte:** adaptado de Cavassin, 2004.

Existem, porém, alguns casos em que a comparação não é feita apenas por duas alternativas simples, como o exemplo apresentado, em que há uma variedade de centenas de alternativas para que se opte por escolher, sobretudo nestes casos é preciso ir além de uma simples escolha e optar por um critério mais profundo de análise e aí algumas funções de preferências são mais ajustadas para tal tarefa. Por exemplo, imagine que no caso indicado acima houvessem 50 projetos de hidrelétricas e que a diferença inicial de R\$ 5.000,00 fosse insignificante para a escolha de determinado projeto, aqui portanto, careceria de um valor inicial de indiferença (que na Figura 1 é representado pelas funções Tipos 2, 4 e 5); ou seja, para que tal resultado seja mais robusto é preciso que haja uma zona inicial de indiferença e só a partir dela seguir para a escolha da melhor alternativa.

Ainda explicando o método, imagine que houvesse certa subjetividade na escolha por determinada alternativa e neste sentido carecesse de uma função que permitisse que tal alternativa, embora fosse de certa forma mais preferível que outra, não fosse algo tão absoluto. Aqui seria necessária uma função que contemplasse a subjetividade, ou seja, tal alternativa (na Figura 1 a opção



estaria entre as funções 3, 5 e 6), estaria entre três funções, e a análise de que haja ou não uma zona de indiferença permitiria escolher por uma delas, caso haja, a função 5 seria a escolhida.

Portanto, observando ainda a Figura 1, no caso da função de preferência do Tipo 1, 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. Na função do Tipo 2, duas alternativas são indiferentes se a diferença entre suas avaliações não exceder o limiar de indiferença “q”, caso contrário, há preferência estrita (Cavassin, 2004). Para a função do Tipo 3, é definido o limiar de preferência estrita “p”. Se a diferença entre avaliações de duas alternativas for menor que “p”, a preferência aumenta linearmente; se essa diferença for maior que “p”, existe preferência estrita pela alternativa de melhor avaliação. A função do Tipo 4 utiliza os limiares de indiferença e preferência estrita, “p” e “q”, respectivamente. Se $d(a,b)$ estiver entre “q” e “p”, existe preferência fraca pela alternativa “a”, se $d(a,b)$ for menor que “q”, existe indiferença, e se for maior que “p”, há preferência estrita pela alternativa “a” (Cavassin, 2004). A função do Tipo 5 por sua vez é semelhante a 3 (todavia com uma zona de indiferença inicial, uma vez que “q” não está na origem) e a função do Tipo 6 é do tipo gaussiana.

Dada as vantagens de aplicação do método Promethee, percebe-se certa carência de aplicação do método especificamente em termos de gestão em contextos de considerável escassez. O presente artigo vem apresentar a análise e aplicação do método Promethee II como subsídio para gestão da sub-bacia em situação de escassez hídrica, de modo a indicar qual cidade deve ser privilegiada em termos de intervenção. Nestes termos a metodologia foi aplicada na sub-bacia hidrográfica do Rio Seridó - Rio Grande do Norte - Brasil, onde atualmente apresenta boa parte dos seus reservatórios em uma preocupante situação de escassez.

METODOLOGIA

Os procedimentos metodológicos adotados neste estudo consistiram em uma pesquisa documental e exploratória com uso da análise multicritério (Método Promethee II), um dos métodos da família francesa de apoio à decisão (Brans et. al, 1986). O método Promethee II foi escolhido por ser capaz de contribuir para a análise da problemática em questão da sustentabilidade hídrica (Morais e Almeida, 2006) e ser um método não compensatório, que favorece alternativas bem balanceadas.

A função de preferência do método Promethee II utilizada nesse estudo foi do Tipo 5, denominada de função critério de preferência linear com zona de indiferença, onde entre “q” e “p” a intensidade das preferências aumenta linearmente. Nestes termos a metodologia foi aplicada na sub-bacia hidrográfica do Rio Seridó – Rio Grande do Norte, onde atualmente apresenta boa parte dos seus reservatórios em uma preocupante situação de escassez (Agencia Nacional das Águas, 2014).

Para aplicação do método foram usados critérios que pudessem estar disponíveis e neste sentido oferecer uma resposta rápida para a gestão de recursos hídricos em situações de escassez. Nestes termos foram selecionados como critérios o PIB (Produto Interno Bruto), quantidade de recurso hídrico e a população residente (da sub-bacia). Uma vez selecionados os critérios foi elaborada uma análise a partir do uso do software Visual Promethee (Mareschal e De Smet, 2009). A seguir a apresentação das fontes dos dados (secundários) para aplicação do método.

Critério	Fonte	Data
----------	-------	------



Nível de reservatório ⁱ	Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte ⁱⁱ	Março/2015
População da sub-bacia	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística ⁱⁱⁱ	Março/2015
Produto interno bruto – PIB	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística ^{iv}	Março/2015

Tabela 1. Fonte de dados para aplicação do método.

RESULTADOS

A seguir a Tabela 2 apresenta a sequência de dados referentes à aplicação do método. Convém destacar que foi usado peso maior (2) para população, uma vez que no modelo de gestão de recursos hídricos no Brasil, em situações de escassez, a prioridade é para o consumo humano. Segue-se, neste sentido, pesos iguais (1) para os outros dois critérios.

CENÁRIO			
AVALIAÇÃO (cidades da sub-bacia)	Nível do reservatório (Açudes) ^v	População	Produto Interno Bruto per capita (R\$)
Currais Novos – Açude Dourados	1,00	42625	9762,38
Caicó – Açude Itans	2,00	62709	10973,99
Cruzeta – Açude Municipal	3,00	7967	8481,67
Acari – Açude Marechal Dutra	1,00	11035	7341,80
Parelhas – Açude Boqueirão	2,00	20354	7514,64
São José do Seridó – Açude Passagem das traíras	1,00	4231	8592,22
PREFERÊNCIAS	Nível do reservatório (Açudes)	População	Produto Interno Bruto per capita
Ativo	Sim	Sim	Sim
Min/Max	Min	Max	Max
Peso	1	2,00	1,00
Função de preferência	V (cinco)	V (cinco)	V (cinco)
Limites	Absolutos	Absolutos	Absolutos
q	1	1	1
p	2	2	2
s	3	3	3



RESULTADOS POR CRITÉRIO	Nível do reservatório (Açudes)	População	Produto Interno Bruto per capita
Currais Novos – Açude Dourados	0,6000	0,6000	0,6000
Caicó – Açude Itans	-0,4000	10,000	10,000
Cruzeta – Açude Municipal	-10,000	-0,6000	-0,2000
Acari – Açude Marechal Dutra	0,6000	-0,2000	-10,000
Parelhas – Açude Boqueirão	-0,4000	0,2000	-0,6000
São José do Seridó – Açude Passagem das traíras	0,6000	-10,000	0,2000
RESULTADOS FINAIS	Escore		
Currais Novos – Açude Dourados	0,6500		
Caicó – Açude Itans	0,6000		
Cruzeta – Açude Municipal	-0,1500		
Acari – Açude Marechal Dutra	-0,2000		
Parelhas – Açude Boqueirão	-0,3000		
São José do Seridó – Açude Passagem das traíras	-0,6000		

Tabela 2. Análise multicritério a partir de aplicação do Promethee II.

Perceba que o problema a ser resolvido (pela metodologia de análise multicritério Promethee) é a definição de em qual cidade presente na sub-bacia do Rio Seridó seria a opção de intervir com medidas mitigadoras voltadas para atenuar a problemática da escassez hídrica; ou seja, conforme observado nos dados hidrológicos e meteorológicos (AESA, 2015) para um determinado período houve uma seca considerável nas cidades da sub-bacia hidrográfica do Rio Seridó (2011-2015) e é necessário intervir com medidas voltadas para atenuar a problemática hídrica em tais cidades.

Tal situação de decisão não raro ocorre, por vezes, com o gestor público, sobretudo em países em desenvolvimento, uma vez que não há verba suficiente para intervenção em todas as cidades, gerando a necessidade de se optar por uma para intervir. Nestes termos a opção é escolher por uma das cidades para que tal intervenção ocorra e aqui entra a aplicação da metodologia de análise multicritério Promethee para fornecer uma resposta a este problema, indicando ao final do cálculo qual a cidade deve ser a prioridade para intervir. É interessante entender que como o alvo da metodologia é apenas a definição (rápida) de qual cidade intervir com medidas mitigadoras não é propósito da presente contribuição apresentar quais seriam as medidas tomadas na intervenção, ficando tal procedimento para contribuições posteriores. Aqui o problema é mais basilar, ou seja, apenas se define qual cidade seria escolhida para a intervenção.

Nestes termos para a definição de qual cidade se optaria para intervenção três critérios foram selecionados (nível do reservatório [da respectiva cidade], população e produto interno per capita) com vistas a contemplar o que seria o mínimo para uma determinada escolha racional (levando em consideração aspectos físicos, humanos e econômicos) (MORIN, 2014). Para o primeiro critério



“nível de reservatório” foi definido um valor conforme classificação da AESA (2015) de volumes de reservatório, em que volumes abaixo de 5% recebem o valor “1”, volumes entre 5% e 20% recebem “2” e volumes acima de 20% recebem o valor “3”. Uma vez aplicada a classificação da AESA (2015) os resultados foram Currais Novos – Açude Dourados (volume abaixo de 5% foi classificado como “1”), Caicó – Açude Itans (volume acima de 5% e abaixo de 20% foi classificado como “2”), Cruzeta – Açude Público (volume acima de 20% foi classificado como “3”), Acari – Açude Marechal Dutra (volume abaixo de 5% foi classificado como “1”), Parelhas – Açude Boqueirão (volume acima de 5% e abaixo de 20% foi classificado como “2”), São José do Seridó – Açude Passagem das traíras (volume abaixo de 5% foi classificado como “1”). O método define então nos menores volumes em reservatórios como prioridade para intervenção.

Um segundo critério para intervenção foi a população da cidade, e aqui diferentemente do critério anterior o que se procura é a cidade com maior população, haja vista sua escolha por intervir com medidas voltadas para atenuar a problemática da escassez, quanto mais pessoas dependentes daquele recurso hídrico, mais urgente a necessidade de intervenção. Neste segundo critério a cidade com maior população é Caicó (RN – Brasil), com mais de 60.000 habitante e caso o único critério fosse este, esta seria a escolhida para intervenção.

Por fim, o terceiro critério para intervenção foi o produto interno bruto per capita (PIB – per capita). Este critério é de natureza econômica e se justifica (embora com apelo menor que o segundo) devido à necessidade de se observar o prejuízo econômico do gestor ao priorizar determinada cidade (economicamente bem mais forte) do que outra de menor impacto. Neste, Caicó se destacou com mais de R\$ 10.000 de produto interno bruto per capita. Caso a observação fosse apenas este critério, a cidade de Caicó se destacaria em detrimento das outras.

Uma vez definidos os critérios, a etapa seguinte foi definir a função de preferência e a indicação dos pesos dos critérios (Parte de PREFERÊNCIAS na tabela 2). Para definição dos pesos dos critérios levou-se em consideração um peso maior “2” para a maior população uma vez que a legislação de recursos hídricos no Brasil (em situações de escassez) tem por prioridade o uso ligado ao consumo humano (BRASIL, 1997), e nestes termos foi definido peso maior para a maior população (no caso, peso 2) e para os outros dois critérios (nível de reservatório e PIB [per capita]) peso 1.

Definidos os pesos, a etapa seguinte foi a definição da função de preferência e neste sentido para todos os três critérios ficou definida a função Tipo 5, caracterizada por uma zona de indiferença inicial, seguida por uma zona de preferência (não absoluta), até uma preferência absoluta. Embora para os três critérios não houvesse um valor necessariamente de indiferença, nem mesmo de preferência não absoluta, a função neste caso se comporta praticamente como a função do Tipo 1, ou seja, quanto maior o valor da alternativa (ou menor, dependendo do critério), esta “vence” termos de prioridade frente a uma alternativa de menor valor (ou maior dependendo do critério).

A despeito da função Tipo 5, aqui se comporta de modo similar à função Tipo 1; a função Tipo 5 foi escolhida devido ao fato de neste artigo se optar por passar também um modelo para contribuições futuras e como a função Tipo 5 permite mais recursos que a função Tipo 1 (dentre os quais zona de indiferença e zona de preferência linear). Neste sentido, os parâmetros “q” (zona de indiferença), “p” (zona de início de preferência não absoluta) e “s” (zona de início de preferência absoluta) foram colocados todos como “1”, “2” e “3” respectivamente, significando, para efeito da comparação dos critérios de “nível de reservatório” (por exemplo), na comparação (dois a dois) até o valor de “1” a comparação é indiferente, de “2” até “3” (valores de “q” e “p”) temos uma zona de preferência (de não absoluta até absoluta); ora, uma comparação entre Currais Novos e Cruzeta (respectivamente “1” e “3”) a cidade de Currais Novos “vence” (de forma absoluta) uma vez que



abaixo de “1” é indiferente, valores intermediários de “1” a “3” (caso houvessem entre os dois, como 1,2 ou 2,7) haveria uma preferência (não absoluta) e a partir de “3” uma preferência absoluta. No caso presente (entre “1” e “3”) há uma preferência absoluta por Currais Novos “1” em detrimento a Cruzeta “3”.

Para os demais critérios (população e PIB per capita) a função Tipo 5 se transforma numa função Tipo 1, uma vez que os valores colocados de “q” e “p” não contemplam limites da comparação (haja visto, os valores de tais critérios são bem maiores que isto, tipo diferenças entre 42.625 <população de Currais Novos> e 62.709 <população de Caicó>).

Observando a Tabela 2, o passo final é a apresentação dos resultados por critério e o resultado final (em que o *software* Visual Promethee, considera a comparação com todos os critérios). No primeiro critério (nível do reservatório) a partir da análise do primeiro critério as cidades de Acari, Currais Novos e Cruzeta (todas do RN – Brasil) foram escolhidas para intervenção. No segundo critério (população) a cidade de Caicó (RN – Brasil) foi escolhida. No terceiro critério (PIB – per capita) a cidade de Caicó foi escolhida. Por fim, analisando todos os critérios juntos com base numa comparação par a par (dois a dois), a cidade escolhida para intervenção foi Caicó (RN – Brasil).

CONCLUSOES

O presente estudo oportunizou concluir que o método PROMETHEE II se mostrou eficaz na gestão de cidades para intervenção em contextos de escassez hídrica. Por observação dos resultados foram classificados, em ordem de prioridade para intervenção os municípios: Caicó (0,650), Currais Novos (0,600), Parelhas (-0,150), Acari (-0,200), São José do Seridó (-0,300) e Cruzeta (-0,600). Nestes termos (caso houvesse a opção por uma cidade em relação às demais) a cidade escolhida para intervenção seria Caicó (RN - Brasil).

O uso de critérios mais objetivos (produto interno bruto, população e quantidade de água no reservatório) permitiu um olhar mais prático quanto a problemática, possibilitando assim uma rápida coleta de dados para uso no método e a conseqüente possibilidade de intervenção a tempo.

REFERÊNCIAS

AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (2015). **Monitoramento**. 2015. Disponível em: <<http://site2.aesa.pb.gov.br/aesa/volumes/acudes.do?metodo=preparaltimosVolumesPorMunicipio>>. Acesso em 10 mar. de 2015.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Plano de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Piranhas-Açu**. 2014. Brasília, Brasil.

BRANS, J. P.; VINCKE, P. H.; MARESCHAL, B. **How to select and how to rank project: The PROMETHEE method**. 1986. European Journal of Operational Research. v. 24, pp. 228-238.

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



BRASIL. LEI Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e outros.** BRASÍLIA – DF. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm>. Acesso em: 03 ago. 2018.

BUYTAERT, W.; FRIESEN, Jan; LIEBE, Jens; LUDWIG, Ralf. **Assessment and Management of Water Resources in Developing, Semi-arid and Arid Regions.** **WATER RESOURCES MANAGEMENT:** v.26, n.4 (2012), pp. 841-844.

CARVALHO, José Ribamar Marques de; ARAÚJO CARVALHO, Enyedja Kerlly Martins de; CURI, Wilson Fadlo. **Avaliação da sustentabilidade ambiental de municípios Paraibanos: uma aplicação utilizando o método promethee II.** **GESTÃO & REGIONALIDADE:** v.27, n.80 (2011), pp. 71-84.

CAVASSIN, Sirlei Aparecida. **Uso de metodologias multicritério na avaliação de municípios do Paraná com base no índice de desenvolvimento humano municipal.** 132f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, 2004.

CIRILO, José Almir. **Políticas públicas de recursos hídricos para o semi-árido.** **ESTUDOS AVANÇADOS:** v.22, n.63 (2008), pp. 61-82.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e Estados do Brasil.** Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br>>. Acesso em: 18 mar. 2015.

KALBUS, Edda; KALBACHER, Thomas; KOLDITZ, Olaf; KRÜGER, Elisabeth; SEEGERT, Jörg; RÖSTEL, Gunda; TEUTSCH, Georg; BORCHARDT, Dietrich; KREBS, Peter. **Integrated Water Resources Management under different hydrological, climatic and socio-economic conditions.** **ENVIRONMENTAL EARTH SCIENCES:** v.65, n.5 (2012), pp. 1363-1366.

MARESCHAL, Bertrand; DE SMET, Yves. **Visual PROMETHEE: Developments of the PROMETHEE & GAIA multicriteria decision aid methods.** **IEEE International Conference on:** (2009), pp. 1646-1649.

MORAIS, Danielle Costa; ALMEIDA, Adiel Teixeira de. **Modelo de decisão em grupo para gerenciar perdas de água.** **PESQUISA OPERACIONAL:** v.26, n.3, (2006), pp. 567-584.

MORIN, Edgar. **Complex Thinking for a Complex World – About Reductionism, Disjunction and Systemism.** **SYSTEMA: Connecting Matter, Life, Culture and Technology:** v.2, n.1, (2014), pp. 14-22.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Situação Volumétrica – Todo o Estado.** SEMARH (Rio Grande do Norte). Disponível em: <<http://servicos.semarh.rn.gov.br/semarh/sistemadeinformacoes/consulta/cBaciaSitVolumetricaDetalle.asp?CodigoEstadual=00>>. Acesso em: 15 mar. 2015.



SILVA, A. C. S.; GALVÃO, C. O.; SILVA, G. N. S. **Droughts and governance impacts on water scarcity: an analysis in the Brazilian semi-arid.** Journal: Proceedings of the International Association of Hydrology: 369, (2015), pp. 129-134.

SILVA, Danilo Duarte Costa e; MATTOS, Arthur. **Diagnóstico socioeconômico e ambiental em microbacia hidrográfica localizada em um núcleo de desertificação.** CAMINHOS DE GEOGRAFIA: Uberlândia: v.14, n.45, (2013), pp. 45-53.

ZUFFO, Antonio Carlos; REIS, Luisa Fernanda Ribeiro; SANTOS, Rozely Ferreira dos; CHAUDHRY, Fazal Hussain. **Aplicação de Métodos Multicriteriais ao Planejamento de Recursos Hídricos.** REVISTA BRASILEIRA DE RECURSOS HÍDRICOS: v.7, n.1, (2002), pp. 81-102

ⁱ Com intuito de introduzir um critério quantitativo para o nível do reservatório adotou-se como base a escala da AESA (Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba) que faz uma divisão entre: reservatórios sangrando (classificado como 4), reservatórios com capacidade armazenada superior a 20% do seu volume total (classificado como 3), reservatórios em observação (menor que 20% do seu Volume Total) (classificado como 2), reservatórios em situação crítica (menor que 5% do seu Volume Total) (classificado como 1). Nestes termos tem-se a ordem de prioridade de intervenção do menor para o maior.

ⁱⁱ Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Norte (2015). Disponível em: <http://servicos.searh.rn.gov.br/semarh/sistemadeinformacoes/consulta/cBaciaSitVolumetrica_Detalhe.asp?CodigoEstadual=00>, acesso em 15 de mar. 2015.

ⁱⁱⁱ Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2015). Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>>, acesso em 18 mar. 2015.

^{iv} Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2015). Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>>, acesso em 18 mar. 2015.

^v Currais Novos – Açude Dourados (volume abaixo de 5% foi classificado como “1”), Caicó – Açude Itans (volume abaixo de 20% foi classificado como “2”), Cruzeta – Açude Público (volume acima de 20% foi classificado como “3”), Acari - Açude Marechal Dutra (volume abaixo de 5% foi classificado como “1”), Parelhas – Açude Boqueirão (volume abaixo de 20% foi classificado como “2”), São José do Seridó – Açude Passagem das traíras (volume abaixo de 5% foi classificado como “1”). Nível de prioridade de intervenção do menor para o maior, detalhes em nota de fim 4.