



ANÁLISE DA INTEGRAÇÃO AHP E DE BORDA NA ESCOLHA DA MELHOR FONTE ALTERNATIVA HÍDRICA

ANALYSIS OF INTEGRATION AHP AND RIM IN CHOOSING THE BEST ALTERNATIVE WATER SOURCE

José Maurício Fernandes Fariña^a; Roberto Guimarães Pereira^a

^a Universidade Federal Fluminense (UFF), Niterói, RJ, Brasil - LATEC

Resumo

Com o objetivo de escolher a melhor fonte alternativa hídrica para auxiliar na sustentabilidade hídrica de um Centro de Instrução, foi estudado qual seria o melhor método multicritério de apoio à decisão. Inicialmente foi aplicado o método AHP complementado pelo método De Borda, haja vista haver alternativas quantitativas e qualitativas, com aplicação de pesos, e ao final se buscar a ordenação das fontes alternativas. O resultado não considerava a vitória ou o insucesso na comparação entre as alternativas e não considera o quantitativo (quantun) em que uma alternativa se destacou ou teve insucesso em comparação com outra alternativa, e a comparação desse quantitativo (quantun) com cada um dos demais critérios. O trabalho aplicou como alternativa o afastamento da ordenação De Borda no caso concreto e o uso do método AHP em dois momentos, ou seja, na apuração dos pesos dos critérios e no próprio processo comparativo das alternativas com cada critério. Dessa forma o estudo conclui que o método AHP pode identificar com exatidão a melhor fonte alternativa hídrica e o ranking de todas as fontes para efeito de composição de um modelo de um sistema de múltiplas fontes alternativas de água.

Palavras-Chave: integração AHP e De Borda, método de escolha, Fontes Hídricas, Multicritérios, Fontes Alternativas.

Abstract

With the goal of choosing the best alternative water source to assist in water sustainability of a Training Centre, it was studied what would be the best method of multicriteria decision support. Initially we applied the AHP method complemented by De Borda method, considering that there are quantitative and qualitative alternatives, applying weights and end up seeking ordination of alternative sources. The result did not consider the victory or failure in comparing the alternatives, and does not consider the quantitative (quantun) an alternative that stood out or had failure compared with other alternative, and the comparison of that number (quantun) with each other criteria. The work applied as an alternative ordering the removal of the De Borda in this case and AHP method, on two occasions, namely, in the calculation of the weights of the criteria and the alternatives in comparative process itself with each criterion. Thus the study concludes that the AHP can identify with better accuracy the best alternative water source and the ranking of all sources for the purpose of composing a model of a system of multiple alternative sources of water.

Keywords: Integration AHP and Rim, method of choice, hydro sources, Multicriteria, Alternative Sources.

1. INTRODUÇÃO

A escolha da melhor fonte alternativa hídrica como auxílio na sustentabilidade de um centro de ensino militar prescinde da escolha do método decisório que possa atender às características peculiares dos critérios dessas escolhas, objetivando a melhor qualidade na escolha.

Foram quatro fontes alternativas hídricas apresentadas como solução: aproveitamento da água meteórica (pluvial), poço artesiano, reuso de água tratada residual e dessanilização por osmose reversa.

Os critérios a que essas fontes alternativas foram submetidas foram o custo, considerando instalação, operação e manutenção por cinco anos, custo de captação e custo de descarte das fontes alternativas, necessidade de utilização de área adicional para instalação da fonte, disponibilidade da fonte durante o ano, resíduos do processo de “produção” hídrica de cada fonte alternativa, energia necessária ao processo e necessidade de outorga do órgão ambiental.

Esses critérios reúnem dados quantitativos, como, por exemplo, o custo, que abrangeria a instalação, a operação e a manutenção de cada uma das fontes alternativas hídricas apresentadas; e dados qualitativos obtidos pelo decisor na



análise subjetiva e particular sobre o peso que cada critério comparativamente é mais importante que o outro.

Na escolha do método decisório, o estudo opta pelo método De Borda, utilizado em situações de multidecisor, em face da característica de ser um algoritmo essencialmente de ordenação, o que possibilitaria ordenar qual a melhor alternativa e um ranking em conjunto com o método AHP na solução de geração dos pesos relativos aos critérios, posto que a forma de apuração de pesos não pode ser encontrada no método De Borda.

E será a partir da aplicação em conjunto dos métodos multicritérios que o estudo verificará se atende à necessidade de representação de um modelo com critérios já definidos, os quais submeteram as fontes alternativas hídras com dados quantitativos e qualitativos, conseqüentemente, a um ambiente complexo de escolha.

Considerando a revisão bibliográfica, a análise qualitativa e quantitativa dos dados, com atribuição de pesos sobre os critérios a que as alternativas serão submetidas e análise matemática dos resultados, se pretende verificar se os métodos AHP e De Borda são capazes de conduzirem o processo de decisão com representação efetiva dos critérios sobre as alternativas.

Os métodos em conjunto devem considerar, para cada análise comparativa entre as alternativas, o quanto uma alternativa é melhor que a outra, ou seja, não bastando saber que uma alternativa hídrica é melhor que outra em um específico critério, mas quanto essa alternativa é melhor.

Saber o quanto a alternativa é melhor possibilita comparar, além do sucesso das fontes alternativas pelos critérios utilizados, também a medida de vitória e derrota em cada critério para cada fonte alternativa hídrica e, com isso, refletir no método decisório o quantitativo de ganho e perda em cada um dos critérios.

Se a utilização do método De Borda como variante do método AHP não lograr em atender ao propósito de conhecer o “ganho e perda” das fontes alternativas hídras em cada critério comparativo, o estudo deverá rever e sugerir mudanças na eleição do método ou métodos de escolha para decisões complexas.

O resultado pretendido será um modelo sistêmico mais próximo do estado arte do processo decisório, já que representará em um ambiente complexo, em que há parâmetros quantitativos e qualitativos dos critérios, com uso de pesos subjetivos do decisor final, o *quantum* uma alternativa foi mais ou menos vitoriosa que outra em cada critério.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Em artigo na Revista Gestão Industrial, GODOI (2014)

apresenta um método denominado como Julgamento Holístico visando auxiliar na construção da matriz de julgamentos paritários utilizada no método AHP. Há no trabalho transcrições de relatos de diversos autores sobre as dificuldades na realização dos julgamentos em pares. O método apresentado por GODOI (2014) propõe dar rapidez nos julgamentos paritários e reduzir a possibilidades de inconsistências de julgamentos.

O estudo realizado por MENDES (2014) teve como propósito de utilizar método multicritério para escolha do tipo de fornecimento de eletricidade para domicílio rural isolado, considerando quatro alternativas a partir de critérios quantitativos e qualitativos. O estudo aplicou o método AHP na modelagem do problema e selecionou a melhor fonte de fornecimento de energia e em seguida aplicou o método De Borda para o ranking das alternativas das fontes de fornecimento de energia.

O método multicritérios AHP tem aplicação diversificada, conforme apresentado no IX Congresso Nacional de Excelência em Gestão no artigo *Utilizando a Programação Multicritério (Analytic Hierarchy Process – AHP) na Priorização dos Fatores Críticos de Sucesso para Implantação de um Sistema de Manutenção de Ativos* (MOURA *et al.*, 2013).

Em estudo comparado, o método AHP é o que apresenta maior frequência na modelagem dos problemas, visto que 16 dos 32 dos artigos pesquisados adotam este método (COSTA, 2013).

Com a utilização de questionários na aplicação do método *Analytic Hierarchy Process* (AHP) ao gestor e aos estudantes de um curso preparatório, foram constatadas contradições sobre a valorização de atributos na escolha do melhor curso preparatório, demonstrando a necessidade de alinhamento entre os desejos e expectativas dos clientes e os recursos ofertados pela instituição gerida. (ANDRADE *et al.*, 2012).

O procedimento se mostrou de extrema relevância e de aplicação nas mais distintas situações, envolvendo a tomada de decisão e o planejamento da pequena empresa rural. Diversas foram as vantagens apresentadas; destaca-se, entre elas, a possibilidade de inclusão no processo de critérios cujas análises são subjetivas e dependem da opinião dos envolvidos no processo para a sua comparação com as demais. Logo, o método se mostrou eficiente e passível de ser utilizado, de modo a atender às diferentes necessidades das propriedades rurais de pequeno porte. (FERREIRA, 2013)

Proposto no período da Revolução Francesa, o método De Borda teve o objetivo da realização de votações em sistemas multidecisor, em face da característica de ser um algoritmo essencialmente de ordenação, embora seja utilizado com frequência para a solução de problemas de escolha. COSTA (2014) sugere que o método De Borda poderia ser utilizado em uma forma variante, com a integração com o método AHP, na solução de geração dos pesos relativos aos critérios,



posto que a forma de apuração de pesos não pode ser encontrada no método De Borda.

3. METODOLOGIA

Considerando a complexidade do processo, a necessidade de uso de pesos sobre os critérios de escolha e ser o resultado expresso em ranking, inicialmente, se aplicará a conjunção das características particulares dos métodos decisórios AHP e De Borda.

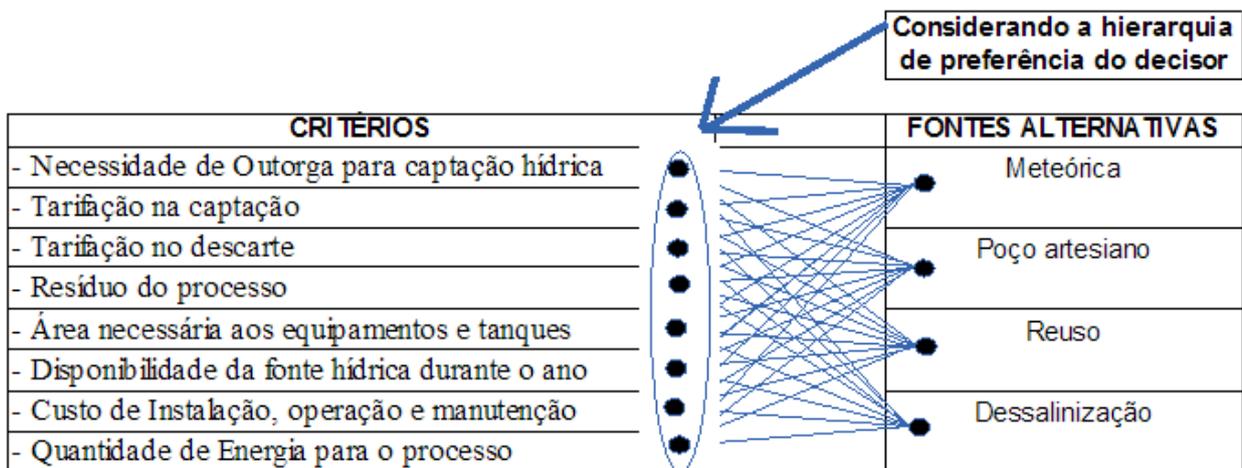
Na aplicação dos métodos em conjunto (AHP e De Borda) se conhecerá a melhor fonte alternativa, segundo

os critérios e dados quantitativos e qualitativos, sendo os resultados dispostos em forma de *ranking*.

O objetivo deste trabalho é verificar se o resultado do julgamento paritário entre as alternativas em cada critério é suficientemente claro para demonstrar a melhor fonte alternativa.

A hierarquia dos critérios decorre da resposta do decisor a um questionário em que a Escala de Saaty é utilizada para permitir a análise da coerência das respostas, conforme Tabela 1.

Tabela 1. Modelo hierárquico.



Adaptado pelos autores (2014), do modelo hierárquico do método AHP.

Na segunda fase, chamada de fase de avaliação, se analisa o tipo de problema que necessita ser decidido, ou seja, se é um problema de "escolha" de apenas uma das alternativas, se de "triagem" de boas alternativas, de "classificação" das melhores alternativas ou de "descrição" das alternativas e suas consequências.

Estruturado o modelo, se inicia a fase de avaliação com a comparação de todos os elementos da hierarquia e, conseqüentemente, a análise do desempenho de cada par de alternativas em relação aos critérios, conforme subsidiado pelo questionário ao Comandante do Centro de Instrução, onde houve a ponderação hierárquica do interesse sobre os critérios.

O processo de decisão se restringiu em avaliar valorativamente os critérios por meio de questionários ao Comandante do Centro de Instrução, em função do conhecimento e poder decisório.

Através das respostas, que têm um caráter meramente subjetivo, com base no conhecimento, opinião e interesse, foi possível identificar qual critério possui maior peso e qual possui menor peso, conforme a Tabela 2, com base nas alternativas e critérios previamente definidos, considerando as especificidades do Centro de Instrução.

O decisor não teve liberdade para acrescentar os critérios. Para responder os questionários, foi apresentada uma escala numérica de 1 a 9 (Escala Fundamental de Saaty) e seus recíprocos de 1 a 1/9, associada a uma escala verbal, ambas adotadas pelo AHP.

Também foi elaborado um exemplo de preenchimento dos quadros de avaliação no intuito de esclarecer todo o processo de avaliação das alternativas que consiste basicamente em responder perguntas da seguinte forma: "O critério C1 é quantas vezes melhor que o critério C2?". Por sua vez, as respostas a estas perguntas terão a forma:



“O critério C1 é x vezes melhor que o critério C2”, em que x varia de 1 a 9, ou “o critério C1 é 1/x vezes melhor que o critério C2”, o que equivale dizer que “o critério C1 é x vezes pior que o critério C2”.

A coerência do questionário foi avaliada com a verificação de 4 axiomas do método AHP. São eles (SAATY, 1986): i) comparação recíproca – o decisor deve ser capaz de fazer comparações e manifestar intensidade de suas preferências, sendo que estas devem satisfazer a condição de reciprocidade: se A é x vezes mais preferível que B. A afirmação: “a alternativa A é x vezes melhor que a alternativa B” também pode ser reescrita na forma: “a alternativa B é x vezes pior que a alternativa A”, logo, B é 1/x vezes mais preferível que A. Se isto não ocorre, a pergunta utilizada é confusa ou incorreta; ii) homogeneidade – as preferências são representadas por uma escala limitada. Este axioma, portanto, restringe o limite superior da escala. Na prática, o limite superior é igual a 9. Se o decisor não pode fornecer uma resposta, ou a pergunta não é significativa ou as

alternativas não são comparáveis; iii) independência – quando as preferências são declaradas, assume-se que os critérios são independentes das propriedades das fontes alternativas. Deste modo, os pesos dos critérios devem ser independentes das alternativas analisadas; iv) expectativa – para tomar uma decisão, supõe-se que a estrutura hierárquica seja completa. Se isto não ocorre, então o decisor não está usando todos os critérios avaliáveis ou necessários para encontrar suas expectativas racionais e, desta forma, a decisão está incompleta.

A importância relativa dos critérios para a decisão é determinada atribuindo-se um peso para cada critério.

Sua execução exige a seleção de um método para a realização das comparações e de uma escala adequada. Para o estudo de caso, optou-se pela Escala Fundamental de Saaty para comparação par a par. Esta escala é adotada pelo AHP por associar uma escala numérica a uma escala verbal, como mostra a Tabela 2.

Tabela 2 – Escala verbal e numérica adotada pelo método AHP.

Verbal AHP	Numérica AHP
Absolutamente melhor	9
Criticamente melhor	8
Muito fortemente melhor	7
Fortemente melhor	6
Definitivamente melhor	5
Moderadamente melhor	4
Fracamente melhor	3
Pobremente melhor	2
Igual	1
Pobremente pior	1/2
Fracamente pior	1/3
Moderadamente pior	1/4
Definitivamente pior	1/5
Fortemente pior	1/6
Muito fortemente pior	1/7
Criticamente pior	1/8
Absolutamente pior	1/9

Fonte: AHP/2014)

Aplicando-se a Escala Fundamental de Saaty para comparação dos critérios par a par, no qual o decisor associou uma escala numérica de 9 até 1/9 a uma escala verbal de absolutamente melhor até absolutamente pior,

se obteve a Tabela 3. Nessa tabela se apurou, através da média entre o somatório resultante das associações, o peso atribuído a cada critério.



Tabela 3. Hierarquização dos critérios.

Critério x Critério	Preferência entre os critérios								
	Outorga	§ Captação	§ Descarte	Resíduo	Área	Disponib.	Custo	Qde. Energia	PESO
Outorga	1	0,2	0,2	1	1	1	0,11	0,2	0,5
§ Captação	5	1	1	5	5	5	0,25	1	2,6
§ Descarte	5	1	1	5	5	5	0,25	1	2,6
Resíduo	1	0,2	0,2	1	1	1	0,11	0,2	0,5
Área	1	0,2	0,2	1	1	1	0,11	0,2	0,5
Disponibilidade	1	0,2	0,2	1	1	1	0,11	0,2	0,5
Custo	9	4	4	9	9	9	1	1	5,1
Qde de Energia	5	1	4	4	4	4	0,25	1	2,6

Fonte: elaborado pelos autores (2014), com base na aplicação do questionário ao Comandante do Centro de Instrução.

3.4 Apuração da melhor fonte alternativa: método De Borda

Considerando que o método AHP disponibilizou, através da Tabela 3, os pesos atribuídos aos critérios de escolha, o método De Borda será aplicado para fornecer o ranking das fontes alternativas hídricas.

Passos para a execução do método De Borda, (COSTA, 2014):

- Definição do objeto de estudo e caracterização das condicionantes gerais, que definem o domínio de validade para a solução encontrada;
- Especificação do foco principal ou objetivo geral que se espera atingir;
- Definir os elementos ou alternativas a serem ordenadas;
- Identificação do conjunto de critérios relevantes;
- Obter as avaliações ou julgamentos estabelecidos em cada critério, para cada uma das alternativas;
- Associar uma pontuação, número de ordem ou "score de *ranking*" a cada alternativa, considerando os julgamentos em cada critério;

- Atribuir pesos a cada um dos critérios;
- Para cada alternativa, efetuar a soma (ponderada pelos pesos dos critérios) dos números de ordem, obtendo um número de ordem global;
- Obter a ordenação final das alternativas, com base nos números de ordem globais.

O objeto do estudo e suas condições já foram considerados, sendo o objetivo principal a escolha da melhor fonte alternativa, a ordenação (*ranking*) dessas fontes.

A avaliação dos pesos foi realizada pelo Comandante do Centro de Instrução através do método AHP, e a avaliação das fontes através dos critérios observará o estudo realizado em cada fonte alternativa hídrica.

Considerando os critérios, sua hierarquização em pesos, a Tabela 4 mostra que a obtenção da melhor fonte alternativa hídrica decorre da análise das fontes comparativamente aos critérios, ou seja, se a fonte alternativa foi a melhor no critério, então o valor será 3; se foi a segunda melhor, o valor será 2; se foi a terceira melhor, 1; e se foi a última, não pontuará.

Tabela 4. Ranking das fontes alternativas.

FONTES ALTERNATIVAS	OUTORGA	§ CAPTAÇÃO	§ DESCARTE	RESÍDUO	ÁREA	DISPON.	CUSTO	QDE ENERGIA	resultado
METEÓRICA	3	3	2	3	1	2	0	3	25,3
POÇO ARTESIANO	2	2	2	3	3	3	3	3	39,0
REUSO	3	3	3	3	2	3	1	2	31,4
DESSANILIZAÇÃO	3	3	2	2	2	3	2	1	30,8
PESOS	0,5	2,6	2,6	0,5	0,5	0,5	5,1	2,6	126,5

Fonte: elaborado pelos autores (2014), aplicando a integração método De Borda com o método AHP.



O algoritmo aplicado pelo método De Borda considerou $n=3$, sendo aplicado 0 para o pior desempenho, 3 para o melhor desempenho, e os números 1 e 2 como intermediários.

Na interpretação da Tabela 4, pode-se obter a ordenação das fontes alternativas e as proporcionalidades destas no sistema hídrico alternativo, conforme a Tabela 5 e a Figura 1.

Tabela 5. Ranking das fontes alternativas.

RESULTADOS	FONTES	%	ORDENAÇÃO
39,0	POÇO ARTESIANO	31	1ª.
31,4	REUSO	25	2ª.
30,8	DESSANILIZAÇÃO	24	3ª.
25,3	METEÓRICA	20	4ª.

Fonte: elaborado pelos autores (2014), aplicando a integração do método De Borda com o método AHP.

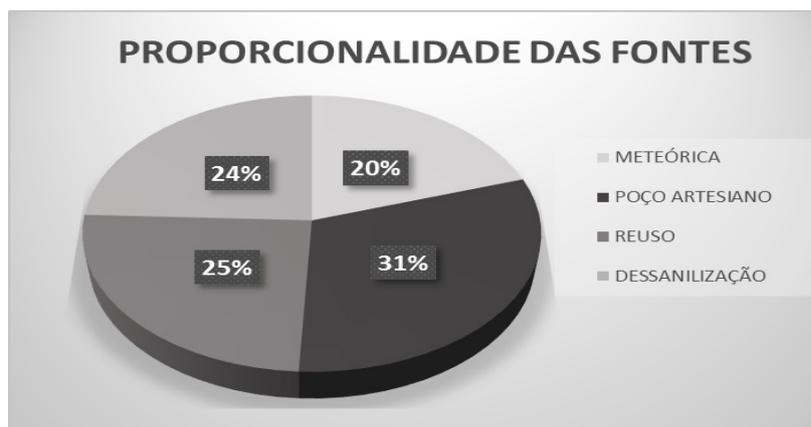


Figura 1 – Após a aplicação do Método AHP com o Método De Borda – Proporcionalidade das Fontes Alternativas Hídricas após a hierarquização e resultado em *ranking*.

Fonte: Elaborado pelos autores (2014)

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS: MELHOR FONTE E MISSÃO DO CENTRO DE ENSINO

4.1 Crítica ao uso do método De Borda

O resultado não diferenciou o quanto cada alternativa foi melhor do que a outra individualmente em cada critério, sendo proposto que se utilizasse novamente o AHP no processo de comparação das alternativas com cada critério individualmente, e assim se ter uma percepção de quanto cada alternativa se destacou ou teve mais insucesso em cada critério.

Logo a proposta é a utilização novamente do método AHP para se considerar na comparação das alternativas hídricas, através da Escala de Saaty, quanto cada uma se destacou ou teve insucesso sobre as demais alternativas, com base individualizada de cada critério.

Assim, pode-se, por exemplo, asseverar que o custo de uma fonte alternativa foi definitivamente melhor que

outra fonte alternativa ou apenas moderadamente melhor, resultando em uma análise quantitativa e qualitativamente melhor.

4.2 APURAÇÃO DA MELHOR FONTE ALTERNATIVA

4.2.1 Resumo das características dos critérios de escolha

O critério de outorga legal consiste na necessidade de ser iniciado um processo administrativo nos órgãos ambientais a fim de ser autorizada a lavra hídrica, sendo verificado pelo estudo que somente a fonte hídrica das águas subterrâneas prescinde de tal necessidade.

O critério de tarifa para captação hídrica decorre da obrigação legal de haver hidrômetro na captação para que haja posterior tarifação, sendo pesquisado que somente a fonte hídrica das águas subterrâneas possui essa tarifação.

O critério de tarifa para o descarte hídrico consiste em tarifar pelo uso das tubulações e serviço público de



tratamento do esgoto, sendo que somente a fonte hídrica decorrente do reuso não possui tal tarifação.

O critério de resíduo decorrente do processo de obtenção hídrica, que ocorrerá somente na fonte alternativa hídrica pela dessalinização por osmose reversa, implicará no constante monitoramento para não gerar um impacto ambiental importante, o que poderia inviabilizar o uso dessa fonte alternativa.

A área necessária à instalação das fontes alternativas hídricas, embora seja um dos critérios de escolha, não tem no Centro de Instrução muita relevância, por possuir grandes áreas sem uso, logo todas as fontes alternativas tiveram o mesmo grau.

A disponibilidade da fonte hídrica durante o ano não ocorre apenas no caso da fonte hídrica meteórica (pluvial), que necessitará de investimento de construção de reservatório que armazene os excedentes dos períodos de maiores chuvas para manter o sistema sempre abastecido dessa fonte hídrica; logo, também, nesse critério haverá igualdade de pontuação entre as demais fontes alternativas.

O custo sem energia foi apurado no estudo tendo sido obtido o custo por litro, sendo a fonte hídrica subterrânea a com o menor custo, equivalente a R\$0,00032 por litro,

seguido da fonte de água por dessalinização, com o valor de R\$ 0,0014 por litro, em sequência pela fonte alternativa de água residuais, no valor de R\$ 0,0031 por litro, e com o maior custo a fonte meteórica, equivalente R\$ 0,0041 por litro.

O critério custo da energia elétrica é expresso na quantidade necessária de energia para o processo de disponibilização hídrica de cada fonte alternativa, que, conforme a Tabela 7, iguala a fonte meteórica e o poço artesiano com a mesma necessidade de energia elétrica para seus processos, equivalente a 0,1 até 0,3 kW.h/m³, sendo a necessidade da fonte alternativa de água residuais de 1,2 até 1,5 kW.h/m³ e o consumo da fonte de água por dessalinização é em média de 2,3 até 4,0 kW. h/m³.

4.2.2 Apuração da melhor fonte alternativa hídrica

A melhor fonte alternativa deverá ser obtida com a aplicação da Escala de Saaty, considerando os dados qualitativos de cada fonte alternativa, conforme a Tabela 6, porém os critérios de Custo e Energia não observarão a Escala de Saaty, já que é possível se obter a proporcionalidade de vantagem ou desvantagem sobre as alternativas considerando as quantidades apuradas.

Tabela 6. Aplicação da Escala de Saaty sobre as alternativas considerando os critérios individualmente.

Outorga Legal	DADOS	METEÓRICA	POÇO ART.	REUSO	DESSAL.	resultado
METEÓRICA	sem outorga	1,00	9,00	1,00	1,00	3,0
POÇO ARTESIANO	com outorga	0,11	1,00	0,11	0,11	0,3
REUSO	sem outorga	1,00	9,00	1,00	1,00	3,0
DESSALINIZAÇÃO	sem outorga	1,00	9,00	1,00	1,00	3,0
§ Captação	DADOS	METEÓRICA	POÇO ART.	REUSO	DESSAL.	resultado
METEÓRICA	sem tarifação	1,00	9,00	1,00	1,00	3,0
POÇO ARTESIANO	com tarifação	0,11	1,00	0,11	0,11	0,3
REUSO	sem tarifação	1,00	9,00	1,00	1,00	3,0
DESSALINIZAÇÃO	sem tarifação	1,00	9,00	1,00	1,00	3,0
§ Descarte	DADOS	METEÓRICA	POÇO ART.	REUSO	DESSAL.	resultado
METEÓRICA	com tarifação	1,00	1,00	0,11	1,00	0,8
POÇO ARTESIANO	com tarifação	1,00	1,00	0,11	1,00	0,8
REUSO	sem tarifação	9,00	9,00	1,00	9,00	7,0
DESSALINIZAÇÃO	com tarifação	1,00	1,00	0,11	1,00	0,8
Resíduo	DADOS	METEÓRICA	POÇO ART.	REUSO	DESSAL.	resultado
METEÓRICA	médio	1,00	1,00	1,00	5,00	2,0
POÇO ARTESIANO	médio	1,00	1,00	1,00	5,00	2,0
REUSO	médio sem lodo	1,00	1,00	1,00	5,00	2,0
DESSALINIZAÇÃO	alto	0,20	0,20	0,20	1,00	0,4
Área	DADOS	METEÓRICA	POÇO ART.	REUSO	DESSAL.	resultado
METEÓRICA	média	1,00	0,50	0,50	0,50	0,6
POÇO ARTESIANO	igual	2,00	1,00	1,00	1,00	1,3
REUSO	igual	2,00	1,00	1,00	1,00	1,3
DESSALINIZAÇÃO	igual	2,00	1,00	1,00	1,00	1,3
Disponibilidade	DADOS	METEÓRICA	POÇO ART.	REUSO	DESSAL.	resultado
METEÓRICA	sazonal	1,00	0,14	0,14	0,14	0,4
POÇO ARTESIANO	sempre	7,00	1,00	1,00	1,00	2,5
REUSO	sempre	7,00	1,00	1,00	1,00	2,5
DESSALINIZAÇÃO	sempre	7,00	1,00	1,00	1,00	2,5

Fonte: elaborado pelos autores (2014), aplicando a Escala de Saaty sobre critérios qualitativos.



Desta forma foram obtidos como resultado o quanto uma alternativa é significativamente melhor ou pior em relação às demais em cada critério individualmente analisado.

Quanto aos critérios de Custo e Energia, por serem dados quantitativos, optou-se pela proporcionalidade para demonstrar o quanto uma alternativa era melhor ou pior em relação às demais alternativas, conforme a Tabela 7:

Tabela 7. Apuração da vantagem entre as alternativas nos critérios quantitativos.

Custo	DADOS	METEÓRICA	POÇO ART.	REUSO	DESSAL.	resultado
METEÓRICA	R\$ 390.275,00	1,00	0,18	0,54	1,49	0,8
POÇO ARTESIANO	R\$ 68.940,00	5,66	1,00	0,11	0,11	1,7
REUSO	R\$ 210.660,44	1,85	0,33	1,00	2,76	1,5
DESSALINIZAÇÃO	R\$ 581.378,00	0,67	0,12	0,36	1,00	0,5
Energia	média / kW.h/m ³	METEÓRICA	POÇO ART.	REUSO	DESSAL.	resultado
METEÓRICA	0,2	1,00	1,00	6,75	16,00	6,2
POÇO ARTESIANO	0,2	1,00	1,00	6,75	16,00	6,2
REUSO	1,35	0,15	0,15	1,00	2,37	0,9
DESSALINIZAÇÃO	3,2	0,06	0,06	0,42	1,00	0,4

Fonte: elaborado pelo autor, aplicando a proporcionalidade aritmética sobre os critérios quantitativos, em set/2014.

Com o método AHP sendo aplicado em duas rodadas sobre as alternativas, se considera as vantagens e desvantagens de cada uma sobre as demais em cada critério qualitativo e quantitativo individualmente, sendo, assim,

possível obter um modelo que permite afirmar com maior qualidade decisória qual a melhor fonte alternativa hídrica e o ranking de todas as alternativas que foram objeto da apuração, conforme a Tabela 8.

Tabela 8. Apuração da melhor fonte alternativa e o ranking das demais.

FONTES ALTERNATIVAS	OUTORGA	§ CAPTAÇÃO	§ DESCARTE	RESÍDUO	ÁREA	DISPON.	CUSTO	ENERGIA	resultado
METEÓRICA	3,0	3,0	0,8	2,0	0,6	0,4	0,8	6,2	33
POÇO ARTESIANO	0,3	0,3	0,8	2,0	1,3	2,5	1,7	6,2	31
REUSO	3,0	3,0	7,0	2,0	1,3	2,5	1,5	0,9	40
DESSALINIZAÇÃO	3,0	3,0	0,8	0,4	1,3	2,5	0,5	0,4	17
VALORAÇÃO DE PREFERÊNCIA	0,5	2,6	2,6	0,5	0,5	0,5	5,1	2,6	121,26

Fonte: elaborado pelo autor, aplicando os pesos dos critérios e as vantagens e desvantagens de cada alternativa, em set/2014.

4.3 O ranking entre as fontes alternativas

Considerando que a gestão dos recursos hídricos deve proporcionar o uso múltiplo das águas, conforme previsão no inciso IV do artigo 1º da Lei No. 9.433/97, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, foi apurado, com base nos dados da Tabela 8, a proporcionalidade

das fontes alternativas hídricas (Tabela 9 e Figura 2), que permite visualizar quanto uma fonte alternativa hídrica é proporcionalmente mais vantajosa que as demais, na medida da hierarquização destas segundo os critérios ponderados pelo próprio decisor, sendo observado na apuração o quanto cada alternativa foi melhor ou pior que as demais, através da dupla aplicação do método multicritério AHP.

Tabela 9. Ranking das fontes alternativas.

RESULTADOS	FONTES	%	ORDENAÇÃO
31	POÇO ARTESIANO	26	3ª.
40	REUSO	33	1ª.
17	DESSALINIZAÇÃO	14	4ª.
33	METEÓRICA	27	2ª.

Fonte: elaborado pelos autores (2014), aplicando a integração método De Borda com o método AHP.

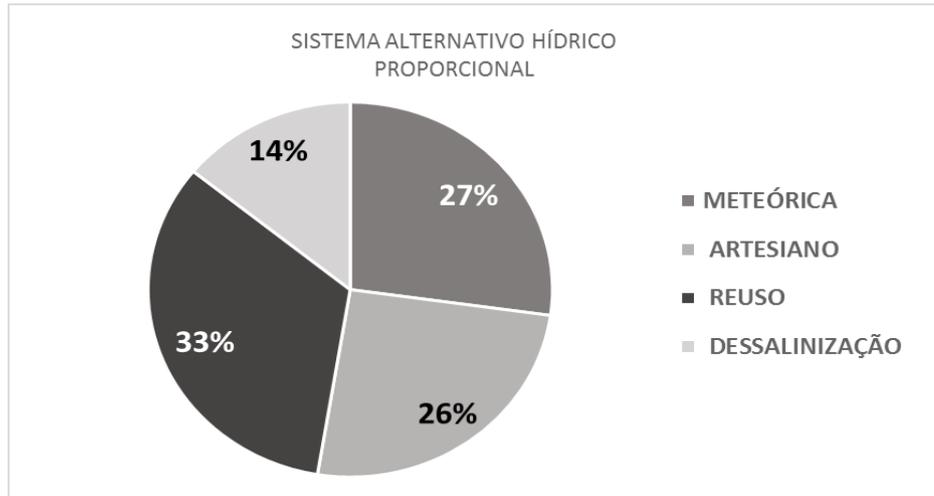


Figura 2 – Proporcionalidade das Fontes Alternativas Hídricas após a hierarquização e resultado em ranking. Fonte: Elaborado pelo autor, considerando o método AHP em duas rodadas, em set/2014.

Na repartição do orçamento para a disponibilidade da oferta de fontes alternativas hídricas que contribua na sustentabilidade do Centro de Instrução, observada a valoração de importância atribuída pelo Comandante do Centro, 33 % deve ser destinado para a água de Reuso, pois este é o percentual resultante do *Ranking* decorrente da comparação com as demais fontes alternativas de água. Da mesma forma, a fonte Meteórica (água das chuvas) tem 27%, a fonte dos Poços Artesianos tem 26% e, por último, a dessalinização por Osmose Reversa com 14%.

5. CONCLUSÃO

O estudo demonstrou que, se apenas fossem conjugados os métodos multicritérios de apoio da decisão AHP e De Borda, a decisão da melhor fonte alternativa hídrica para o Centro de Instrução que foi eleito como objeto do estudo teria considerado a melhor fonte alternativa o Poço Artesiano. Já com a consideração do quanto cada alternativa teve sucesso ou insucesso, foi possível melhorar o processo decisório que, no caso concreto, levou a fonte alternativa anteriormente vencedora para o terceiro lugar, e a fonte de água que passou a ser a que melhor corresponde quantitativamente e qualitativamente passou a ser a de Reuso. Logo, conclui-se que para o modelo de decisão de multicritérios em que haja entre as alternativas considerável divergência quantitativa e qualitativa, deve-se aplicar o método AHP em dois momentos. No primeiro, obtêm-se os pesos dos critérios comparando-se, par a par, e aplicando a Escala de Saaty à pessoa competente para ponderar de forma distributiva e coerente os critérios apresentados. Em um segundo momento, aplica-se novamente o método AHP para que as alternativas hídricas, novamente, se submetam à Escala de Saaty no que tange as informações qualitativas, e a proporcionalidade, referentes às informações quantitativas.

Na análise dos resultados das alternativas hídricas, demonstrou-se percentualmente as suas preponderâncias, sendo o modelo uma contribuição para a sustentabilidade hídrica, o qual poderá ser um instrumento de auxílio na utilização em outras realidades.

Sugestão de Pesquisas Futuras

Como continuidade ao presente trabalho, poderia se pesquisar sobre a validação dos critérios e alternativas escolhidas, considerando padrões praticados por segmentações sociais, econômicas e políticas. Tais validações poderiam ser as decorrentes das observâncias de critérios legais de escolha, como a Lei de Licitações, como os critérios que decorrem maior competitividade ou aqueles que atendam direta ou indiretamente as certificações internacionais de qualidade, meio ambiente e responsabilidade social.

Agradecimentos

O autor Roberto G. Pereira agradece ao CNPq pelo apoio financeiro.

6. REFERÊNCIAS

- Andrade, T. W. de C., Albuquerque, P. H. M. (2012), "Tomada de Decisão Usando o AHP para a Seleção de um Curso para Concurso Público", *TAC*, Rio de Janeiro, v. 2, n. 1, art. 2, pp. 19-32, Jan./Jun.
- BRASIL, (1997), 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, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal,



e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

COSTA, H. G., RODRIGUEZ, Dey Salvador Sanchez, CARMO, Luiz Felipe Roris Rodriguez Scavarda do (2013), "Métodos de auxílio multicritério à decisão aplicados a problemas de PCP: mapeamento da produção em periódicos publicados no Brasil", *Gestão & Produção*, Vol 20, nº. 1, São Carlos, Jan/Mar. *Print version* ISSN 0104-530X, disponível em (http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2013000100010) (Acesso em 27 de Abril de 2015).

COSTA, H. G. (2014), "De borda-AHP: Integrando os Métodos de Borda e AHP", Universidade Federal Fluminense, Niterói, *Relatórios de Pesquisa de Engenharia de Produção*, v. 14, n. C1, pp.1-10, artigo submetido em 10/11.2013, versão final recebida em 29/01/2014, publicado em 7/2/2014, disponível em www.producao.uff.br/index.php/2014 (Acesso em 29 de Abril de 2015).

FERREIRA, M. A. M., COSTA, C. C. de M. e OLIVEIRA, L. G. de (2013), "UTILIZAÇÃO DO MÉTODO MULTICRITÉRIO NO PROCESSO DE TOMADA DE DECISÃO NAS ORGANIZAÇÕES RURAIS DE PEQUENO PORTE", *Race – Revista de Administração, Contabilidade e Economia*, V.12, No.2, 2013, disponível em, <http://editora.unoesc.edu.br/index.php/race/article/view/2324>. (Acesso em 27 de Abril de 2015).

GODI, W. da C. (2014), "Método de Construção das Matrizes de Julgamento Paritários no AHP - Método do Julgamento Holístico", *Revista Gestão Industrial*, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, V. 10, n. 03, pp. 474-493, disponível em <https://periodicos.utfpr.edu.br/revistagi/article/viewFile/1970/1862>. (Acesso em 29/04/2015).

MARINS, Cristiano Souza; SOUZA, Daniela de Oliveira; BARROS, Magno da Silva. O Uso do Método de Análise Hierárquica (AHP) na tomada de decisões gerenciais – um estudo de caso. Artigo publicado XLI SBPO 2009 - Pesquisa Operacional na Gestão do Conhecimento, p. 1778-1788, disponível em www2.ic.uff.br/~emitacc/AMD/Artigo%204.pdf. (Acesso em 29 de Fevereiro de 2015),

MENDES, L. F. R. (2014), Análise multicritério para universalização dos serviços elétricos em domicílios rurais isolados da região Norte Fluminense, Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção, Universidade Candido Mendes – UCAM, Campos, Orientador: Milton Erthal Júnior, D.Sc., Artigo publicado na *Vértices*, Campos dos Goitacazes / RJ, v. 16, n.2, p. 247-252, maio/ago., disponível em <http://www.essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/vertices/article/viewFile/5014/3716> (Acesso em 29 de Abril de 2015).

MOURA, A. S. de; QUINTELLA, H.L.M.M e GUITTIERREZ, R.H. (2013), "Utilizando a Programação Multicritério (Analytic Hierarchy Process – AHP) na Priorização dos Fatores Críticos de Sucesso para Implantação de um Sistema de

Manutenção de Ativos", artigo apresentado no IX Congresso Nacional de Excelência em Gestão em junho de 2013, Niterói – RJ, disponível em http://www.excelenciaemgestao.org/Portals/2/documents/cneg9/anais/T13_0643_3792.pdf (Acesso em 09 de junho de 2015) .