

## Seleção de política de controle da água com análise hierárquica de processo

**Fernando José Araújo da Silva**  
fjas@unifor.br

**Raimundo Oliveira de Souza**  
rsouza@ufc.br

### Resumo

O controle da água constitui elemento essencial à gestão sustentável deste recurso ambiental. É necessário, porém, considerar cenários e metas racionais. Para que isto seja alcançado a política de controle requer uma articulação harmonizada de critérios que possuem certo teor de subjetividade. No presente estudo para o processo decisório de seleção de uma política de controle pode ser auxiliado pelo método AHP (Análise Hierárquica de Processo). O método AHP satisfaz às demandas da gestão pública, pois permite a operação quantitativa a partir de variáveis qualitativas. A viabilidade do método foi demonstrada a partir de uma abordagem didática, com elementos multicriteriais relevantes ao fortalecimento da política de controle quanti-qualitativo da água. AHP possibilitou a seleção de um Modelo de Política baseado em critérios técnicos de suporte.

**Palavras-chave:** *Gestão ambiental. Controle da água. Análise hierárquica de processo.*

### Abstract

The water control comprises an essential element aiming sustainable management of environmental resources. It is necessary, however, to consider sceneries and rational goals. In order to reach this objective the water control policy requests a harmonized articulation of criteria that possess certain subjectivity content. In the present paper the decision making process for the selection of a water control policy can be supported by AHP method (Analytic Hierarchic Process). The AHP satisfies the requirements of the public administration, since it allows quantitative operations based on qualitative variables. The viability of the method was demonstrated in didactic approach, taking into consideration relevant multicriteria in order to invigorate quanti-qualitative water control policies. The AHP made possible the selection of a particular Policy Model based technical basis.

**Keywords:** *Environmental management. Water control. Analytic hierarchic process.*

## 1 Introdução

Dentre os recursos ambientais a água é um dos principais alvos de preocupação da sociedade moderna, tanto em quantidade quanto em qualidade (BISWAS, 1997; VIEGAS, 2005). A idéia que afirma que a água deve ser trazida para onde é necessária tem uma longa história na sociedade ocidental. Tal percepção resultou no conceito emergente de hegemonia do desenvolvimento da água. Isto explica porque é freqüente na literatura (e.g. REBOUÇAS, 1999; SALATI, LEMOS e SALATI Jr., 1999; LUDQVIST e SANDSTRÖM, 2000) ressaltar-se o fato de que a quantidade de água doce existente no planeta requer distribuição adequada, para que os volumes alcancem os locais de demanda momento necessário (TURNER e DURBOURG, 1999). A idéia é bem representativa da cultura da água vigente, com visão associada a uma hierarquia de valores para usuários de água, de forma que alguns venham a ser mais merecedores que outros.

Na verdade a água será usada onde quer que esteja disponível, para atender às demandas potável, industrial, alimentar e sanitária de uma maneira geral. A visão antropocêntrica é bem aceita pela maioria dos atores sociais, e é também coerente com a tendência conservacionista do movimento ambientalista. Mesmo assim há conflito entre conservacionistas e preservacionistas. Os primeiros desejam proteger a água como recurso de uso humano, enquanto os outros intentam protegê-la do homem (HASSAN, 2003). É razoável, por outro lado, afirmar que a água está inserida entre os direitos fundamentais da pessoa humana. Trata-se, portanto, da visão hegemônica do homem sobre a natureza.

O fato é que ao longo do último século o consumo de água sextuplicou, com incremento de demanda duas vezes mais rápido que o observado para a população. Paralelo a isto, desigualdades na repartição da água e o processo de urbanização contribuíram para a construção de um cenário bastante preocupante (SADEQ, 1999; BECHARA, 2002; SIMONOVIC, 2002).

A história das civilizações está associada à água, principalmente no que tange o desenvolvimento agrônômico. Como parte do setor primário da economia das sociedades, as atividades agrônômicas sofrem de maneira mais drástica as conseqüências do excesso ou da escassez da água, constituindo atividade de risco elevado (VIEIRA, 2005). Ressalta-se, por outro lado, que em tempo presente o ambiente urbano concentra um contingente humano cada vez maior, surgindo aí uma concorrência crescente entre os diferentes tipos de consumidores.

Estima-se que a agricultura consuma cerca de 69% da água doce, a indústria 23% e a demanda doméstica responde por 8%. Tais números variam de acordo com o grau de desenvolvimento da sociedade e atividade consumidora dominante. No Brasil, por exemplo, a demanda por água exercida pela agricultura é de cerca de 56% (ANA, 2002). Em países mais desenvolvidos esta demanda pode chegar a 80% (EPA, 1992).

Usos sem abstração de volumes como na geração de energia elétrica, navegação fluvial, pesca, recreação e assimilação de esgotos também podem ser conflitantes com aqueles de consumo. A utilização da água pode ser de fim mais ou menos consuntivo, com perdas nível elevado, médio ou baixo. Neste contexto, SIMONOVIC (2002) destaca que o esforço dedicado à construção de um modelo global que leva em conta as interações dinâmicas entre características quantitativas e o uso de água ainda é limitado.

Sobre os efeitos das atividades humanas sobre as águas, destaca-se a poluição. Tanto as atividades agrônômicas e uso urbano (doméstico e industrial) provocam poluição orgânica, alterações tróficas, microbiana, química, bioquímica e física. Mesmo atividades, que em princípio não poluem, como geração de energia elétrica, podem provocar alteração no regime hidrológico dos mananciais naturais e, por conseqüência, na qualidade das águas. Grandes represas, com inundação de áreas com vegetação abundante, não apenas compromete a qualidade da água, mas também repercute sobre todo o meio ambiente, com impactos de longo prazo. Assim, sob a perspectiva da gestão ambiental deve-se considerar que os desafios estão distribuídos espacialmente e são dinâmicos (AZAR, HOLMBERG e LINDGREN, 1996; FEDRA, 1999, VIEGAS, 2005).

Por muito tempo interpretou-se a oferta de água como problema técnico, com soluções basicamente advindas da Engenharia e outras ligadas ao uso direto da água. Multiplicação de barragens, maior exploração de águas de substrato e técnicas avançadas de tratamento de águas de baixa qualidade pareciam ser a solução.

Os conflitos de demanda de água deixaram o viés tecnocrático e foram incorporados às ciências jurídicas e sociais, passando a compor a discussão dos chamados Direitos Difusos (MILLARÉ, 2001; SMANIO, 2004). A água passou a ser entendida como bem comum da sociedade, como principal componente do patrimônio ambiental e até mesmo como *commodity* da sustentabilidade social e ecológica (SIDA, 2000). Desta forma é exigida a regulação e a mediação de conflitos a partir de normas legais e aparato institucional (GRANZIELA, 2003; SALES, 2004).

## 2 Importância do controle na gestão da água

Nas normas legais que tratam da tutela do ambiente a expressão “controle” está freqüentemente associada ao conceito de repressão. Por outro lado, dificuldades na plenitude do exercício democrático ocorridas em algumas nações em desenvolvimento colaboraram para a desconstrução dos sistemas de controle técnico e de repressão, prejudicando a cultura de planejamento tão necessária ao avanço sócio-econômico. É importante que a cultura técnica seja a principal baliza para controle dos recursos hídricos. Ao mesmo tempo deve-se evitar a sobreposição de sistemas de controle a partir da definição de gestão de águas como instrumento mais efetivo.

O estabelecimento de uma política de gestão eficiente para controle da água depende da harmonização de diferentes ações. Em visão mais abrangente é claro que há várias interfaces com outros setores das políticas públicas. Ressalte-se ainda que a gestão de águas é uma componente da gestão ambiental. Assim, o tratamento da gestão de águas dissociado da gestão ambiental como um todo pode resultar em lacunas que os gestores públicos têm dificuldade de perceber. Isto ocorre em razão da água ser um bem de fácil identificação como desenvolvimento social, mas enquanto parte do meio ambiente assume muitas vezes uma figuração lúdica, com alta subjetividade quanto à valoração.

Como as demais áreas de políticas institucionais a gestão enquanto ação de controle requer tratamento específico. O controle ambiental e de águas tem sua premência limitada pelo expressivo volume de recursos exigidos. A compartimentalização dos custos é fundamental para apurar os resultados de modelos de políticas vigentes. Entretanto, a percepção de valores não é de fácil mensuração, de maneira que a perspectiva econômico-financeira sofre elevado grau de subjetivação.

O controle deve refletir o nível de falhas (i.e. eficiência) de uma política e está associado ao fato de que a valoração do meio ambiente é um dos aspectos mais críticos de todo o processo de decisão dos gestores públicos (FERREIRA, 2003). A necessidade de estabelecer valor monetário às ações traz incertezas, às quais os gestores não estão acostumados. Tais incertezas advêm do desconhecimento dos métodos empregados, e não de restrições aos métodos empregados.

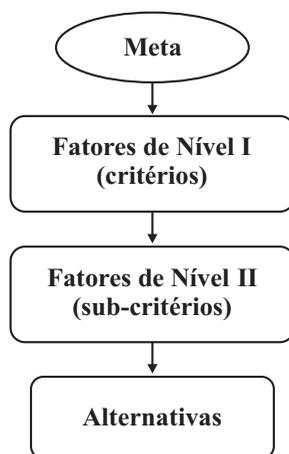
Há situações em que os benefícios de uma ação são percebidos sem serem, entretanto, necessariamente mensuráveis em termos monetários. Por outro lado, benefícios concretos, com mensuração monetária possível são restritos e não podem ser generalizados. Pode-se afirmar ainda que, ao se estudar meio ambiente e ecologia, não se obtêm resultados de curto prazo e há que se entender a complexidade das variáveis envolvidas (VALENTIN, 2000). Os processos de avaliação e mensuração propostos podem diferenciar de acordo com as políticas e os gestores, assim como os resultados obtidos.

A operacionalização de decisões para avaliação da efetividade da política de gestão no controle da água é multicriterial, de maneira que diferentes aspectos são abordados simultaneamente. A inserção de variáveis ambientais mostra que o processo de decisão deve considerar atributos multicriteriais, sob pena de não se contemplar caracteres relevantes para o processo decisório (STEIGUER, DUBERSTEIN e LOPES, 2003). Caso isto ocorra, as ações serão inadequadas e os resultados pífios. A análise multicriterial é uma abordagem poderosa na tomada de decisões, empregada em diversas áreas do conhecimento, envolvendo, muitas vezes, decisões financeiras associadas a atributos não-financeiros (SAATY, 1980).

As variáveis a serem envolvidas no processo decisório devem ser escolhidas e os pesos de contribuição de cada variável computado. A importância relativa das classes pertencentes a cada variável tem que ser considerada. As decisões envolvem aspectos qualitativos, de maneira que é necessário decidir o quão melhor ou pior é um atributo em relação a outro (HÄMÄLÄINEN e SALO, 1997). Neste contexto, a Análise Hierárquica de Processo - AHP (do inglês *Analytic Hierarchy Process*) surge como método simples que pode ser empregado na avaliação da gestão sustentável da água com ênfase sobre o controle. A AHP é uma ferramenta de suporte à decisão que procura diminuir a subjetividade e permitir análise quantitativa durante processo. Através da AHP é possível considerar que atributos qualitativos, e, portanto, subjetivos, sejam operacionalizados através de características numéricas (SAATY, 1986).

### 3 Descrição didática da AHP

A AHP é uma teoria com base matemática que permite organizar e avaliar a importância relativa entre critérios e medir a consistência de julgamentos. Desta forma é possível comparar práticas e alternativas de políticas pré-estabelecidas. A tomada de decisão exige, porém, o entendimento elementar da hierarquia do processo decisório, conforme representado na Figura 1.



**Figura 1:** Representação do processo decisório hierárquico.

**Fonte:** HONGRE (2006).

A AHP baseia-se na ponderação ativa de atributos qualificadores e toma como base a importância relativa de cada um entre si. O processo simplifica o estudo de sistemas intrincados com comparações seqüenciadas de pares de componentes adequadamente identificados (VILA e BECCUE, 1995; HONGRE, 2006).

Em estudos ambientais a AHP pode hierarquizar opiniões subjetivas sobre categorias e direcionadores de valor. A partir disto é possível um tratamento quantitativo que conduza a uma estimativa numérica da importância relativa de cada um dos direcionadores. As prioridades entre os critérios são estabelecidas conforme uma escala de dominância relativa, que resulta num sistema hierárquico dos atributos considerados para os diferentes critérios pré-estabelecidos.

Segundo SAATY (1980) apesar de existir diferenças entre os estímulos para definição de valores a percepção destes pelo individuo obedece a uma escala linear. Há ainda um limite de cunho psicológico em que o indivíduo humano julga corretamente entre 5 e 9 pontos para distinguir tais diferenças (GOMES, ARAYA e CARIGNANO, 2004). A escala fundamental da AHP é mostrada na Tabela 1.

**Tabela 1:** Escala da Análise Hierárquica de Processo na comparação de pares de variáveis (Escala fundamental de SAATY).

Escala	Importância entre as variáveis comparadas
1	Igual importância entre as variáveis
3	Importância pequena de uma sobre a outra
5	Importância grande ou essencial
7	Importância muito grande ou demonstrada
9	Importância absoluta de uma sobre a outra
2, 4, 6, 8	Valores intermediários de importância

Uma decisão a ser tomada pelo gestor pode considerar vários critérios e sub-critérios em diferentes níveis, já mostrado na Figura 1. A **Matriz 1** a seguir considera 6 (n) critérios (A a F). A importância relativa entre os critérios é considerada conforme a escala de SAATY (tabela anterior). Quando um critério qualquer é comparado consigo mesmo a razão será igual a 1. Isto divide a matriz acima e abaixo da diagonal formada por pares de critérios iguais e de razão unitária. Abaixo da diagonal de valor unitário, as razões atribuídas aos demais pares de critérios devem ser pré-estabelecidas conforme o entendimento e a experiência do gestor. Acima da diagonal as posições dos pares são preenchidas pelos valores recíprocos pré-definidos inicialmente. Deve-se determinar ainda o somatório dos valores constantes em cada coluna da matriz.

**Matriz 1**

Critérios	A	B	C	D	E	F
A	1	a12 <sup>-1</sup>	a13 <sup>-1</sup>	a14 <sup>-1</sup>	a15 <sup>-1</sup>	a16 <sup>-1</sup>
B	a12	1	a23 <sup>-1</sup>	a24 <sup>-1</sup>	a25 <sup>-1</sup>	a26 <sup>-1</sup>
C	a13	a23	1	a34 <sup>-1</sup>	a35 <sup>-1</sup>	a36 <sup>-1</sup>
D	a14	a24	a34	1	a45 <sup>-1</sup>	a46 <sup>-1</sup>
E	a15	a25	a35	a45	1	a56 <sup>-1</sup>
F	a16	a26	a36	a46	a56	1
<b>Soma</b>	Σ col 1	Σ col 2	Σ col 3	Σ col 4	Σ col 5	Σ col 6

Após a definição da matriz comparativa de critérios é necessário determinar o vetor de normalização, com pesos para os diferentes critérios. Este é obtido pela divisão de cada valor dos critérios mostrados nas colunas, pelo respectivo somatório destas individualmente. A **Matriz 2** representa a normalização da matriz inicial.

**Matriz 2**

Critérios	A	B	C	D	E	F
A	1/Σ col 1	a12 <sup>-1</sup> /Σ col 2	a13 <sup>-1</sup> /Σ col 3	a14 <sup>-1</sup> /Σ col 4	a15 <sup>-1</sup> /Σ col 5	a16 <sup>-1</sup> /Σ col 6
B	a12/Σ col 1	1/Σ col 2	a23 <sup>-1</sup> /Σ col 3	a24 <sup>-1</sup> /Σ col 4	a25 <sup>-1</sup> /Σ col 5	a26 <sup>-1</sup> /Σ col 6
C	a13/Σ col 1	a23/Σ col 2	1/Σ col 3	a34 <sup>-1</sup> /Σ col 4	a35 <sup>-1</sup> /Σ col 5	a36 <sup>-1</sup> /Σ col 6
D	a14/Σ col 1	a24/Σ col 2	a34/Σ col 3	1/Σ col 4	a45 <sup>-1</sup> /Σ col 5	a46 <sup>-1</sup> /Σ col 6
E	a15/Σ col 1	a25/Σ col 2	a35/Σ col 3	a45/Σ col 4	1/Σ col 5	a56 <sup>-1</sup> /Σ col 6
F	a16/Σ col 1	a26/Σ col 2	a36/Σ col 3	a46/Σ col 4	a56/Σ col 5	1/Σ col 6
<b>Soma</b>	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

A normalização de cada critério permite o cálculo do peso individual destes (priorização de critérios). Calcula-se a média dos valores dispostos em cada linha da **Matriz 2** para obtenção dos pesos (W) dos critérios. A média dos pesos de cada critério formará uma matriz de 1 x n e o somatório da coluna será igual a 1 (Tabela 2).

**Tabela 2:** Cálculo da matriz de pesos dos critérios (matriz de priorização ou vetor de priorização).

Critérios	Peso (W)
A	W 1 = (AA + AB + AC + AD + AE + AF)/n
B	W 2 = (BA + BB + BC + BD + BE + BF)/n
C	W3 = (CA + CB + CC + CD + CE + CF)/n
D	W4 = (DA + DB + DC + DD + DE + DF)/n
E	W5 = (EA + EB + EC + ED + EE + EF)/n
F	W6 = (FA + FB + FC + FD + FE + FF)/n

Inconsistência no julgamento de critérios pré-estabelecidos é freqüente, de maneira que a matriz de comparação pareada de critérios (**Matriz 1**) deve ter sua consistência verificada. Inicialmente, multiplica-se a matriz de critérios pela matriz de priorização mostrada pela Tabela 2 e representada pela **Matriz 3**. A nova matriz resultante (**Matriz 4**) permite o cálculo de λmax. (Equação 1) cujo valor deve ser próximo de n.

Matriz 1						Matriz 3		Matriz 4	
1	a12 <sup>-1</sup>	a13 <sup>-1</sup>	a14 <sup>-1</sup>	a15 <sup>-1</sup>	a16 <sup>-1</sup>	x	W1	=	Y1
a12	1	a23 <sup>-1</sup>	a24 <sup>-1</sup>	a25 <sup>-1</sup>	a26 <sup>-1</sup>		W2		Y2
a13	a23	1	a34 <sup>-1</sup>	a35 <sup>-1</sup>	a36 <sup>-1</sup>		W3		Y3
a14	a24	a34	1	a45 <sup>-1</sup>	a46 <sup>-1</sup>		W4		Y4
a15	a25	a35	a45	1	a56 <sup>-1</sup>		W5		Y5
a16	a26	a36	a46	a56	1		W6		Y6

O cálculo de λmax é dado por:

$$\lambda_{\max} = \frac{\sum_{i=1}^n Y1/W1}{n} \tag{1}$$

Em razão da normalização definida anteriormente o somatório dos elementos componentes da coluna da **Matriz 4** deve ser também próximo de n, para que seja admitida a consistência da matriz de critérios. O próximo passo é o cálculo do Índice de Consistência (IC), que é dado por:

$$IC = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \tag{2}$$

A inconsistência da matriz de critérios pareados é determinada pela comparação de IC com o Índice de Consistência Randômico (IR), que corresponde à máxima inconsistência. Os valores de IR calculados para matrizes de diferentes tamanhos são mostrados na Tabela 3, empregando-se o valor correspondente à matriz pré-definida. A razão entre IC e IR deve ser ≤ 0,1 que corresponde a no máximo 10% de inconsistência do tomador de decisão para analisar o tema com raciocínio lógico.

**Tabela 3:** Valores de IR para matrizes de diferentes tamanhos

Dimensão da matriz (n)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Índice de consistência randômica (IR)	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Fonte: CHUI, ELKAMEL e FOWLER (2005).

Uma vez verificada a consistência da matriz de critérios esta estará suficientemente ajustada para realizar análise desejada. O mesmo procedimento é aplicado aos sub-critérios, de acordo com a complexidade do processo.

#### 4 Aplicação demonstrativa da AHP no controle quanti-qualitativo da água

Os gestores públicos tentam aprimorar o desempenho e a efetividade da política ambiental. Como parte do processo democrático, o foco das políticas é alterado em função da participação de diferentes grupos político-partidários que ascendem ao poder. Ao final de cada ciclo anual de governo é ideal que se faça uma análise das práticas empreendidas que deram maior ênfase a um conjunto de critérios que nortearam as ações, em detrimento de outros considerados menos importantes.

Com base na declaração acima, considera-se a meta de gestão sustentável da água com base em critérios de controle. Para que isto seja alcançado é necessário que se disponha de um aparato legal e institucional, de um programa de controle quantitativo e de um programa de controle qualitativo, que constituem os critérios principais da AHP. Estes ficariam associados a pelo menos 3 Modelos de Políticas (MPs) propostas.

Cada critério tem sub-critérios que possuem maior ou menor atenção dentro de diferentes Modelos de Políticas a serem empregados para alcançar a meta preconizada. O modelo hierárquico é representado abaixo.

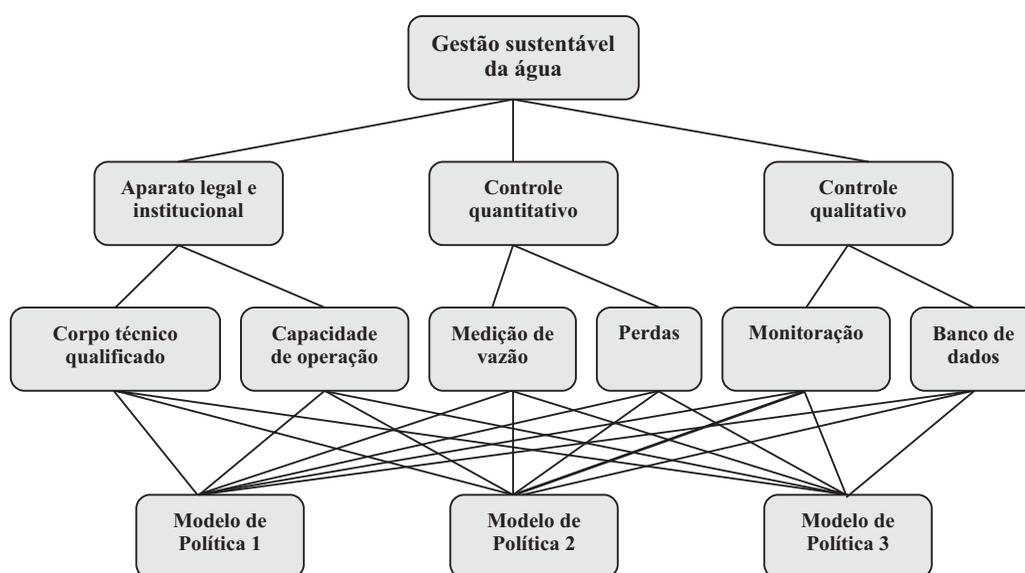


Figura 2: Modelo hierárquico de gestão sustentável da água baseado em critérios de controle sujeitos à aplicação da AHP.

#### 5 Resultados e discussão

Observa-se a tabela a seguir como representativa da matriz de critérios. A comparação pareada considerou que o critério **Banco de dados** tem importância maior sobre os demais. Evitou-se utilizar valores extremos, para que, em princípio, todos os critérios fossem relevantes.

Tabela 4: Comparação pareada de critérios.

<i>Crítérios</i>	<i>Corpo técnico qualificado</i>	<i>Capacidade de operação</i>	<i>Medição de vazão</i>	<i>Perdas</i>	<i>Monitoração</i>	<i>Banco de dados</i>
<b>Corpo técnico qualificado</b>	<b>1</b>	1,0000	1,0000	4,0000	1,0000	0,5000
<b>Capacidade de operação</b>	1,0000	<b>1</b>	2,0000	4,0000	1,0000	0,5000
<b>Medição de vazão</b>	1,0000	0,5000	<b>1</b>	5,0000	3,0003	0,5000
<b>Perdas</b>	0,2500	0,2500	0,2000	<b>1</b>	0,3333	0,3333
<b>Monitoração</b>	1,0000	1,0000	0,3333	3,0000	<b>1</b>	0,3333
<b>Banco de dados</b>	2,0000	2,0000	2,0000	3,0000	3,0000	<b>1</b>
<b>Soma</b>	<b>6,2500</b>	<b>5,7500</b>	<b>6,5333</b>	<b>20,0000</b>	<b>9,3336</b>	<b>3,1667</b>

A Tabela 5 mostra a normalização da matriz representada na tabela anterior. Na Tabela 6 é mostrada a média da normalização de cada critério, representado a matriz de priorização de critérios. A priorização mostra a seguinte seqüência de importância: **Banco de dados > Medição de vazão > Capacidade de operação > Corpo técnico qualificado > Monitoração > Perdas**.

**Tabela 5:** Normalização dos pesos dos critérios da comparação pareada.

<i>Critérios</i>	<i>Corpo técnico qualificado</i>	<i>Capacidade de operação</i>	<i>Medição de vazão</i>	<i>Perdas</i>	<i>Monitoração</i>	<i>Banco de dados</i>
<b>Corpo técnico qualificado</b>	0,1600	0,1739	0,1531	0,2000	0,1071	0,1579
<b>Capacidade de operação</b>	0,1600	0,1739	0,3061	0,2000	0,1071	0,1579
<b>Medição de vazão</b>	0,1600	0,0870	0,1531	0,2500	0,3215	0,1579
<b>Perdas</b>	0,0400	0,0435	0,0306	0,0500	0,0357	0,1053
<b>Monitoração</b>	0,1600	0,1739	0,0510	0,1500	0,1071	0,1053
<b>Banco de dados</b>	0,3200	0,3478	0,3061	0,1500	0,3214	0,3158
<b>Soma</b>	<b>1,0000</b>	<b>1,0000</b>	<b>1,0000</b>	<b>1,0000</b>	<b>1,0000</b>	<b>1,0000</b>

**Tabela 6:** Priorização de critérios

<i>Critérios</i>	<i>Peso (W)</i>
Corpo técnico qualificado	0,1587
Capacidade de operação	0,1842
Medição de vazão	0,1882
Perdas	0,0508
Monitoração	0,1246
Banco de dados	0,2935
<b>Soma</b>	<b>1,0000</b>

O produto da matriz pareada de critérios (Tabela 4) com a matriz auxiliar de normalização do vetor de priorização (Tabela 6) são mostrados abaixo. O somatório de Y foi próximo de 6 e ratificado pelo valor médio de Y/W. Sugere-se então que a matriz de critérios estabelecida inicialmente é consistente. O resultado de IC foi de 0,0705 e razão IC/IR igual a 0,0568. Sendo consistente a análise prosseguirá. Caso a matriz fosse inconsistente os critérios de ponderações dos pesos dos critérios utilizados deveriam ser revisados até a determinação de uma matriz considerada consistente.

**Tabela 7:** Produtos matriciais para verificação da máxima inconsistência da matriz de critérios.

<i>Critérios</i>	<i>Y</i>	<i>Y/W</i>
Corpo técnico qualificado	1,0058	6,3388
Capacidade de operação	1,1940	6,4828
Medição de vazão	1,2137	6,4479
Perdas	0,3136	6,1671
Monitoração	0,7805	6,2664
Banco de dados	1,8819	6,4113
<b>Operação</b>	<b>Soma = 6,3894</b>	<b>Média = 6,3524</b>

Os critérios já avaliados foram então confrontados nos Modelos de Políticas (MP1, MP1 e MP3). Isto permitiu a comparação das alternativas sobre cada critério. Busca-se assim determinar o quão bem cada Modelo de Política satisfaz ou considera o impacto de cada critério. Repete-se então o procedimento matemático já mostrado. A Tabela 8 sumariza as matrizes pareadas de cada critério em relação a cada Modelo de Política. A tabela contém ainda a normalização da matriz.

**Tabela 8:** Comparação pareada de critérios e normalização dos pesos dos critérios da comparação pareada, considerando alternativas de Modelos de Políticas de controle da água.

Modelo de Política	Comparação pareada de critérios			z		
	MP1	MP2	MP3	MP1	MP2	MP3
<b>Corpo técnico</b>						
MP1	1	2,0000	1,0000	0,4000	0,5000	0,3333
MP2	0,5000	1	1,0000	0,2000	0,2500	0,3333
MP3	1,0000	1,0000	1	0,4000	0,2500	0,3333
<b>Soma</b>	<b>2,5000</b>	<b>4,0000</b>	<b>3,0000</b>	<b>1,0000</b>	<b>1,0000</b>	<b>1,0000</b>
<b>Capacidade de operação</b>						
MP1	1	0,2500	0,5000	0,1429	0,1579	0,1111
MP2	4,0000	1	3,0000	0,5714	0,6316	0,6667
MP3	2,0000	0,3333	1	0,2857	0,2105	0,2222
<b>Soma</b>	<b>7,0000</b>	<b>1,5833</b>	<b>4,5003</b>	<b>1,0000</b>	<b>1,0000</b>	<b>1,0000</b>
<b>Medição de vazão</b>						
MP1	1	0,5000	0,3333	0,1667	0,2000	0,1429
MP2	2,0000	1	1,0000	0,3333	0,4000	0,4286
MP3	3,0000	1,0000	1	0,5000	0,4000	0,4286
<b>Soma</b>	<b>6,0000</b>	<b>2,5000</b>	<b>2,3333</b>	<b>1,0000</b>	<b>1,0000</b>	<b>1,0000</b>
<b>Perdas</b>						
MP1	1	0,3333	2,0000	0,2222	0,2174	0,2500
MP2	3,0000	1	5,0000	0,6667	0,6522	0,6250
MP3	0,5000	0,2000	1	0,1111	0,1304	0,1250
<b>Soma</b>	<b>4,5000</b>	<b>1,5333</b>	<b>8,0000</b>	<b>1,0000</b>	<b>1,0000</b>	<b>1,0000</b>
<b>Monitoração</b>						
MP1	1	0,3333	0,5000	0,1667	0,1818	0,1429
MP2	3,0000	1	2,0000	0,5000	0,5455	0,5714
MP3	2,0000	0,5000	1	0,3333	0,2727	0,2857
<b>Soma</b>	<b>6,0000</b>	<b>1,8333</b>	<b>3,5000</b>	<b>1,0000</b>	<b>1,0000</b>	<b>1,0000</b>
<b>Banco de dados</b>						
MP1	1	0,2000	0,1250	0,0714	0,0625	0,0769
MP2	5,0000	1	0,5000	0,3571	0,3125	0,3077
MP3	8,0000	2,0000	1	0,5714	0,6250	0,6154
<b>Soma</b>	<b>14,0000</b>	<b>3,2000</b>	<b>1,6250</b>	<b>1,0000</b>	<b>1,0000</b>	<b>1,0000</b>

Na Tabela 9 é mostrada a análise de consistência das matrizes pareadas de cada critério em relação aos Modelos de Políticas. No pareamento dos Modelos de Política a matriz construída teve **n** igual a 3, com IR de 0,58, apresentado na Tabela 3.

**Tabela 9:** Produtos matriciais para verificação da consistência das matrizes referentes aos Modelos de Políticas em relação a cada critério.

<i>Critério</i>	<i>Y</i>	<i>Y/W</i>	<i>Consistência</i>
<b>Corpo técnico qualificado</b>	1,2611	3,0676	IC = 0,0268 IC/RC = 0,0462
	0,7944	3,0426	
	1,0000	3,0508	
	3,0556	$\lambda_{max.} = 3,0537$	
<b>Capacidade de operação</b>	0,4128	3,0071	IC = 0,0092 IC/RI = 0,0158
	1,8909	3,0340	
	0,7218	3,0140	
	3,0255	$\lambda_{max.} = 3,0183$	
<b>Medição de vazão</b>	0,5111	3,0093	IC = 0,0092 IC/IR = 0,0158
	1,1698	3,0205	
	1,3397	3,0251	
	3,0206	$\lambda_{max.} = 3,0183$	
<b>Perdas</b>	0,6902	3,0026	IC = 0,0018 IC/RI = 0,0032
	1,9485	3,0071	
	0,3667	3,0013	
	3,0054	$\lambda_{max.} = 3,0037$	
<b>Monitoração</b>	0,4921	3,0044	IC = 0,0046 IC/RI = 0,0079
	1,6248	3,0147	
	0,8943	3,0085	
	3,0112	$\lambda_{max.} = 3,0092$	
<b>Banco de dados</b>	0,2109	3,0011	IC = 0,0028 IC/RI = 0,0048
	0,9792	3,0056	
	1,8178	3,0099	
	3,0079	$\lambda_{max.} = 3,0055$	

Todos os Modelos de Políticas destacaram individualmente algum critério específico. Para saber qual deles atende de maneira mais abrangente aos requisitos estipulados para a melhor gestão do controle da água é necessário definir uma matriz de priorização dos Modelos de Políticas em relação aos critérios de controle. Para tanto, sumariza-se o peso dos critérios com o peso dos atributos analisados em cada Modelo de Política. Na demonstração aqui apresentada a AHP mostra que o Modelo de Política 2 (MP2) é a melhor alternativa, conforme a Tabela 10. A pontuação mais alta (*score*) indica que o MP2 atende à maior quantidade de requisitos, definidos na matriz de priorização inicial.

**Tabela 10:** Resumo da matriz de priorização decisória.

<i>Crítérios</i>	<i>Pesos (w)</i>	<i>Modelo de Política</i>		
		<b>MP1</b>	<b>MP2</b>	<b>MP3</b>
<b>Corpo técnico qualificado</b>	0,1587	0,4111	0,2611	0,3278
<b>Capacidade de operação</b>	0,1842	0,1373	0,6232	0,2395
<b>Medição de vazão</b>	0,1882	0,1698	0,3873	0,4429
<b>Perdas</b>	0,0508	0,2299	0,6479	0,1222
<b>Monitoração</b>	0,1246	0,1638	0,5390	0,2973
<b>Banco de dados</b>	<b>0,2935</b>	0,0703	0,3258	0,6039
<b>Soma</b>	1,0000	1,1822	<b>2,7843</b>	2,0335

## 6 Conclusões

O desafio da água enquanto patrimônio ambiental exige a consideração de cenários e metas racionais. A definição de planos de longo prazo e que sejam reavaliados com frequência é coerente com a idéia de uma política de uso conservativo.

Os instrumentos de controle da água estão disponíveis no país, apesar de distribuição desigual de recursos para viabilizá-los. Entretanto, o aparato legal é inócuo sem a estruturação dos entes de controle. Seja no ambiente natural ou construído é preciso fazer uma melhor articulação entre instituições e políticas, sejam públicas ou privadas.

O mero investimento monetário não garante a continuidade e a eficiência de um programa de controle da água. A cultura de controle quanti-qualitativo ainda é fraca e precisa ser alavancada. Para o gestor público o entendimento das reais demandas de controle da água exige conhecimento técnico vertical, de maneira que esta base de decisão tente excluir interferências subjetivas de qualidade inferior. No universo político-gerencial nem sempre tal conhecimento está presente.

O processo decisório aplicado ao controle da água pode ser melhorado com emprego do método AHP (Análise Hierárquica de Processo). O método AHP satisfaz às demandas da gestão pública, principalmente por permitir a operação quantitativa a partir de variáveis qualitativas. Para estruturar decisões ambientais com emprego da AHP é necessário o estabelecimento de um relativo número de julgamentos. Portanto, a aplicação do método depende do conhecimento individual do gestor e de sua capacidade de refletir sobre os diferentes critérios considerados na análise. A partir de uma abordagem demonstrou-se que a AHP possibilita a seleção de um Modelo de Política baseado em critérios técnicos de suporte ao controle da água. O exemplo mostrou a importância da aplicação de análise multicriterial, sendo a AHP uma ferramenta efetiva.

## Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. *A evolução da gestão dos recursos hídricos no Brasil*. Brasília, DF, 2002. 64 p.
- AZAR, C.; HOLMBERG, J.; LINDGREN, K. Socio-ecological indicators for sustainability. *Ecological Economics*, Amsterdam, v. 18, n. 2, p. 89-112, 1996.
- BECHARA, E. A ocupação irregular dos mananciais poderá levar à escassez de água? *Revista de Direitos Difusos*, São Paulo, v. 3, n. 16, p. 2117-2126, nov./dez. 2002.
- BISWAS, A. K. Water development and environment. In: BISWAS, A. K. (Ed.). *Water resources: environmental planning, management and development*. New York: McGraw-Hill, 1997. p. 1-35.
- CHUI, F.; ELKAMEL, A.; FOWLER, M. Analytic hierarchy process and life cycle analysis for the assessment of hydrogen production pathways. In: INTERNATIONAL HYDROGEN ENERGY CONGRESS AND EXHIBITION, 2005, Istanbul. *Proceedings....* Istanbul: IHEC, 2005. p. 13-15.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Guidelines for water reuse, EPA/625/R-92/004*. Washington, 1992. 247 p.
- FEDRA, K. Urban environment management monitoring, GIS, and modeling. *Computer, Environment and Urban Systems*, London, v. 23, n. 1, p. 443-457, 1999.
- FERREIRA, A. C. *Contabilidade ambiental*. São Paulo: Atlas, 2003. 297 p.
- GOMES, L. F.; ARAYA, M. C.; CARIGNANO, C. *Tomada de decisões em cenários complexos*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004. 412 p.
- GRANZIELA, M. L. M. *Direito de águas: disciplina jurídica de águas doces*. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2003. 249 p.
- HÄMÄLÄINEN, R. P.; SALO, A. A. Rejoinder: the issue of understanding the weights. *Journal of Multicriteria Analysis*, Amsterdam, v. 6, n. 3, p. 340-343, 1997.
- HASSAN, F. A. Water for peace: a cultural strategy. In: *History and future of shared water resources: technical documents in hydrology*. Washington, DC: UNESCO. IHP. WWAP, 2003. 189 p. p. 1-20. (CP Series number 6).
- HONGRE, L. Identifying the most promising business model by using the analytic hierarchy process approach. In: WORLD GAS CONFERENCE, 23., 2006, Amsterdam. *Proceedings...* Amsterdam: AHP, 2006.
- LUDQVIST, J.; SANDSTRÖM, K. *Most worthwhile use of water: efficiency, equity, ecological sound use: pre-requisites for 21<sup>st</sup> century management*. Stockholm: Swedish International Development Cooperation Agency/Department of Natural Resources and Environment, 2000. 27 p. (Publications on Water Resources, n. 7).
- MILARÉ, E. *Direito do ambiente: doutrina, prática, jurisprudência, glossário*. 2. ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2001. 783 p.

- REBOUÇAS, A. C. Águas subterrâneas. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Org.). *Águas doces do Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. São Paulo: Escrituras, 1999. p. 117-151.
- SAATY, T. L. *The analytic hierarchy process: planning, priority setting, resource allocation*. New York: McGraw-Hill, 1980. 479 p.
- SAATY, T. L. Axiomatic foundation of the analytic hierarchy process. *Management Science*, Amsterdam, v. 32, n. 7, p. 841-855, 1986.
- SADEQ, H. T. A demanda aumenta a oferta diminui. *O correio da UNESCO*, Rio de Janeiro, v. 27, n. 4, p. 18-21, 1999.
- SALATI, E.; LEMOS, H.; SALATI JUNIOR, E. Água e o desenvolvimento sustentável. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. *Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. São Paulo: Escrituras, 1999. p. 237-293.
- SALES, L. M. M. *Justiça e mediação de conflitos*. Belo Horizonte: Del Rey, 2004. 334 p.
- SIMONOVIC, S. P. World water dynamics: global modeling of water resources. *Journal of Environmental Management*, Amsterdam, v. 66, n. 2, p. 249-267, 2002.
- SMANIO, G. P. *Interesses difusos e coletivos*. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2004. 149 p. (Série Fundamentos Jurídicos).
- STEIGUER, J. E.; DUBERSTEIN, J.; LOPES, V. The analytic hierarchy process as a means for integrated watershed management. In: INTERAGENCY CONFERENCE ON RESEARCH IN THE WATERSHEDS, 1., 2003, Benson. *Proceedings....* Benson: ASCE, 2003. p. 736-740.
- SWEDISH INTERNATIONAL DEVELOPMENT COOPERATION AGENCY. *A gender perspective in the water resources management Sector*. Stockholm: Department of Natural Resources and Environment, 2000. 38 p. (Publications on Water Resources, n. 36).
- TURNER, R. K.; DUBOURG, W. R. *Water resources scarcity: an economic perspective*. Washington: CSERGE, 1999. p. 93-106. (Working Paper PA).
- VALENTIN, J. L. *Ecologia numérica: uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos*. Rio de Janeiro: Interciência, 2000. 117 p.
- VIEGAS, E. C. *Visão jurídica da água*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2005. 152 p.
- VIEIRA, V. P. P. B. *Análise de risco em recursos hídricos: fundamentos e aplicações*. Porto Alegre: ABRH, 2005. 361p. (Coleção ABRH 10).
- VILA, J.; BECCUE, B. Effect of visualization on the decision maker when using analytic hierarchy process. In: ANNUAL HAWAII INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEM SCIENCES, 28., 1995, Honolulu. *Proceedings...* Honolulu: HICSS, 1995. p. 992-1001.

## SOBRE OS AUTORES

### **Fernando José Araújo da Silva**

Engenheiro Civil pela Universidade de Fortaleza – UNIFOR. Mestre em Engenharia Civil, área de Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal da Paraíba. Professor Adjunto do Centro de Ciências Tecnológicas da UNIFOR. Doutorando do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – DEHA, na Universidade Federal do Ceará – UFC, desde março de 2006.

### **Raimundo Oliveira de Souza**

Engenheiro Civil. Doutor pela Universidade de São Paulo – USP. Professor Titular do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - DEHA da Universidade Federal do Ceará – UFC.