

Avaliação por Múltiplos Critérios e Decisores de Alternativas de Gerenciamento da Demanda de Água

Cybelle Frazão Costa Braga, Márcia Maria Rios Ribeiro

Universidade Federal de Campina Grande – UFCG – Campina Grande - PB

cybellefrazao@yahoo.com.br, mm-ribeiro@uol.com.br

Recebido: 30/04/03 revisado: 10/10/03 aprovado: 25/01/06

RESUMO

Este artigo propõe uma metodologia de avaliação, via análise multicriterial e multidecisória, de alternativas de gerenciamento da demanda urbana de água. A opinião dos decisores é obtida através de entrevistas, onde cada decisor avalia a alternativa de gerenciamento da demanda sob cinco critérios e expressa seu grau de preferência quanto à implementação desta através do que se denominou de “avaliação global”. Os critérios e a avaliação global foram expressos em categorias lingüísticas inspiradas na Lógica Difusa, nas quais o decisor enquadra sua avaliação, ponderando-a ou não. A análise das avaliações permite identificar o perfil de comportamento dos decisores frente às alternativas, com a escolha da(s) alternativa(s) mais desejável(s) para implantação. No sentido de exemplificar a metodologia proposta, apresenta-se sua aplicação ao chamado “caso Campina Grande – PB”.

Palavras-chave: análise multiobjetivo, tomada de decisão, demanda urbana de água

GERENCIAMENTO DA DEMANDA DE ÁGUA E ANÁLISE MULTICRITERIAL

No passado, os problemas de oferta de água eram resolvidos com a sua simples expansão, hoje cada vez menos viável, visto que as melhores fontes de oferta já estão sendo exploradas e os custos marginais de novas fontes estão cada vez mais caros financeira, econômica e ambientalmente. Devido aos elevados custos envolvidos no aproveitamento de novas fontes, uma grande parte da demanda futura de água deverá ser atendida pela redução dos desperdícios e pela maior eficiência dos usos atuais. A conservação da água, portanto, tornou-se uma importante opção de aumento de oferta de água (Guy e Marvin, 1996; Billing e Jones, 1996).

O gerenciamento da demanda de água consiste em medidas, práticas ou incentivos que produzam um uso eficiente da água pela sociedade, através da redução do consumo final do usuário e modificação de hábitos de consumo, sem prejudicar os atributos de higiene e conforto dos sistemas originais (Silva et al, 1999; U.S. Environmental Protection Agency, 1998).

As alternativas de gerenciamento de demanda, porém, apresentam dificuldades na sua avaliação devido às suas implicações técnicas, sócio-econômicas, ambientais e políticas, as quais não podem ser quantificadas completamente. Dentre tais dificuldades, destaca-se a forma de considerar critérios quantificáveis e não quantificáveis em um único arcabouço de avaliação, com seus vários níveis de satisfação.

A análise por múltiplos critérios, em geral denominada de multicriterial ou multiobjetivo, permite levar em consideração, simultaneamente, objetivos social, econômico, ambiental e político. Na análise multicriterial, a melhor solução do conflito será aquela de melhor compromisso, ou seja, aquela que melhor atenda aos objetivos em conjunto. Quando a análise multicriterial considera também os múltiplos decisores envolvidos no processo ela é denominada de “modelo de resolução de conflitos” (Fang et al, 1993).

Neste artigo apresenta-se metodologia que possibilita avaliar por múltiplos critérios e decisores alternativas de gerenciamento da demanda urbana

de água. Uma aplicação ao chamado “caso Campina Grande-PB” é discutida.

PROPOSTA METODOLÓGICA DE AVALIAÇÃO POR MÚLTIPLOS CRITÉRIOS E DECISORES

A avaliação multicriterial e multidecisória aqui apresentada segue as etapas discutidas a seguir.

Identificação e caracterização do conflito de recursos hídricos - Esta etapa refere-se à escolha do problema a que a metodologia será aplicada. É uma fase comum a qualquer tipo de análise, onde o analista procura caracterizar e contextualizar o conflito de recursos hídricos a ser analisado com dados e informações. No caso desta pesquisa, o conflito considerado é a escolha de alternativas de gerenciamento da demanda urbana de água.

Definição dos participantes do processo de gerenciamento - A avaliação das alternativas de gerenciamento da demanda de água se dará pelos chamados participantes do processo de gerenciamento ou decisores, através de entrevistas. Os integrantes do grupo decisor são escolhidos atendendo aos preceitos da Lei nº 9.433/97 de gestão participativa e descentralizada com a participação do Poder Público, Usuários de Água e Sociedade Civil, e às características do conflito a ser analisado.

Objetivos e critérios de avaliação - Os critérios de avaliação das alternativas representam a especificação dos objetivos em características e qualidades, em medidas adequadas de desempenho das soluções de planejamento. Na análise multicriterial, há uma comparação de cada alternativa com todas as demais, com estabelecimento de uma hierarquia que aponta o conjunto das soluções de maior atratividade e a escolha da solução de melhor compromisso e, ainda melhor, a solução mais adequada, em termos de melhor atendimento do conjunto dos objetivos e sob os critérios fixados para a análise. Para expressar estes objetivos pode-se considerar como critérios, entre outros: custos; impacto social, ambiental, econômico; viabilidade técnica, operacional, legal, política; eficiência na redução de consumo; aceitabilidade da população; redução de carga de poluição hídrica; confiabilidade e sustentabilidade.

Como a metodologia proposta admite critérios quantitativos e qualitativos e alguns

critérios possuem um alto grau de subjetividade, eles podem ser representados através de variáveis lingüísticas (categorias fixas), inspiradas na Lógica Difusa (Zadeh, 1973), como por exemplo baixa, alta, inviável, desejável. Esta forma de categorização permite captar aspectos favoráveis e desfavoráveis de cada critério. A Lógica Difusa – *Fuzzy Logic* é baseada na Teoria dos Conjuntos Difusos (Zadeh, 1965) e seu uso na tomada de decisão multicriterial atende aos problemas caracterizados pela subjetividade e incerteza. Esta teoria permite combinar em um único arcabouço matemático objetivos ou critérios mensuráveis e não mensuráveis, indicando o grau relativo no qual cada objetivo ou critério foi satisfeito. Nesta pesquisa optou-se por não aplicar todo o formalismo da Lógica Difusa, e sim aspectos conceituais que atendessem aos objetivos da metodologia, permitindo que esta ferramenta seja facilmente utilizada sem que se faça necessário um arcabouço computacional robusto.

Os critérios de avaliação são independentes uns dos outros e possuem o mesmo peso, não havendo a etapa de ponderação dos critérios que é bastante comum na maioria das técnicas multicriterial. Cabe ao analista ou modelador escolher os critérios e categorias colocadas a disposição do decisor para a avaliação (Figura 1). A importância de cada critério na avaliação será levada em consideração pelo decisor sem que este a expresse explicitamente.

O decisor avalia cada alternativa através dos critérios, de acordo com as respectivas categorias de cada critério. Com base nesta análise, faz uma espécie de avaliação final que se denomina de *avaliação global*. É através desta que o decisor expressa o seu grau de preferência ou desejo em relação à implementação de certa alternativa, enquadrando sua avaliação dentre as seguintes categorias: indesejável, pouco desejável, desejável e extremamente desejável. A *avaliação global* é consequência da avaliação pelos critérios, mas não é um critério, e segue a categorização proposta para os critérios. Apenas as categorias da *avaliação global* são previamente fixadas nesta metodologia.

A avaliação pelos critérios reflete-se na *avaliação global* do decisor, visto que este a compõe levando em consideração o comportamento das alternativas frente os critérios. Assim, se para um dado critério a alternativa não pode ser implementada, esta poderá ser considerada inviável. Tratando-se, entretanto, de comportamento humano, o decisor pode classificá-la como desejável, por não considerar o referido critério importante o bastante para determinar sua avaliação.

Entrevista:													
Alternativa:													
Cidade:													
Entrevistado(a):													
Profissão:													
Atividade:													
Grupo:													
Sub-grupo:													
A alternativa deve ser avaliada pelos seguintes critérios:													
Para cada critério, a alternativa deve ser qualificada em uma ou mais categorias com pesos de 0 a 10.													
Critério 1	<table border="1"> <tr> <td>Categoria 1</td> <td>Categoria 2</td> <td>Categoria 3</td> <td>Categoria 4</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Categoria 1	Categoria 2	Categoria 3	Categoria 4								
Categoria 1	Categoria 2	Categoria 3	Categoria 4										
Critério 2	<table border="1"> <tr> <td>Categoria 1</td> <td>Categoria 2</td> <td>Categoria 3</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Categoria 1	Categoria 2	Categoria 3									
Categoria 1	Categoria 2	Categoria 3											
Critério 3	<table border="1"> <tr> <td>Categoria 1</td> <td>Categoria 2</td> <td>Categoria 3</td> <td>Categoria 4</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Categoria 1	Categoria 2	Categoria 3	Categoria 4								
Categoria 1	Categoria 2	Categoria 3	Categoria 4										
Critério 4	<table border="1"> <tr> <td>Categoria 1</td> <td>Categoria 2</td> <td>Categoria 3</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Categoria 1	Categoria 2	Categoria 3									
Categoria 1	Categoria 2	Categoria 3											
Critério 5	<table border="1"> <tr> <td>Categoria 1</td> <td>Categoria 2</td> <td>Categoria 3</td> <td>Categoria 4</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Categoria 1	Categoria 2	Categoria 3	Categoria 4								
Categoria 1	Categoria 2	Categoria 3	Categoria 4										
Avaliação Global	<table border="1"> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Extremamente desejável</td> </tr> <tr> <td>Indesejável</td> <td>Pouco desejável</td> <td>Desejável</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				Extremamente desejável	Indesejável	Pouco desejável	Desejável					
			Extremamente desejável										
Indesejável	Pouco desejável	Desejável											

Figura 1 - Questionário-padrão

Elaboração das entrevistas - As avaliações das alternativas escolhidas para implementação são obtidas através de entrevistas. Como instrumento de coleta de dados utiliza-se um questionário-padrão (Figura 1) para cada alternativa a ser avaliada, contendo os critérios e suas respectivas categorias. O modelador escolhe critérios e categorias a serem utilizados.

O questionário (Figura 1) constitui-se inicialmente da indicação da alternativa a ser analisada e de uma pequena caracterização do entrevistado, seguida de uma breve informação de como deve ser preenchido, com os critérios dispostos à esquerda e suas respectivas categorias ao lado, e por último a *avaliação global*, também, com suas respectivas categorias ao lado.

Na entrevista, a coleta de dados deve ser feita seguindo sempre o mesmo procedimento para todos

os decisores. O preenchimento do questionário para cada alternativa segue a seguinte ordem: primeiro a avaliação pelos critérios e em seguida a *avaliação global*.

Cada decisor preenche as caixas em branco referente a cada critério (Figura 1) com pesos de 0 a 10 (ou 0 a 1). Na avaliação da alternativa por cada critério, a análise segue as diretrizes:

- Se o decisor escolhe apenas uma categoria para expressar sua avaliação: a categoria escolhida tem peso 10 (ou 1) e as outras peso 0;
- Se o decisor escolhe mais de uma categoria para expressar sua avaliação: as categorias escolhidas têm seus pesos ponderados com

valores de 1 a 9 (ou 0,1 a 0,9), e as categorias não escolhidas possuem peso 0.

A ANÁLISE DOS RESULTADOS DAS ENTREVISTAS

De posse de todas as entrevistas segue-se a análise destas através de uma análise individual, uma análise intragrupo e uma análise inter-grupos das avaliações globais e dos critérios das alternativas. Esta forma de análise permite escolher as alternativas de gerenciamento da demanda mais desejáveis, através do consenso e equilíbrio da *avaliação global* dos decisores. A incerteza associada ao processo decisório pode ser então identificada e dependerá da variabilidade de preferências entre os decisores, intragrupo e inter-grupos. Considera-se que a avaliação de cada decisor tem o mesmo peso; sem que nenhum grupo, subgrupo ou decisor possua poder de veto de qualquer alternativa.

Análise individual - Nesta etapa, isola-se a avaliação de cada decisor procurando identificar peculiaridades das avaliações, o perfil de comportamento e as preferências de cada decisor. Esta análise pode ser realizada buscando-se responder perguntas como:

- O decisor segue um padrão de avaliação?
- Pode-se identificar a influência de um único critério na *avaliação global*?
- Em algum caso a avaliação pelos critérios é ignorada na conclusão da *avaliação global*?
- Observa-se *avaliação global* incoerente?

A metodologia permite que na avaliação de cada alternativa o decisor crie “inconscientemente” regra(s) de avaliação onde combina os critérios e categorias enquadradas na sua avaliação para basear sua *avaliação global*.

Deve-se avaliar a consistência e coerência das entrevistas isolando cada decisor e observando se o mesmo utilizou *avaliação global* diferente para uma mesma regra de avaliação, ou se criou regra coerente ou incoerente, através dos seguintes conceitos:

- Regra incoerente: quando a regra de avaliação criada é baseada em uma avaliação por critérios e a avaliação global produzida não condiz de forma alguma com a avaliação dada, por exemplo, no caso do

decisor considerar uma alternativa *inviável* e não considerá-la *indesejável*;

- Regra com *avaliação global* diferente: quando para uma mesma regra o decisor adota mais de um tipo de *avaliação global*, ou seja, para uma mesma avaliação dos critérios o decisor escolhe categorias da *avaliação global* diferentes;
- Regra coerente: demais casos.

Alguns decisores podem seguir um padrão de comportamento considerado tradicional ou clássico, onde sua avaliação se enquadra apenas em uma categoria, isto é, a avaliação pertence ou não àquela categoria, enquanto que outros seguem um comportamento, aqui definido de comportamento difuso, onde admitem uma combinação de categorias (escolhem mais de uma) para poder expressar sua avaliação.

Análise intragrupo - Nesta análise utilizam-se graus de consenso para melhor expressar as posições dos decisores nos grupos, seguindo os conceitos apresentados por Kuncheva (1994), que admite graus de consenso com base no nível de concordância e discrepância. Os graus de consenso adotados pela metodologia aqui apresentada são:

- a) Consenso absoluto: Total equilíbrio entre as opiniões dos decisores. Apenas uma categoria é usada na avaliação de todos os decisores, e que corresponde a 100%;
- b) Consenso relativo: Predominância de uma categoria nas avaliações dos decisores, portanto a maioria dos decisores entram em consenso. A categoria predominante na avaliação possui o maior percentual entre as avaliações dos decisores;
- c) Ausência de consenso: Situação caracterizada pelo alto conflito nas avaliações dos decisores, representada pelo “empate” entre categorias. Por exemplo, no caso de duas categorias, o percentual de cada categoria é igual a 50%.

Os graus de consenso devem ser usados também na análise intra e inter-grupos.

Nesta metodologia de avaliação optou-se por não usar nenhum método de ordenamento (como fazem, por exemplo, Marchi et al., 2000; Petrovic e Petrovic, 2001) e sim baseá-lo na análise estatística das avaliações pelos critérios e avaliação global dos decisores. Esta análise permite ordenar as preferências de uma forma bastante satisfatória e de fácil compilação, através da distribuição dos

percentuais das categorias dos critérios e da *avaliação global*.

Para cada grupo estudado analisa-se a avaliação das alternativas segundo cada critério e *avaliação global*, através dos seguintes elementos:

- Matriz de avaliação da *avaliação global*: apresenta a *avaliação global* de cada decisor para cada alternativa na forma matricial;
- Matriz de avaliação para cada critério: apresenta a *avaliação global* de cada decisor para cada alternativa na forma matricial;
- Quadro comparativo das avaliações dos decisores de cada grupo, confrontando as alternativas mais e menos desejáveis, critérios de maior e menor influência, e tipo de avaliação adotada segundo cada decisor (ponderada ou não);
- Ordenamento das alternativas mais desejáveis, com a ordem de preferência das alternativas desde a extremamente desejável à indesejável, com base na análise estatística da avaliação global;
- Ordenamento das alternativas por critério, com a ordem de preferência das alternativas desde a categoria mais à menos favorável, com base na análise estatística de cada critério;
- Análise estatística das alternativas, com a distribuição dos percentuais das categorias dos critérios e da avaliação global;
- Matriz de avaliação multicriterial das alternativas, através do consenso na avaliação de cada alternativa segundo os critérios e avaliação global, baseada na análise estatística e nos conceitos de consenso adotados pela metodologia, indicando o tipo de consenso atingido (parcial ou absoluto) ou sua ausência.

A metodologia adotada na análise intragrupo pode ser aplicada para análise nos subgrupos.

Análise inter-grupo - Consiste na análise das opiniões entre os grupos, com a construção da matriz de avaliação multicriterial de todos os grupos e ordenamento das alternativas segundo cada critério e *avaliação global*, seguindo a metodologia aplicada na análise intragrupo.

O ordenamento de alternativas segundo a *avaliação global* na análise inter-grupos indica as alternativas mais desejadas para implementação.

APLICAÇÃO: O CASO CAMPINA GRANDE-PB

Campina Grande é uma cidade de porte médio com uma população total de aproximadamente 354.000 habitantes, situada no semi-árido nordestino, a 120 Km da capital paraibana. Durante a estiagem 1997-1999, o reservatório que a abastece (conhecido na região como “Açude Boqueirão”) foi levado à uma situação de risco que provocou uma crise no abastecimento de água da cidade. A população foi submetida a um severo racionamento e a irrigação praticada na bacia hidráulica do açude foi suspensa por decisão judicial. Todos estes acontecimentos transcorreram com intensa participação da população, da imprensa, da representação política, do poder judiciário e da comunidade técnico-científica. Para os estudiosos são evidentes as razões que provocaram (e continuam provocando) tal situação: ausência de gestão dos recursos hídricos seja na bacia hidrográfica, quanto à operação do reservatório ou quanto ao uso da água na cidade (Rêgo et al., 2000; Rêgo et al., 2001; Galvão et al., 2001). O que passou, então, a ser chamado de o “caso Campina Grande-PB” foi escolhido para aplicação da metodologia já descrita neste artigo.

A pesquisa estudou e propôs alternativas de gerenciamento da demanda urbana de água para a cidade (Tabela 1). Para avaliá-las, os integrantes do grupo decisor (Tabela 2) foram escolhidos com base na Lei nº 9.433/97 e composição de comitês de bacia em outros estados, visto que o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba, na qual se insere a região em foco, encontrava-se em processo de formação em 2001. Na entrevista, quando da apresentação das alternativas, os decisores foram informados de:

- Custos e da redução de consumo das alternativas;
- Detalhes de experiências de sucesso dos usos das alternativas propostas;
- Inter-relação entre as alternativas; e
- Elucidação de questionamentos dos decisores.

Tabela 1 - Alternativas de gerenciamento da demanda propostas para a cidade de Campina Grande (Braga, 2001; Braga e Ribeiro, 2000).

Alternativas propostas	Descrição
Vasos de descarga reduzida (6 l/descarga)	Troca dos vasos de descarga com consumo superior a 6 l/descarga, por vasos com consumo de 6 l/descarga.
Captação de água de chuva	Uso de sistema de captação de água de chuva individual com cisternas.
Sistemas de reuso de água Residencial	Uso de águas servidas, tratadas na residência, para usos menos nobres como rega de jardim, lavagem de calçada, descarga de sanitários, entre outros.
Industrial	Reuso de efluentes no processo produtivo da indústria.
Controle de vazamentos	
Rede de abastecimento	Intensificação no controle de vazamentos na rede de abastecimento.
Edificação	Intensificação no controle de vazamentos na edificação.
Medição individualizada em edifícios	Implementação de sistema de medição individualizada em edifícios já construídos e em edifícios novos.
Legislação que induza uso racional	Criação de uma legislação de medição individualizada em edifícios.
Tarifação de água tratada que estimule o uso eficiente	Aumento de 10% na tarifa adotada pela concessionária.
Outorga dos direitos de uso da água	Implementação da outorga.
Cobrança pelo uso da água	Implementação da cobrança: Residencial: R\$ 0,01/m ³ ; Industrial: R\$ 0,03/m ³ .
Outorga + cobrança + tarifa com 10% de aumento	Implementação simultânea das alternativas, outorga, cobrança e tarifação de água tratada que estimule o uso eficiente.
Programa de educação ambiental escolar	Adoção de programas de educação ambiental nas escolas públicas e privadas.

A escolha dos critérios de avaliação foi baseada nas características e particularidade do problema; nos dados disponíveis e na metodologia de avaliação. Excetuando o critério econômico, todos os demais (Tabela 3) são qualitativos, caracterizados por um alto grau de subjetividade, o que dificulta a sua mensuração. A conceituação de cada critério, conforme adotada neste trabalho, é descrita a seguir:

- Viabilidade econômica: Corresponde a uma espécie de análise de custo e benefício, visto que o decisor deve considerar neste critério os custos da alternativa e o retorno de investimento de sua implementação, que é importante no gerenciamento da demanda, já que a redução do consumo vem acompanhada da diminuição dos gastos com água;
- Viabilidade técnica/operacional: Refere-se à viabilidade técnica e operacional, levando em consideração a funcionalidade e a facilidade na operação da alternativa;
- Redução de consumo: Refere-se, conforme a própria denominação do critério, ao grau

de redução de consumo proporcionado pela alternativa analisada;

- Viabilidade legal/política: Corresponde a viabilidade legal e política da alternativa, isto é, se a alternativa contraria a legislação em vigor e se a implantação desta acarretaria problemas de ordem política na cidade;
- Aceitabilidade: Refere-se ao grau de aceitabilidade da implementação da alternativa pela população da cidade.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

De posse de todas as entrevistas segue-se a análise individual, a análise intragrupo e a análise inter-grupos das *avaliações globais* e dos critérios. Os resultados daí advindos indicam a(s) alternativas de gerenciamento da demanda mais desejável(s) para Campina Grande, determinada(s) através do consenso e equilíbrio da avaliação global dos decisores.

Tabela 2 - Composição do grupo decisor.

Grupo	Sub-grupo	Órgão	Nº de representantes
I. Poder Público (21,4%)	Governo Federal	Departamento Nacional de Obras de Combate à Seca (DNOCS)	1
	Governo Estadual	Secretaria Extraordinária do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e Minerais (SEMARH)	1
	Governo Municipal	Secretaria de Educação	1
		Secretaria de Planejamento	1
		Secretaria de Meio-Ambiente	1
		Secretaria de Infraestrutura e Gestão	1
II. Usuários (7,2%)	Saneamento	Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA)	1
	Indústria	Federação das Indústrias da Paraíba (FIEP)	1
III. Sociedade Civil (71,4%)	Câmara Municipal	Câmara de vereadores - CG	4
	Entidade Comunitária	União Campinense de Equipes Sociais	1
	Entidades Técnico-Científicas	Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH)	2
		Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES/PB)	2
		Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura (CREA/PB)	2
	Organização Não Governamental	Programa de Aplicação de Tecnologias Apropriadas às Comunidades (PATAAC)	1
	Comércio	Clube de Diretores Lojistas de Campina Grande (CDL)	1
	Curadoria	Curadoria do Meio Ambiente	1
	Instituição de Ensino Superior	de Universidade Federal da Paraíba (UFPB)	3
		Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)	1
	Indústria	da Construtora SG Incorporação e Construção Ltda	1
	Construção Civil	Sindicato dos Construtores da Paraíba (SINDUSCON)	1
	Total de decisores		

Análise individual

Nesta etapa, os casos que retratam o comportamento e a incerteza dos decisores na avaliação das alternativas são analisados. Alguns exemplos, neste sentido, estão apresentados a seguir.

- Na avaliação de cada alternativa o decisor cria “inconscientemente” regra(s) de avaliação onde combina os critérios e categorias enquadrados na sua avaliação para basear sua *avaliação global* → Forma de avaliação de todos os decisores;
- Repetição da mesma regra de avaliação pelo mesmo decisor para várias alternativas → Avaliação do decisor CREA/PB;
- Influência explícita de um dado critério de tal forma a interferir na *avaliação global* → Avaliação do decisor FIEP;
- A avaliação pelos critérios é ignorada na conclusão da avaliação global → Avaliação do decisor UFPB;
- Para uma mesma regra de avaliação o decisor aplica *avaliação global* diferente → Avaliação do decisor ABRH;
- A dúvida do decisor na avaliação é expressa pelo grande uso do peso 5 na avaliação → Avaliação do decisor Secretaria de Meio Ambiente.

Tabela 3 - Critérios de avaliação e categorias inspiradas na Lógica Difusa adotados neste caso de estudo.

Objetivo	Critério	Categorias
Econômico	Viabilidade econômica	Baixa, média, alta e muito alta
Técnico	Viabilidade técnica/operacional	Inviável, pouco viável e viável
Social	Redução de consumo	Muito baixa, baixa, média e alta
	Viabilidade legal/política	Inviável, pouco viável e viável
Ambiental	Aceitabilidade	Inaceitável, baixa, média e alta
Avaliação global		Indesejável, pouco desejável, desejável e extremamente desejável

Alguns decisores seguem um padrão de comportamento considerado tradicional ou clássico, onde sua avaliação se enquadra apenas em uma categoria, isto é, a avaliação pertence ou não àquela categoria, enquanto que outros seguem um comportamento, aqui definido de ponderado, onde admitem uma combinação de categorias (escolhem mais de uma) para poder expressar sua avaliação, ou seja, a avaliação se enquadra em mais de uma categoria com pesos variando de 0 a 9 (ou 0 a 0,9), cuja soma dos pesos não excede 10 (ou 1).

Análise intragrupo

Para cada grupo foram analisadas as avaliações das alternativas por critério e *avaliação global*. A análise foi realizada através dos elementos já comentados anteriormente (matrizes, quadro comparativo, ordenamentos, análise estatística).

Para exemplificar este tipo de análise apresenta-se a seguir a avaliação do grupo II – Usuários de Água, formado pela Companhia de Água e Esgotos do Estado da Paraíba (CAGEPA) e pela Federação das Indústrias da Paraíba (FIEP). A *avaliação global* está disposta no Quadro 1.

Algumas alternativas propostas são de competência da CAGEPA, como é o caso do *controle de vazamento – rede de abastecimento*, que requer investimento por parte da empresa para sua execução. Certo do retorno de investimento e ganho na garantia de atendimento, a alternativa foi considerada por ela *extremamente desejável*, o que reflete a preocupação da concessionária com as perdas e desperdícios. Outra alternativa nesta

condição é a *tarifação de água tratada que estimule o uso eficiente* que traria benefícios econômicos diretos, apesar de provocar uma redução na demanda. Tal alternativa mostrou-se *desejável*.

De acordo com o Quadro 1, a CAGEPA adotaria todas as alternativas, visto que, as avaliações variaram de *desejável a extremamente desejável*.

O uso da água pela indústria possui uma particularidade, visto que a indústria agrega valor à água. Algumas das alternativas atingem diretamente este usuário como *o reuso industrial, tarifação de água tratada que estimule o uso eficiente da água, outorga dos direitos de uso da água, cobrança pelo uso da água*, e também a alternativa que combina estas três últimas. Em sua avaliação, este usuário considerou a alternativa *tarifação de água tratada que estimule o uso eficiente, indesejável*, em virtude de considerar a alternativa com baixa *aceitabilidade* e pouca *viabilidade legal/política*. Esta alternativa provoca aumento nos custos de produção e possível perda de lucratividade.

Um conflito interessante entre estes usuários é observado na *avaliação global* da alternativa *outorga + cobrança + tarifa com 10% de aumento*, visto que a CAGEPA considerou a alternativa *extremamente desejável* e a FIEP considerou *indesejável*. Tal conflito reflete que esta alternativa proporciona altos benefícios à concessionária, enquanto que a indústria considera que será fortemente penalizada com a implementação de tal alternativa.

O Quadro 2 dispõe uma análise comparativa de alguns aspectos das avaliações dos decisores do grupo II, baseado na avaliação por critério. Com base neste quadro (Quadro 2), pode-se fazer as seguintes observações a respeito do grupo II:

- Não houve consenso entre os decisores nas alternativas mais e menos desejáveis;
- Observa-se uma inversão nos critérios de maior e menor influência entre os decisores deste grupo, o que reflete um conflito de interesses. Observa-se, também, grande preocupação do setor industrial com a população, enquanto que a concessionária reflete a preocupação em reduzir o consumo.
- O perfil de avaliação deste grupo não segue um padrão constante, pois apresenta avaliação do tipo *ponderada e clássica*.

Conforme a *avaliação global* (Quadro 1) e a identificação do tipo de consenso, pode-se ordenar as alternativas mais desejáveis para o grupo II

(Tabela 4). Observa-se para este grupo uma excessiva repetição nas categorias da *avaliação global*, o que reflete que muitas alternativas foram expressas em uma mesma ordem de preferência (apenas 5 graus de ordem de preferência).

A partir de uma análise estatística dos resultados pela *avaliação global* e pelos critérios, e do tipo de consenso existente entre os decisores, elaborou-se a matriz de avaliação multicriterial para este grupo (Quadro 3), onde se pode identificar que não houve consenso absoluto na *avaliação global* entre os decisores do grupo, contudo também se observa consenso relativo e ausência de consenso. Tal comportamento indica que o grupo apresenta divergências.

Tabela 4 - Ordenamento das alternativas mais desejáveis para o grupo Usuários de Água (grupo II).

Ordem de preferência	Alternativas
1	Controle de vazamento na rede de abastecimento; Programa de educação ambiental escolar; Outorga dos direitos de uso da água
2	Cobrança pelo uso da água; Sistemas de reuso – industrial; Captação de água de chuva; Vaso de descarga reduzida (6l/descarga); Controle de vazamento na edificação
3	Medição individualizada; Legislação que induza uso racional ; Sistemas de reuso – residencial
4	Outorga + cobrança + tarifa com aumento de 10%
5	Tarifação de água tratada que estimule o uso eficiente

Análise inter-grupo

Após a análise das avaliações dos grupos e respectivos subgrupos, fez-se uma análise entre os grupos, com o objetivo de identificar a(s) alternativa(s) mais desejável(s) para Campina Grande. A identificação destas alternativas é o objetivo principal desta pesquisa. Elaborou-se uma análise estatística total das alternativas considerando todos os decisores, seguindo o mesmo procedimento observado para a análise intragrupo.

O grupo III pode ser considerado o mais “influyente” no conjunto de decisores, já que possui maior número de participantes e a soma dos decisores dos outros grupos não ultrapassa o total

deste grupo. Assim, a influência deste grupo no processo decisório é preponderante, visto que, caso os grupos I e II se unam a favor de uma alternativa e o grupo III permaneça coeso em uma decisão contrária, a decisão do grupo III será a adotada pelo grupo decisor.

A “influência” do grupo III é evidenciada, por exemplo, pelas Figuras 2 e 3. A Figura 2 apresenta a distribuição percentual da *avaliação global* da alternativa *vaso de descarga reduzida* contabilizadas as opiniões de todos os decisores. A Figura 3 expressa as porcentagens de decisores de cada grupo que adotaram a categoria *desejável* como *avaliação global* da alternativa *vaso de descarga reduzida*. Analisando as duas Figuras, observa-se que 65% dos decisores que acharam a alternativa *desejável* são do grupo III, a qual é a categoria predominante na avaliação da alternativa.

Contudo pode-se identificar a presença de conflitos entre os interesses de um mesmo grupo, o que possibilita a barganha entre os grupos e divergências entre os decisores de um mesmo grupo. Tais conflitos e divergências podem restringir a influência de qualquer grupo, e no caso do grupo III isso produziria o seu enfraquecimento.

Tabela 5 - Ordenamento das alternativas propostas com o consenso do grupo decisor.

Ordem de preferência	Alternativas
1	Educação ambiental
2	Controle de vazamentos - rede de abastecimento
3	Reuso industrial
4	Controle de vazamentos - edificação
5	Outorga
6	Legislação que induza o uso racional
7	Medição individualizada
8	Vaso de descarga reduzida
9	Cobrança
10	Captação de água de chuva
11	Tarifa que estimule o uso racional
12	Outorga + cobrança + tarifa com 10% de aumento
13	Reuso residencial

Com base na *avaliação global*, identificação do tipo de consenso entre todos decisores e das matrizes de avaliação multicriterial, elaborou-se a matriz de *avaliação global* e a matriz de avaliação multicriterial das alternativas (Quadro 4) considerando todos os decisores.

Analisando as opiniões dos decisores, conjuntamente, observou-se que não houve nenhuma situação de consenso absoluto. Tal fato poderia ser esperado devido ao grande número de decisores considerados e pela subjetividade e incerteza inerentes ao processo decisório.

Seguindo a metodologia usada na análise intragrupo, construiu-se a Tabela 5 que indica a ordem de preferência das alternativas propostas considerando todos os decisores.

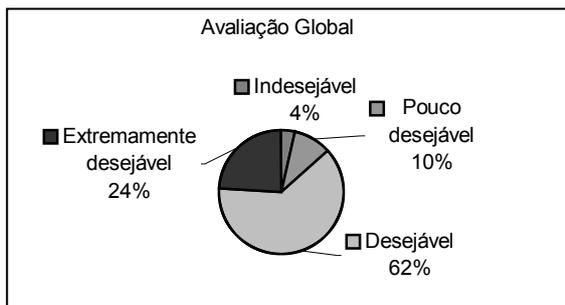


Figura 2 - Distribuição percentual total das categorias da avaliação global da alternativa vaso de descarga reduzida para todos os decisores (consenso relativo).

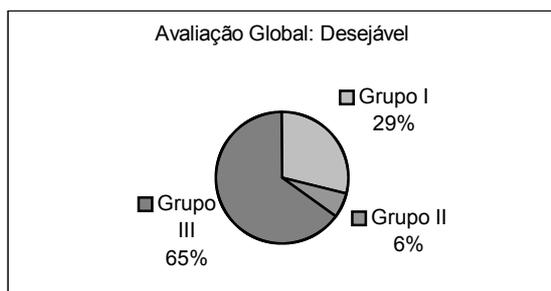


Figura 3 - Distribuição percentual da avaliação global desejável por grupo, alternativa vaso de descarga reduzida.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Acredita-se que a metodologia proposta e apresentada neste artigo poderá ser utilizada por analista, órgão gestor ou Comitê de Bacia para simular o comportamento dos decisores frente a alternativas de gerenciamento da demanda, sendo uma importante ferramenta para auxiliar no processo decisório. Apesar de ter sido inicialmente desenvolvida para alternativas de gerenciamento da

demanda, a metodologia pode ser aplicada na análise de outras alternativas de gestão.

A metodologia, através das entrevistas e da avaliação das alternativas sob critérios e *avaliação global*, expressas através de categorias, mostra-se capaz de captar o perfil de comportamento dos decisores em relação às alternativas propostas. O uso de categorias lingüísticas inspiradas na Lógica Difusa proporciona levar em conta a subjetividade do julgamento humano, identificando o grau de satisfação da alternativa em cada categoria.

A *avaliação global* fornece uma visão geral do comportamento do decisor quanto ao grau de desejo de implementação da alternativa. A avaliação pelos critérios permite identificar os aspectos menos e mais favoráveis da alternativa sob o ponto de vista do decisor. Uma vez identificados os aspectos desfavoráveis de cada alternativa, o gestor ou o analista pode corrigi-los ou amenizá-los tornando a alternativa mais atraente para implementação.

Para o “caso Campina Grande-PB” a aplicação da metodologia indicou que o grupo decisor considera desejável a implementação de alternativas de gerenciamento da demanda, e que há ausência de consenso absoluto, o que reflete a divergência de interesses. A análise individual identificou aspectos interessantes na avaliação dos decisores, como a ponderação na avaliação. Na análise do grupo Usuários de Água observa-se que foi atingido consenso em alguns casos. Entretanto, identificaram-se conflitos, resultantes de interesses divergentes em virtude da penalização diferenciada de algumas alternativas para os integrantes do grupo. Caso, por exemplo, da alternativa *outorga + cobrança + tarifação*, que a concessionária considerou a alternativa *extremamente desejável* e o representante das indústrias considerou *indesejável*, visto que a indústria seria mais penalizada com a implementação desta alternativa. De acordo com o consenso, este grupo considerou a alternativa mais desejável o *programa de educação ambiental escolar* e a menos desejável a *tarifação de água tratada que estimule o uso eficiente*.

A análise inter-grupos proporcionou comparar os interesses e o perfil de comportamento de cada grupo, possibilitando identificar as divergências entre estes. De acordo com esta análise, os decisores consideraram as duas alternativas mais desejáveis: i) *programa de educação ambiental escolar* e ii) *controle de vazamento – rede de abastecimento*. As duas alternativas menos desejáveis foram: i) *outorga + cobrança + tarifação* e ii) *reuso residencial*.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem aos vinte e oito representantes da sociedade que foram entrevistados no processo de elaboração desta metodologia, assim como também agradecem a CAPES pela concessão de bolsa de estudo à C. F. C. Braga durante a realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- BILLINGS, R. B., JONES, C. V. 1996 *Forecasting urban water demand*. Denver: American Water Works Association.
- BRAGA, C. F. C. *Avaliação multicriterial e multidecisória no gerenciamento da demanda urbana de água*. Dissertação de Mestrado. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba/Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. 2001.
- BRAGA, C. F. C., RIBEIRO, M. M. R. 2000 Experiências em gerenciamento da demanda urbana de água. 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES: João Pessoa.
- FANG, L., HIPEL, K. W., KILGOUR, M. D. 1993 *Interactive decision making; the graph model for conflict resolution*. New York: John Wiley e Sons, Inc.
- GALVÃO, C. O., RÊGO, J. C., RIBEIRO, M. M. R., ALBUQUERQUE, J. P. T. 2001 Sustainability characterization and modelling of water supply management practices. In: Proc. Regional Management of Water Resources - Sixth IAHS Scientific Assembly. Maastricht: IAHS Publ. 268.
- GUY, S., MARVIN, S. 1996 Managing water stress: the logic of demand side infrastructure planning. *Journal of Environmental Planning and Management*, v.39, n.1, p.123-128.
- KUNCHEVA, L. 1994 Pattern recognition with a model of fuzzy neuron using degree of consensus. *Fuzzy Sets and Systems*, v.66, p. 241-260.
- MARCHI, B., FUNTOWICZ, S. O., CASCIO, S., MUNDA, G. 2000 Combining participative and institutional approaches with multicriteria evaluation: An empirical study for water issues in Troina, Sicily. *Ecological Economics*, n.34, p. 267-282.
- PETROVIC, R., PETROVIC, D. 2001 Multicriteria ranking of inventory replenishment policies in the presence of uncertainty in customer demand. *International Journal of Production Economics*, v.71, p. 439-446.
- RÊGO, J. C., RIBEIRO, M. M. R., ALBUQUERQUE, J. P. T. 2000 Uma análise da crise de 1998-2000 no abastecimento d'água de Campina Grande – PB. In: V Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. Anais: ... (Cd-rom). Natal: ABRH.
- RÊGO, J. C., RIBEIRO, M. M. R., ALBUQUERQUE, J. P. T., GALVÃO, C. O. 2001 Participação da sociedade na crise 1998-2000 no abastecimento de água de Campina Grande-PB, Brasil. In: IV Diálogo Interamericano de Gerenciamento de Águas. Anais: ... (Cd-rom). Foz do Iguaçu: IWRA/ABRH.
- SILVA, R. T., CONEJO, J. G. L., GONÇALVES, O. M. 1999 *Apresentação do programa*. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. DTA – Documento Técnico de Apoio nº A1. Brasília: Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano.
- U. S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY 1998 *Water conservation plan guidelines*. Disponível on-line em: <http://www.epa.gov/own> (12 Dez 2000)
- ZADEH, L.A. 1965. Fuzzy Sets. *Information and Control*, v.8, p. 338-353.
- _____. 1973. Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, v. SMC-3, n.1, p.28-44.

Alternatives for Water Demand Management: Evaluation by Multiple Criteria and Stakeholders

ABSTRACT

This paper proposes a methodology for evaluating urban water demand management alternatives from the multi-criteria and multi-participant perspective. The stakeholders' opinion is based on interviews in which each stakeholder evaluates each alternative considering five criteria and expresses his level of preference concerning its implementation by what was called "global evaluation". The criteria and global evaluation were expressed in linguist categories from Fuzzy Logic. The analysis allows the identification of the stakeholders' behavioral profile considering the alternatives. The analysis also shows which alternatives are more desirable for implementation. The methodology is applied to the "Campina Grande-PB Case", Brazil.

Key-words: multiobjective analysis, decision-making, urban water demand

