

# USO DE SADE PARA HIERARQUIZAÇÃO DE REGIÕES HIDROGRÁFICAS COM FINS DE ENQUADRAMENTO DE CORPOS DE HÍDRICOS

*Rogério Campos<sup>1</sup>, Valterlin da Silva Santos<sup>2</sup>, Elba Alves Silva<sup>3</sup>, João Paulo de Sales Santos<sup>3</sup>,  
Gabriel Parmezani Moraes<sup>3</sup> & José Roberto da Trindade Costa<sup>3</sup>*

**Resumo** – O enquadramento de corpos hídricos é uma necessidade urgente, uma vez que constitui importante recurso de gestão ambiental e de recursos hídricos. Isto ocorre devido a este instrumento proporcionar melhoria gradual da qualidade das águas fluviais, bem como garantir um padrão mínimo aceitável para elas. No Brasil, apesar de esforços serem despendidos por meio da introdução de legislação desde a década de 1970, o enquadramento está ainda quase em fase incipiente. A Bahia está entre os estados pioneiros no país a enquadrar seus rios, iniciando o processo em 1974 através de resoluções de órgão estadual CEPRAM. No entanto, este enquadramento inicial encontra-se caduco diante da nova legislação federal vigente, necessitando que os rios sejam reenquadrados. Considerando a necessidade de hierarquizar regiões para o enquadramento de corpos hídricos, o Estado da Bahia decidiu colocar em ordem de prioridade quatro Regiões de Planejamento e Gestão das Águas, a saber: Recôncavo Norte e Inhambupe, Leste, Paraguaçu e Salitre. Esta hierarquização é o objetivo deste trabalho que versa sobre a segunda parte da hierarquização das RPGAs. O problema a ser resolvido foi considerado como de tomada de decisão e portanto um Sistema de Apoio à Decisão foi avaliado como adequado para solucioná-lo.

**Abstract** – Classification of bodies of water is an urgent need, since it is an important tool of environmental and water resources management. This happens because this instrument makes possible a gradual improvement in the quality of waters and is capable to ensure a minimum standard acceptable to them. In Brazil, despite efforts by the introduction of legislation since the 1970s, classification of rivers is still almost at an early stage. State of Bahia is among the pioneering states in the country to classify its rivers, starting the process in 1974 by resolutions of the environmental state agency. However, this initial classification is obsolete in face of the new federal legislation in force, requiring that the rivers to be reclassified. Considering the need to rank areas for the classification of water bodies, the State of Bahia decided to put in order of priority four Regions of Planning and Water Management, namely: Recôncavo Norte e Inhambupe; Leste; Paraguaçu and Salitre. This ranking is the goal of this work that deals with the second part of the process. The problem was considered a decision-making and therefore a Decision Support System has been assessed as suitable for solving it.

**Palavras-Chave** – Enquadramento. SADE. Bahia.

---

<sup>1</sup> Professor-Titular da Universidade de Fortaleza – UNIFOR. Av. Washington Soares, 1321 – Fortaleza – CE, 60.811-905. Fone (85) 3477-3141, E-mail: Rogério.Campos@unifor.br

<sup>2</sup> Professor da Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências Jurídicas e Sociais, Unidade Acadêmica de Ciências Contábeis. Rua Sinfrônio Nazaré nº 38 – Sousa-PB, 58.800-240, Fone: (83) 3521-3232, E-mail: valterlin@yahoo.com.br

<sup>3</sup> Técnico da Secretaria do Meio Ambiente do Estado da Bahia. Centro Administrativo da Bahia, Avenida Luís Viana Filho, 3ª Avenida, nº 390 - Plataforma IV - Ala Norte, Salvador – BA, 41.745-005

## INTRODUÇÃO

O enquadramento de corpos hídricos é uma necessidade urgente, uma vez que constitui importante recurso de gestão ambiental e de recursos hídricos. Isto ocorre devido a este instrumento proporcionar melhoria gradual da qualidade das águas fluviais, bem como garantir um padrão mínimo aceitável para elas.

No Brasil, apesar de esforços serem desprendidos por meio da introdução de legislação desde a década de 1970, o enquadramento está ainda quase em fase incipiente. Isto é o que pode ser visto através dos textos de estudiosos do assunto e também por diagnósticos realizados por órgãos reguladores e outros dedicados à gestão de recursos hídricos como a ANA.

A Bahia está entre os estados pioneiros no país a enquadrar seus rios, iniciando o processo em 1974 através de resoluções de órgão estadual CEPRAM. No entanto, este enquadramento inicial encontra-se caduco diante da nova legislação federal vigente (Resolução nº 20 do CONAMA), necessitando de que os rios sejam reenquadrados.

De uma forma geral, de acordo com o parâmetro IQA (calculado de acordo com a metodologia adaptada pela CETESB) adotado pelo Programa Monitora do extinto INGÁ (Instituto de Gestão das Águas e Clima do Estado da Bahia), os rios baianos estudados neste trabalho têm qualidade de suas águas de “regular” a “boa”, eventualmente apresentando qualidade “ruim” e mais frequentemente, qualidade “ótima” de acordo com os relatórios do INGÁ.

De qualquer forma, é necessário prevenir o avanço de fontes poluidoras que deteriore a qualidade dessas águas, regulando-se as emissões e garantindo a manutenção e melhoria dos padrões. Uma das formas de comando e controle dos usos dos recursos hídricos é o enquadramento dos rios.

A dificuldade de se enquadrar todas as bacias hidrográficas das 17 Regiões de Planejamento e Gestão das Águas – RPGAs, do Estado da Bahia, devido a sua grande extensão, aos custos associados e ao tempo necessário para realização de tal estudo. Aliado a estes fatos, os Comitês de Bacias Hidrográficas das RPGAs do Recôncavo Norte e Inhambupe, Leste, Paraguaçu e Salitre já vinham solicitando ao INGÁ o enquadramento de seus rios, indicando a necessidade de definição dos corpos de água que devem ser priorizados para o enquadramento. Deste modo, faz-se necessário

a realização de um estudo que hierarquizasse as Regiões e os rios prioritários para enquadramento nas Regiões Hidrográficas selecionadas.

Considerando a necessidade de hierarquizar regiões para o enquadramento de corpos hídricos, o extinto INGÁ – Instituto de Gestão de Água e Clima do Estado da Bahia, decidiu colocar em ordem de prioridade quatro RPGAs (Região de Planejamento e Gestão das Águas) no Estado da Bahia, a saber: Recôncavo Norte e Inhambupe, Leste, Paraguaçu e Salitre as quais são mostradas na Figura 1. A hierarquização citada é o objetivo deste trabalho.



**Figura 1** – RPGAs integrantes do Estudo de Priorização (Campos, 2010)

## **DIAGNÓSTICO DO ESTÁGIO DE IMPLEMENTAÇÃO DO ENQUADRAMENTO DOS CORPOS HÍDRICOS NO BRASIL**

A cronologia do processo de enquadramento de rios no Brasil é a seguinte, baseada largamente em Medeiros (s/d). Esta autora faz um histórico a partir dos princípios norteadores do enquadramento na lei, não se limitando somente a citar a legislação pertinente ou exclusiva. Em todas fontes consultadas, a legislação paulista de 1955 é considerada a pioneira no Brasil em relação ao enquadramento de rios.

**1934:** Código de Águas (“... A ninguém é lícito conspurcar ou contaminar as águas que não consome, com prejuízo de terceiros”).

**1955:** O Estado de São Paulo regulamentou o primeiro sistema de classificação dos corpos d’água do País, e enquadrou alguns rios por meio do Decreto Estadual nº 24.806.

**1976:** Primeiro sistema de enquadramento dos corpos d’água na esfera federal (Portaria nº 013, de 15 de janeiro, do Ministério do Interior). Após a edição da Portaria nº 013 alguns Estados também realizaram o enquadramento dos corpos d’água: São Paulo (1977), Alagoas (1978), Santa Catarina (1979) e Rio Grande do Norte (1984).

**1978:** Criados Comitês de Estudos Integrados de Bacias Hidrográficas para diversos rios brasileiros, principalmente na Região Sudeste. Entre os estudos, destacam-se os de enquadramento dos corpos d’água das bacias do rio Paranapanema (1980) e do rio Paraíba do Sul (1981).

**1986:** Publicada a Resolução nº 20 do CONAMA, que substituiu a Portaria nº 013, de 1976, do Ministério do Interior (Esta resolução estabeleceu uma nova classificação para as águas doces, salobras e salinas do Território Nacional, distribuídas em 9 classes, segundo os usos preponderantes a que as águas se destinam).

**1988:** A Constituição Federal concedeu atribuição à União para instituir o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

**1989:** O IBAMA realizou enquadramento dos corpos d’água de domínio da União na Bacia do rio São Francisco, segundo as classes da Resolução nº 20 do CONAMA.

**Décadas de 1980 e 1990:** Alguns estados realizaram os enquadramentos de seus corpos d'água principais ou de algumas bacias selecionadas: Paraíba (1988), Paraná (entre 1989 e 1991), Rio Grande do Sul (entre 1994 e 1998), Minas Gerais (entre 1994 e 1998), Bahia (1995 e 1998) e Mato Grosso do Sul (1997).

**1991:** O Estado de São Paulo instituiu sua Política Estadual de Recursos Hídricos, por meio da Lei nº 7.663, de 30 de dezembro, a qual representou um marco no campo normativo dos recursos hídricos, já que se antecipou à lei federal.

**1997:** Sancionada a Lei nº 9.433, no dia 8 de janeiro, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (o enquadramento como um dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos).

**1998:** Criação do Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH (estabelece as diretrizes complementares para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos).

**2000:** Criação da Agência Nacional das Águas (A ANA tem a função básica de disciplinar, em caráter normativo, a implementação, a operacionalização, o controle e a avaliação dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos).

**2000:** A Resolução CNRH nº 12 estabeleceu os procedimentos para o enquadramento dos cursos d'água em classes de qualidade.

**2005:** A Resolução CONAMA nº 357 substituiu a Resolução CONAMA nº 20, de 1986 (essa resolução define a classificação das águas doces, salobras e salinas em função dos usos preponderantes).

**2007:** Alteração do inciso II do § 4º e a Tabela X do § 5º, ambos do art. 34 da Resolução CONAMA nº 357/05.

**2008:** A Resolução CONAMA nº 396, de 7 de abril, trata da classificação das águas subterrâneas e traça as diretrizes ambientais para seu enquadramento.

**2009:** A nova Lei Estadual de Recursos Hídricos da Bahia, Lei nº 11.612/2009, diz que o enquadramento de corpos de água é um dos instrumentos da Política Estadual de Recursos Hídricos.

Christofidis (2006), que estudou o enquadramento participativo de corpos d'água como instrumento de gestão da água, com aplicação na bacia hidrográfica do Rio Cubatão Sul – Santa Catarina, diz que: “O instrumento do enquadramento está presente em vários países”, pois, “há uma preocupação latente sobre a manutenção da qualidade da água, uma vez que essa representa alívio na busca incessante pela manutenção da qualidade de vida das populações humanas e pelo bem-estar econômico”.

Aquela autora ainda afirma que a legislação federal de enquadramento recebe críticas por não se adequar a todos os corpos d'água, uma vez que em um país de dimensões continentais como o Brasil, a variação nas substâncias diluídas e propriedades físicas da água é muito significativa. Acrescenta que há especialistas convencidos, principalmente na região Norte, que as resoluções para estabelecimento de padrões devam ser diferenciadas por rio ou região hidrográfica.

Some-se à informação dessa autora, a virtual desconsideração pela legislação federal dos cursos d'água efêmeros. O regime de intermitência é prevalente nos rios da região semi-árida no Nordeste brasileiro.

Gonçalves (2008) apresentou a experiência da participação de atores sociais na gestão dos recursos hídricos visando o enquadramento de corpos d'água, utilizando a Bacia do Rio Salitre – Bahia, como estudo-de-caso. A autora afirma que o enquadramento no Brasil é incipiente e mesmo havendo normas disponíveis desde 1976, apenas alguns poucos corpos d'água federais foram enquadrados.

Na década de 1980, foram enquadrados apenas três rios de domínio federal: Paranapanema, Paraíba do Sul e São Francisco. Este último o único enquadrado nos moldes da extinta Resolução CONAMA nº 20. Os outros dois foram enquadrados por meio de Portarias do Ministério do Interior, todos necessitando assim, de atualização.

A tabela 1 apresenta a situação até o ano de 2005 do enquadramento dos corpos d'água por estado no Brasil. Apesar de extensiva pesquisa, não foram encontradas informações sintéticas sobre a situação em 2011 do enquadramento no Brasil por estado, exceto uma visão geral em publicação da ANA.

Na Bahia, ainda segundo Gonçalves (2008), os rios locais vêm desde 1974, sendo alvo das resoluções do CEPRAM que tratavam especificamente do controle da poluição das águas e do enquadramento dos corpos d'água de bacias hidrográficas. Assim foram enquadrados os rios: Jacuípe e Joanes em 1975, Joanes/Ipitanga, Bandeira/Jacarecanga em 1976, Jacuípe, Camurugipe, Rio das Pedras e Subaé em 1977 e Paraguaçu em 1980.

Em 1981 ocorreu o reenquadramento do Rio Jacarecanga/Bandeira e em 1984 o Rio das Pedras. Todos eles foram enquadrados de acordo com a antiga Portaria nº 013 do MINTER.

Essa mesma autora citando fonte do INGÁ, afirma que os rios baianos ainda não estão classificados de acordo com a legislação vigente em 2010. Desta forma, com a publicação da Resolução nº 12/00 do CNRH, revisada, o Estado pretende classificar os rios e enquadrá-los. Também, o Estado deverá rever o enquadramento realizado nas décadas de 1970 e 1980 e nesta ocasião, os comitês de bacia participarão do processo que após concluído, será encaminhado para ser apreciado pelo CONERH.

A “Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil” (ANA, 2009) publicada pela Agência Nacional de Água diz que: “apesar de o enquadramento existir no país há 31 anos, há poucos resultados de sua aplicação no País. Somente 10 estados apresentam algum rio com águas de seu domínio enquadradas”.

Pode-se verificar, no entanto, pela tabela 1, onde estão os estados citados pela Conjuntura, que as unidades a aplicarem o enquadramento são na verdade doze: Alagoas, Bahia, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraíba, Paraná, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo.

Continua o documento: “Em apenas três bacias hidrográficas com dupla dominialidade dos corpos d'água, existe instrumento legal de enquadramento. Na maior parte dos casos, o processo de enquadramento contou com pouca ou nenhuma participação da sociedade civil e dos usuários”. Essas bacias são as citadas anteriormente por Gonçalves (2008).

**Tabela 1** - Situação até o ano de 2005 do enquadramento dos corpos d'água nos Estados

<b>Estado</b>	<b>Rios Enquadrados</b>	<b>Instrumento Legal</b>
Alagoas	Os rios principais estão	Decreto 3.766/76. O Decreto nº

	enquadrados: Camaragibe; Coruripe; Jiquiá; Manguaba; Mirim ou meirim; Perucaba; Piauí; Pratagy; São Miguel e Satuba.	6.200/85 adota os padrões de lançamento conforme definidos na Resolução CONAMA nº 20/86. No estado não houve ainda um processo de reenquadramento.
Bahia	Rios: Joanes (e a sub-bacia do rio Ipitanga), Subaé, Jacuípe, rios da Baía de Todos os Santos e Bacia dos rios do Leste (rios Cachoeira, Almada e Una).	Em 1995, nos moldes da Resolução CONAMA nº 20/86, por meio de Resoluções do CEPRAM 1.101, 1.102, 1.117 e 1.152 e em 1998 da bacia dos rios do Leste.
Mato Grosso do Sul	Rios Apa, Correntes, Miranda, Taquari, Negro, Nabileque (Bacia do Rio Paraguai) e o córrego Imbiruçu (Bacia do Rio Paraná).	Deliberação CECA/MS nº 03/1997 com base na resolução do CONAMA nº 20/86.
Minas Gerais	Piracicaba, Paraopeba, Velhas, Paraibuna, Pará, Verde e Gorutuba.	Deliberações Normativas do COPAM nºs 10/86, 14/95, 20/97 28/98.
Paraíba	Piranhas, Paraíba, Mamanguape, Curimataú, rios do Litoral e Zona da Mata, Rio Jacu e Trairi.	Deliberação COPAM de 1988, pelas diretrizes 201, 205, 206, 207, 208, 209 e 210 com base na resolução do CONAMA nº 20/86.
Paraná	Bacia Litorânea, rios Tibagi, Pirapó, Itararé, das Cinzas, Paranapanema, Paraná, Ribeira, Piquiri, Ivaí, Iguaçu.	Entre 1989 e 1992, foram enquadradas todas as bacias do estado segundo a Resolução CONAMA nº 20/86 e por dezesseis Portarias da extinta SUREHMA.
Pernambuco	Todas as bacias (atualmente revogado)	Decretos Estaduais nºs 11.358/86, 11.515/86 e 11.760/86, atualmente (2010) revogados.
Rio Grande do Norte	Principais cursos e reservatórios de água.	Feito pelo IDEMA e Governo do Estado através do Decreto nº 9.100/84 com base na Resolução CONAMA nº 20/86.
Rio de Janeiro	Principais corpos de água do estado.	Feito por resoluções da FEEMA na década de 1970, anterior às normas estabelecidas na Resolução CONAMA nº 20/86.
Rio Grande do Sul	A parte sul da Lagoa dos Patos e o rio de Gravataí foram os únicos enquadrados efetivamente, o primeiro sem participação popular e o segundo com participação do comitê.	Na década de 1980 foram enquadrados todos os rios estaduais por meio de portarias. A FEPAM iniciou em 1994 atividades de reenquadramento e desenvolveu estudo que fundamentou a elaboração de propostas de enquadramento dos recursos hídricos da parte sul da Lagoa dos Patos.
Santa Catarina	Principais rios, dentre eles: rio Cachoeira, Caveiras, Cubatão, da Velha, Ditinho;	Portaria nº 024/79, a partir da classificação estabelecida pela Portaria Interministerial nº 0013/76 pela

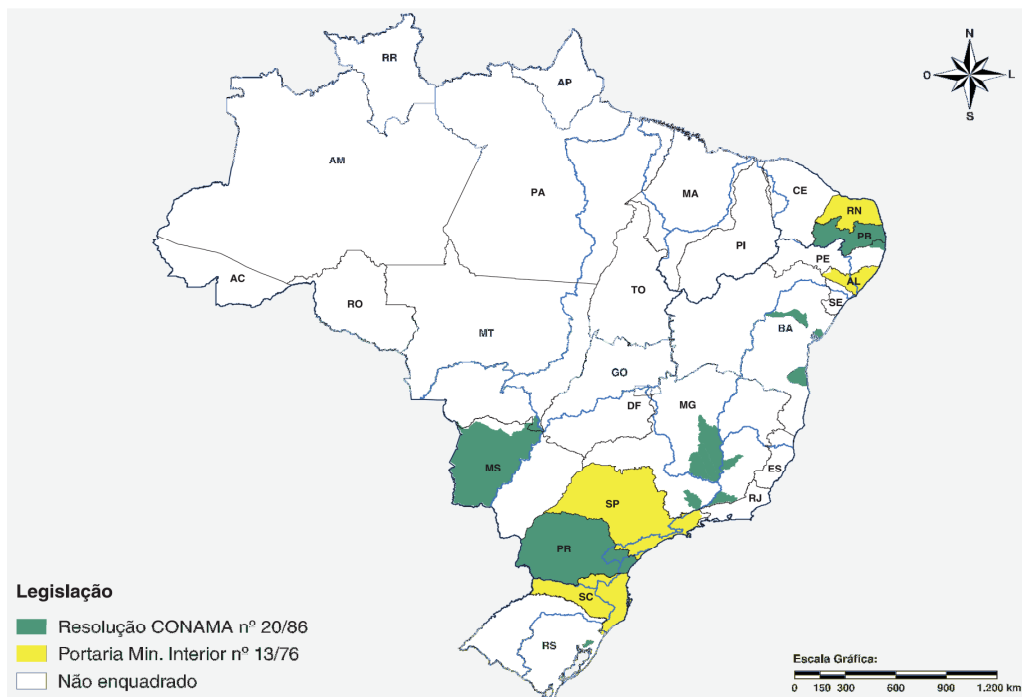


	do Mata Fome, do Meio; do Tigre, dos Queimados, Garcia, Itiriba, Lajeado Grande, Lajeado São José, Maruim, Massiambu, Piraí, Suruvi Tavares.	Secretaria do Planejamento e Coordenação Geral.
São Paulo	Principais rios, dentre eles: rio Paranapanema, Baixada Santista, Represas Billings e Guarapiranga, Litoral Norte e Sul, Tietê, Aguapeí, do Peixe, Grande, Mogi Guaçu, Paraíba do Sul, Pardo, Piracicaba, Ribeira de Iguape, Santo Anastácio, São José dos Dourados, Sapucaí-Mirim, e Turvo.	Decreto Estadual nº 10.775/76 estabelece o enquadramento dos corpos de água receptores na classificação prevista pelo Decreto nº 8.468/76. Esse Decreto foi objeto de alterações por meio dos Decretos nºs 24.839/86 e 39.173/94, os quais reenquadraram alguns corpos de água no estado.

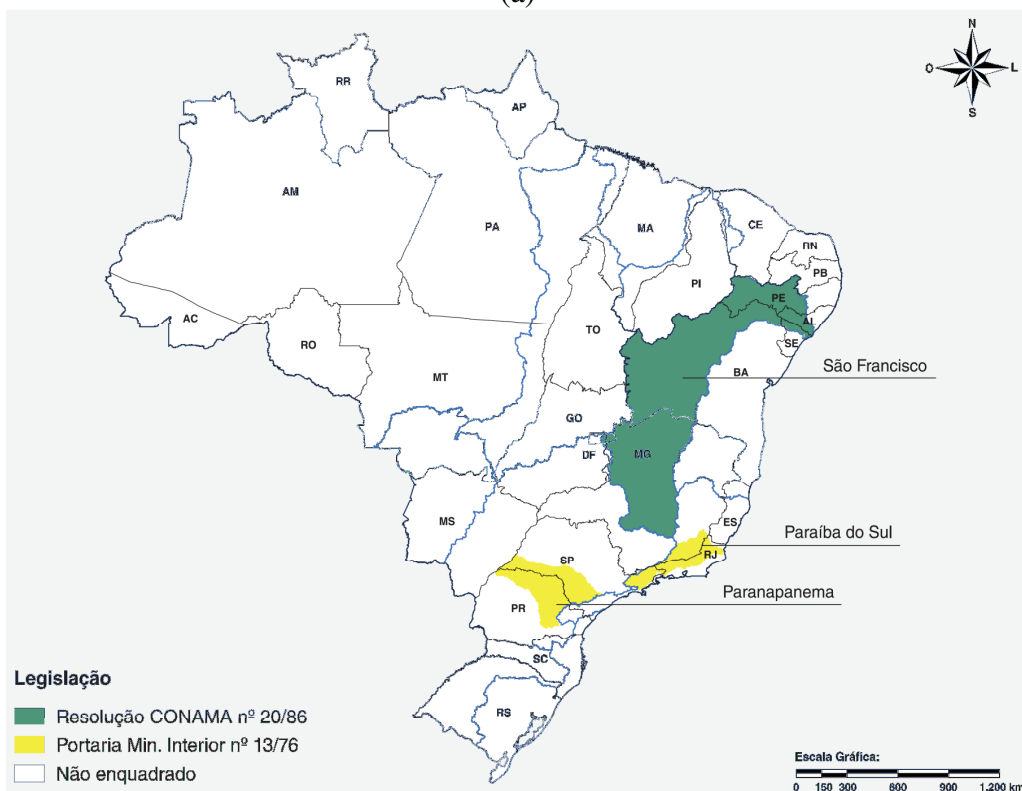
Fonte: ANA (2005), Gonçalves (2008)

A Figura 2 mostra a situação em 2009 do enquadramento de rios no país de acordo com a Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil, em rios estaduais e federais. Ressalta-se que em relação ao estado da Bahia, o mapa mostra bacias ou RPGAs que não passaram por processo de enquadramento, não correspondendo à realidade, portanto.

O enquadramento de rios no Brasil é um instrumento reconhecido como necessário tanto pelos órgãos de gestão de recursos hídricos como pelos especialistas no assunto. No entanto, não há ainda uma política sistemática de implantação deste recurso no país, o qual conta com iniciativas isoladas feitas por alguns estados, mas em sua maioria já ultrapassadas pela legislação vigente e, portanto, caducas.



(a)



(b)

**Figura 2** – (a) Bacias que possuem os corpos d’água estaduais enquadrados e a legislação utilizada e (b) Bacias que possuem os corpos d’água federais enquadrados e a legislação utilizada (ANA, 2009).

## METODOLOGIA PARA PRIORIZAÇÃO DAS RPGAs

### Escolha do Método

A priorização das RPGAs é portanto, um processo de tomada de decisão multiobjetivo (as RPGAs) e multicriterial (os requisitos) que terá de lançar mão de um Sistema de Apoio à Decisão

(SADE) a fim de que tenha seu objetivo alcançado. Os SADE são sistemas de conhecimento que utilizam tecnologia da informação para auxiliarem nas tomadas de decisão.

Dentre as diversas categorias de SADE a análise multicriterial consiste de uma disciplina que tem por objetivo auxiliar tomadores de decisão que se encontram diante de opções numerosas e conflitantes. Alguns métodos multicritério são: processos de análise hierárquica, processos analíticos de rede, inferência de multiatributos globais de qualidade e ferramentas específicas como os métodos ELECTRE (*ELimination Et Choix Traduisant la REalité* (eliminação e escolha expressando a realidade)).

Os métodos ELECTRE constituem uma família de métodos de análise multicriterial que se originaram na França na metade dos anos 60, proposto por Bernard Roy da Universidade Paris-Douphine. Esse método foi inicialmente utilizado para solução de problemas de escolha de melhor opção (otimização), mas diante do seu potencial, logo passou a ser empregado na resolução de questões ligadas a escolha, hierarquização e classificação (triagem).

A partir de sua primeira versão, o ELECTRE I, foram desenvolvidas ao longo dos anos diversas outras: ELECTRE I, ELECTRE II, ELECTRE III, ELECTRE IV, ELECTRE TRI, ELECTRE IS, para citar algumas. O ELECTRE é uma das abordagens que fazem parte da chamada escola francesa de apoio à decisão. Para realização do trabalho exigido, os métodos ELECTRE I e II são suficientes para solução do problema de tomada de decisão proposto.

Segundo Zuffo (1998), os métodos ELECTRE são baseados em relações hierárquicas que possibilitam a adoção de critérios de diferentes naturezas, como por exemplo, quantitativos e qualitativos, booleanos ou nominais, etc. O método ELECTRE II, que é uma extensão do ELECTRE I, utiliza como dados de entrada os dois gráficos (ou tabelas) produzidos pelo seu predecessor, representando uma estrutura de preferência forte e outra fraca.

A idéia que suporta o método ELECTRE II é escolher aqueles sistemas que são preferidos pela maioria dos critérios e que não ultrapassem um determinado nível de desconforto ou descontentamento aceito pelo TM para nenhum dos critérios considerados. Existem duas medidas distintas: a de concordância e a de discordância.

Essencialmente o ELECTRE II estabelece uma ordenação completa sobre um conjunto de

alternativas inicialmente consideradas, que satisfaça:

1. O teste da concordância, em que a medida da concordância está acima de um nível mínimo de aceitabilidade
2. O teste da discordância, em que a medida da discordância está abaixo de um nível máximo tolerável de discordância

Para poder analisar as matrizes de concordância e discordância são definidos valores de referência  $p$  e  $q$  pertencendo ao intervalo de variação entre 0 e 1. Esses valores indicam que a concordância desejada deverá ser superior ou igual a  $p$  e que  $q$  definirá a máxima discordância tolerável. Zuffo *et al.* (2002) adotou para a estrutura de preferência forte  $p=0,7$  e  $q=0,2$  e para a estrutura de preferência fraca  $p=0,5$  e  $q=0,3$ ; valores bastante comuns em aplicações ELECTRE.

O procedimento de ordenação do método ELECTRE II é formado por dois estágios distintos de pré-ordenação. No primeiro estágio, define-se a classificação progressiva e, no segundo, a regressiva. As duas pré-ordenações obtidas, geralmente, são diferentes, porém próximas. Isso ocorrendo, o TM pode escolher a média entre elas, caso contrário, deve-se redefinir o problema e reaplicar o método. Devido sua extensa aplicação a diversos problemas de engenharia, o método ELECTRE II foi o escolhido para auxiliar a solução do problema ora discutido.

### **Definição de Critérios**

Os critérios foram definidos através de diversas discussões entre o responsável pela hierarquização e a equipe de acompanhamento do trabalho do INGÁ. A Tabela 1 mostra os critérios considerados significativos para a hierarquização das RPGAs, os quais foram classificados em Socioeconômicos, Ambientais, Políticas Públicas e Hidrológicos. Os critérios estão numerados de 1 a 19 e desta parte por diante, eles serão referidos nos gráficos e tabelas por esta numeração

**Tabela 1 - Critérios utilizados na hierarquização das RPGAs**

---

#### **CRITÉRIOS**

---

<b>Socioeconômicos</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Incidência de Doenças de Veiculação Hídrica</li> <li>2. Índice de Desenvolvimento Humano</li> <li>3. Presença de Comunidades Tradicionais</li> <li>4. Agricultura Familiar</li> <li>5. Grau de Urbanização</li> <li>6. Densidade Populacional</li> <li>7. Taxa de Crescimento Demográfico</li> </ol>
<b>Ambientais</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>8. Existência de Unidades de Conservação</li> <li>9. Necessidade da Garantia da Vida Aquática</li> <li>10. Índice de Preservação da Cobertura Vegetal</li> <li>11. Existência de Áreas Degradadas</li> <li>12. Cobertura de Saneamento Básico</li> </ol>
<b>Políticas Públicas</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>13. Montante de Recursos Planejados na área de Recursos Hídricos e Saneamento</li> <li>14. Montante de Recursos Investidos na área de Recursos Hídricos/Saneamento</li> </ol>
<b>Hidrológicos</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>15. Intermitência</li> <li>16. Oxigênio Dissolvido – Demanda Bioquímica de Oxigênio</li> <li>17. Magnitude de Vazão</li> <li>18. Existência de Barragens no Principal Tributário</li> <li>19. Concentração de Nascentes na RPGA</li> </ol>

Fonte: Campos, 2010

### **Aplicação da Metodologia**

O ELECTRE II necessita de duas avaliações: a dos pesos e a do nível de desempenho entre alternativas *versus* critérios. Esta é a parte subjetiva do processo e em geral. Ao invés das avaliações serem feitas por um só TM, recomenda-se que seja consultado um grupo de TMs diretamente envolvidos no processo, o que foi feito no presente trabalho.

Em reunião realizada no INGÁ com representantes dos Comitês das RPGAs, o especialista contratado para realizar a hierarquização e a equipe de acompanhamento do trabalho do Instituto, foi-lhes apresentado um manual explicativo que guiou a apreciação de pesos, alternativas e critérios. O grupo foi formado por dois representantes de cada Comitê, sendo um o presidente ou vice-

presidente, e um da câmara técnica de planos, projetos e programas.

Um único formulário de avaliação foi preenchido pela equipe de acompanhamento do INGÁ que desta forma, teve influência equivalente à dos demais avaliadores. A Tabela 2 apresenta o resultados dos pesos atribuídos aos critérios pelo grupo de avaliação que teve escala variando de 1 a 5 de acordo com o seu grau de importância (1 para menor e 5 para maior), com precisão decimal. Na coluna “Pesos Atribuídos” desta tabela, há sub-colunas com os pesos dados aos critérios pelos avaliadores individualmente. A última coluna tem o peso médio o qual foi adotado como dado de entrada na hierarquização. A Figura 2 mostra os pesos médios atribuídos a cada critério.

A Figura 3 mostra a distribuição (frequência) dos pesos médios divididos em intervalos de um ponto, baseada na última coluna da Tabela 2. Em cada fatia são mostrados os números de ocorrências absolutas dos pesos em cada intervalo e o seu percentual. Nos intervalos entre 0 e 1 e 1 e 2 não houve nenhuma ocorrência.

Após a atribuição dos pesos aos critérios o grupo procedeu a avaliação dos critérios *versus* alternativas. A Tabela 3 mostra a matriz de avaliação entre os critérios e as alternativas em cujas células foram colocados as médias dos valores atribuídos pelos 9 avaliadores. A escala de concordância, de 1 a 5, é desta forma: 1 – Muito Pouca 2 – Pouca 3 – Regular 4 – Boa 5 – Excelente, com precisão decimal. Na coluna “Pesos Atribuídos” desta tabela, há sub-colunas com os pesos dados aos critérios pelos avaliadores individualmente. A última coluna tem o peso médio o qual foi adotado como dado de entrada na hierarquização.

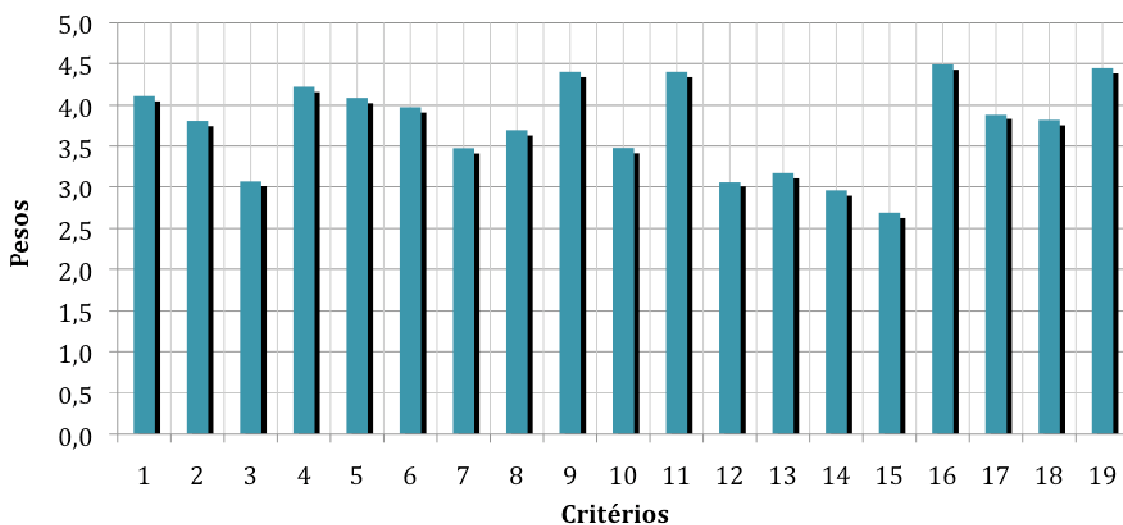
A Figura 3 mostra a distribuição (frequência) dos pesos médios divididos em intervalos de um ponto, baseada na última coluna da Tabela 2. Em cada fatia são mostrados os números de ocorrências absolutas dos pesos em cada intervalo e o seu percentual. Nos intervalos entre 0 e 1 e 1 e 2 não houve nenhuma ocorrência.

Após a atribuição dos pesos aos critérios o grupo procedeu a avaliação dos critérios *versus* alternativas. A Tabela 3 mostra a matriz de concordância entre critérios e alternativas em cujas células foram colocados as médias dos valores atribuídos pelos 9 avaliadores. A escala de concordância, de 1 a 5, é desta forma: 1 – Muito Pouca 2 – Pouca 3 – Regular 4 – Boa 5 – Excelente, com precisão decimal.

**Tabela 2 – Pesos atribuídos aos critérios pela equipe de avaliação**

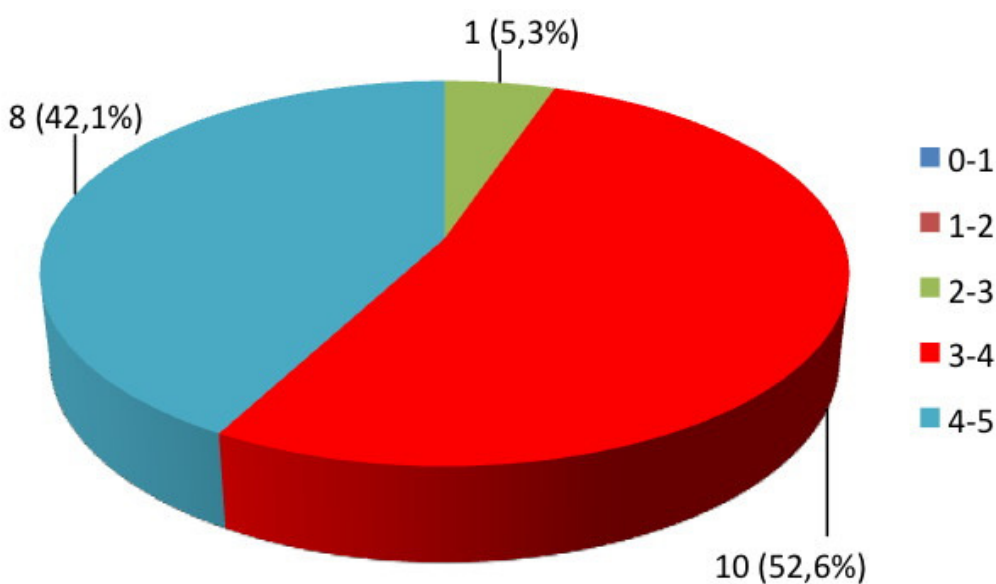
<b>Critérios</b>	<b>Pesos Atribuídos pelos Avaliadores</b>										<b>Peso Médio</b>
1 Incidência de Doenças de Veiculação Hídrica	5,0	5,0	5,0	1,0	5,0	3,0	5,0	4,0	4,0		4,1
2 Índice de Desenvolvimento Humano	5,0	5,0	5,0	1,0	5,0	3,0	3,0	4,0	3,2		3,8
3 Presença de Comunidades Tradicionais	4,0	4,0	5,0	2,0	5,0	2,0	2,0	2,0	1,7		3,1
4 Agricultura Familiar	5,0	5,0	5,0	4,0	5,0	1,0	5,0	5,0	3,0		4,2
5 Grau de Urbanização	4,0	4,0	4,0	2,0	4,0	5,0	5,0	4,0	4,8		4,1
6 Densidade Populacional	4,0	4,0	4,0	2,0	3,0	5,0	5,0	4,0	4,8		4,0
7 Taxa de Crescimento Demográfico	4,0	4,0	n/a <sup>1</sup>	1,0	2,0	5,0	4,0	3,0	4,8		3,5
8 Existência de Unidades de Conservação	5,0	5,0	3,0	1,0	5,0	4,0	3,0	3,0	4,2		3,7
9 Necessidade de Garantia da Vida Aquática	5,0	5,0	5,0	3,0	5,0	4,0	5,0	3,0	4,6		4,4
10 Índice de Preservação da Cobertura Vegetal	2,0	2,0	4,0	5,0	5,0	3,0	3,0	4,0	3,3		3,5
11 Existência de Áreas Degradadas	5,0	5,0	5,0	3,0	5,0	3,0	4,0	5,0	4,6		4,4
12 Cobertura de Saneamento Básico	0,0	0,0	3,0	4,0	2,0	5,0	5,0	4,0	4,6		3,1
13 Montante de Recursos Planejados em Recursos Hídricos e Saneamento	3,0	3,0	2,0	2,0	3,0	4,0	5,0	4,0	2,6		3,2
14 Montante de Recursos Executados em Recursos Hídricos e Saneamento	3,0	3,0	2,0	1,0	3,0	5,0	3,0	2,0	4,6		3,0
15 Intermittência	0,0	0,0	5,0	2,0	5,0	3,0	4,0	3,0	2,2		2,7
16 Oxigênio Dissolvido	5,0	5,0	5,0	3,0	5,0	4,0	5,0	4,0	4,4		4,5
17 Magnitude de Vazão	5,0	5,0	n/a <sup>1</sup>	2,5	3,0	4,0	4,0	4,0	3,6		3,9
18 Existência de Barragens no Principal Tributário	4,0	4,0	5,0	1,5	5,0	4,0	4,0	4,0	2,8		3,8
19 Concentração de Nascentes na RPGA	5,0	5,0	4,0	3,0	5,0	5,0	4,0	5,0	4,0		4,4

<sup>1</sup>n/a – não avaliou



Critérios	5 - Grau de Urbanização	10 - Índice de Preservação da Cobertura Vegetal	15 - Intermitência
1 - Incidência de Doenças de Veiculação Hídrica	6 - Densidade Populacional	11 - Existência de Áreas Degradadas	16 - Oxigênio Dissolvido – Demanda Bioquímica de Oxigênio
2 - Índice de Desenvolvimento Humano	7 -Taxa de Crescimento Demográfico	12 - Cobertura de Saneamento Básico	17 - Magnitude de Vazão
3 - Presença de Comunidades Tradicionais	8 - Existência de Unidades de Conservação	13 -Montante de Recursos Planejados na área de Recursos Hídricos/Saneamento	18 - Existência de Barragens no Principal Tributário
4 - Agricultura Familiar	9 - Necessidade da Garantia da Vida Aquática	14 - Montante de Recursos Investidos na área de Recursos Hídricos/Saneamento	19 - Concentração de Nascentes na RPGA

**Figura 2 – Pesos médios de cada critério**



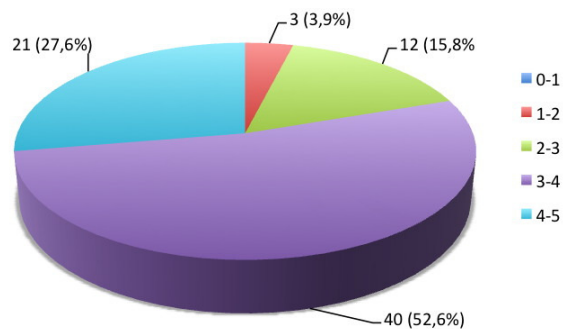
**Figura 3 – Distribuição dos pesos médios atribuídos aos critérios**



**Tabela 3** – Matriz de avaliação de critérios *versus* alternativas (valores médios)

Alternativas	Critérios																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1 - Recôncavo Norte e Inhambupe	3,1	3,9	3,4	4,0	4,6	4,3	3,6	3,3	4,1	3,8	4,2	3,6	3,2	3,0	1,6	4,7	3,4	3,3	3,4
2 - Leste	3,7	3,1	3,2	4,0	3,9	3,2	2,6	3,2	4,3	3,7	3,9	3,1	3,2	3,0	1,9	4,0	2,9	2,3	3,4
3 - Paraguaçu	4,3	3,6	4,0	4,0	3,6	2,9	3,1	3,3	4,1	3,4	3,9	2,8	3,1	2,8	2,2	3,9	2,9	3,4	3,8
4 - Salitre	4,7	4,1	4,0	4,2	2,7	3,0	2,3	2,6	4,0	3,1	3,9	2,9	3,2	3,2	4,3	4,2	1,9	4,1	3,1

Critérios	5 - Grau de Urbanização	10 - Índice de Preservação da Cobertura Vegetal	15 - Intermitência
1 - Incidência de Doenças de Veiculação Hídrica	6 - Densidade Populacional	11 - Existência de Áreas Degradadas	16 - Oxigênio Dissolvido – Demanda Bioquímica de Oxigênio
2 - Índice de Desenvolvimento Humano	7 - Taxa de Crescimento Demográfico	12 - Cobertura de Saneamento Básico	17 - Magnitude de Vazão
3 - Presença de Comunidades Tradicionais	8 - Existência de Unidades de Conservação	13 - Montante de Recursos Planejados na área de Recursos Hídricos/Saneamento	18 - Existência de Barragens no Principal Tributário
4 - Agricultura Familiar	9 - Necessidade da Garantia da Vida Aquática	14 - Montante de Recursos Investidos na área de Recursos Hídricos/Saneamento	19 - Concentração de Nascentes na RPGA



**Figura 4** – Distribuição dos valores médios na matriz de avaliação

A Figura 4 mostra a distribuição dos valores médios da concordância divididos em intervalos de um ponto. Esta distribuição é baseada em todos valores da Tabela 3. Em cada fatia são mostrados os números de ocorrências dos valores em cada intervalo e o seu percentual. Nos intervalos entre 0 e 1 não houve nenhuma ocorrência.

## RESULTADOS

De acordo com os dados do grupo de avaliação obteve-se pela aplicação do método ELECTRE II a matriz de concordância, mostrada na Tabela 4, e a matriz de discordância mostrada na Tabela 5.

**Tabela 4 – Matriz de concordância**

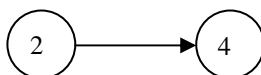
<b>Alternativas</b>	Recôncavo Norte e Inhambupe	Leste	Paraguaçu	Salitre
1 - Recôncavo Norte e Inhambupe	-	0,532	0,656	0,825
2 - Leste	0,468	-	0,659	0,731
3 - Paraguaçu	0,344	0,341	-	0,675
4 - Salitre	0,175	0,270	0,330	-

Da mesma forma, matriz de discordância consta na Tabela 5.

**Tabela 5 – Matriz de discordância**

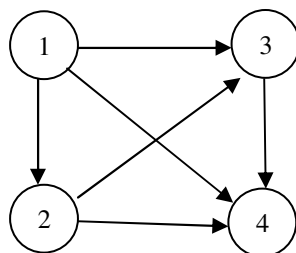
<b>Alternativas</b>	Recôncavo Norte e Inhambupe	Leste	Paraguaçu	Salitre
1 - Recôncavo Norte e Inhambupe	-	0,180	0,260	0,333
2 - Leste	0,256	-	0,143	0,214
3 - Paraguaçu	0,333	0,194	-	0,140
4 - Salitre	0,415	0,270	0,200	-

Para construção do gráfico de preferência forte, considerou-se o índice mínimo de concordância,  $p = 0,70$ , e índice máximo de discordância,  $q = 0,25$ , obtendo-se o gráfico de preferência forte visto na Figura 5.



**Figura 5 – Gráfico de preferência forte**

Observa-se que nesse caso a alternativa 2, Leste, domina a alternativa 4, Salitre. Para construção do gráfico de preferência fraca, considerou-se o índice mínimo de concordância,  $p = 0,50$ , e índice máximo de discordância,  $q = 0,40$ , obtendo-se o gráfico de preferência fraca visto na Figura 6.



**Figura 6** – Gráfico de preferência fraca

Observa-se que a alternativa 1, Recôncavo Norte e Inhambupe, domina todas as outras alternativas não sendo dominado por nenhuma alternativa. A alternativa 4, Salitre, é dominada por todas as outras não dominando nenhuma outra alternativa. A alternativa 2, Leste, domina as alternativas 4 e 3, Paraguaçu, sendo dominada apenas pela alternativa 1. A alternativa 3 domina a alternativa 4 sendo dominada pelas alternativas 1 e 3.

Contudo, obteve-se as classificações progressiva e regressiva das alternativas e a média vista na Tabela 6.

**Tabela 6** – Classificações progressiva e regressiva das alternativas

Alternativa	Classificação Progressiva	Classificação Regressiva	Classificação Média
1 - Recôncavo Norte e Inhambupe	1º	1º	1º
2 - Leste	2º	2º	2º
3 - Paraguaçu	3º	3º	3º
4 - Salitre	4º	4º	4º

Com base nesses resultados foi obtida a ordenação das RPGAs pelo método ELECTRE II (classificação média) da alternativa de mais alta prioridade para a mais baixa, descrita na Tabela 7.

**Tabela 7** – Hierarquização das RPGAs

Classificação	RPGA
1º	Recôncavo Norte e Inhambupe
2º	Leste
3º	Paraguaçu
4º	Salitre

## **CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

Este trabalho é a solução proposta à questão relativa à hierarquização das RPGAs escolhidas pelo Estado da Bahia como prioritárias para enquadramento de seus rios. O problema a ser resolvido foi considerado como de tomada de decisão e portanto um Sistema de Apoio à Decisão foi avaliado como adequado para solucioná-lo.

A metodologia utilizada para solucionar o problema foi a do uso do método ELECTRE II, por ser um método de análise multicriterial e multiobjetivo, largamente aplicada a problemas similares. Como pode ser conferida no texto do artigo, a aplicação da metodologia logrou êxito na proposta. A parte subjetiva do processo, como o da atribuição de pesos, por exemplo, foi contornada através da participação do pessoal ligado aos Comitês das RPGAs. No entanto, como todo SADE, a parte subjetiva do processo não pode ser inteiramente retirada.

Da mesma forma que as demais RPGAs, a do Rio Salitre, que na hierarquização entre regiões ficou em último lugar, foi avaliada por representantes seu e de todas RPGAs estudadas (comitês). O julgamento, pelo resultado, pareceu severo com esta região possivelmente devido à situação de intermitência na maior parte do tributário principal. O enquadramento de rios pressupõe capacidade de assimilação de poluentes através da existência de fluxo permanente

Nos rios intermitentes, nenhuma das características citadas pode ser garantida, tornando o enquadramento nesses casos um instrumento de difícil aplicação ou mesmo inadequado. Portanto, recomenda-se que seja realizado estudo na RPGA do Salitre a fim de avaliar que outro instrumento aplica-se melhor a esta região de rios intermitentes.

É recomendado que se possível, outro método seja aplicado ao problema a fim de comparar os resultados aos obtidos neste trabalho.

## **REFERÊNCIAS**

- Campos, R., Estudo de Priorização de Rios a Serem Enquadrados nas RPGAs do Recôncavo Norte e Inhambupe, Leste, Paraguaçu e Salitre, Relatório, INGÁ, Salvador – BA, 2010.
- Zuffo, A. C., Reis, F. L. R., Santos, R. F. dos, Chaudhry, F. H., Aplicação de Métodos Multicriteriais ao Planejamento de Recursos Hídricos, Revista Brasileira de Recursos Hídricos,

vol. 7, ABRH, Porto Alegre-RS, 2002.

Zuffo, A. C., Seleção e Aplicação de Métodos Multicriteriais ao Planejamento Ambiental de Recursos Hídricos, Tese de Doutorado, EESC-USP, São Carlos-SP, 1998.