

# APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA SUBTERRÂNEA (IQUAS) DESTINADO AO USO PARA CONSUMO HUMANO

Rosa Alencar Santana de Almeida<sup>1</sup>; Iara Brandão de Oliveira<sup>2</sup>

**Resumo** – Este trabalho apresenta os resultados da aplicação do Índice de Qualidade de Água Subterrânea (IQUAS), a uma amostra de água subterrânea obtida na Região Metropolitana de Salvador – RMS. A formulação do IQUAS foi baseada na revisão de índices já existentes para a avaliação da qualidade da água subterrânea, tal como o IQNAS e o SEQ Eaux-Souterraines, sendo modificado para a inclusão de outros parâmetros químicos e bacteriológicos. A escolha dos parâmetros e de seus pesos, os quais representam a importância de cada parâmetro no Índice, foi realizada através do consenso entre especialistas, utilizando-se a Metodologia Delphi. O IQUAS foi construído à semelhança do WQI da *National Sanitation Foundation*, usando o método de agregação multiplicativa das notas de qualidade. Utilizou-se um intervalo de notas semelhante ao estabelecido pelo WQI, ou seja: de 80-100, qualidade ótima; de 52-79, boa; de 37-51, regular; de 20-36, ruim e de 0-19, péssima. Para melhor avaliar o efeito da variação de cada parâmetro no IQUAS, foram introduzidas não conformidades para cada parâmetro incluído no índice, isoladamente. Os resultados obtidos demonstraram que o Índice está apropriado para informar a qualidade das águas subterrâneas submetidas a impactos ambientais negativos; e pode ser útil no monitoramento dos aquíferos.

**Abstract** – This work presents the results of the application of the Groundwater Quality Index (IQUAS), to a groundwater sample obtained in the Metropolitan Region of Salvador – RMS. The IQUAS formulation was based reviewing existing indices for groundwater quality evaluation, as IQNAS and SEQ Eaux-Souterraines, modified for including other chemical and bacteriological parameters. The choice of parameters and their weights, which represent the importance of each parameter, was made by consensus among experts, using the Delphi Methodology. The IQUAS was constructed similar to WQI of the National Sanitation Foundation using a multiplicative method of aggregation for the notes, or parameter's degree of quality. It was used a range of notes similar to that established by the WQI, as such: 80-100, excellent quality; 52-79, good; 37-51, acceptable; 20-36 bad, and 0-19, inappropriate. To better assess the effect of the change in each parameter on IQUAS, nonconformities were imposed to each parameter included in the index, individually. The results showed that IQUAS is an index appropriate to inform the quality of groundwater subjected to negative environmental impacts, serving also as an instrument for aquifer monitoring.

**Palavras-Chave** – Aquíferos Urbanos, Índice de Qualidade de Água Subterrânea, Metodologia Delphi.

<sup>1</sup> Departamento de Tecnologia – DTEC, Universidade Estadual de Feira de Santana UEFS. End. Residencial: Rua Amazonas, 845 Apto. 202 – Pituba – Salvador – Bahia – CEP 41830.380. Tel (71) 32401431 – Celular (71) 8823-1431 - e-mail: [ralencar@ufba.br](mailto:ralencar@ufba.br) / [rosaalencar@gmail.com](mailto:rosaalencar@gmail.com).

<sup>2</sup> Departamento de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica, UFBA. Rua Aristides Novis, no.2, Federação, Salvador – Bahia – CEP 40210-630 . Tel (71) 3283-9795 – Celular (71) 8153-8400 – e-mail: [oliveira@ufba.br](mailto:oliveira@ufba.br)

## 1. INTRODUÇÃO.

A literatura dispõe de alguns métodos para informação da qualidade das águas subterrâneas utilizando índices. O Índice de Qualidade Natural das Águas Subterrâneas IQNAS (Oliveira et al, 2004), foi desenvolvido para informar sobre a qualidade natural das águas subterrâneas e possui formulação matemática similar ao Water Quality Index (WQI) desenvolvido pelos pesquisadores da National Sanitation Foundation (NSF) para a qualificação da água superficial. O IQNAS utiliza os parâmetros dureza, cloreto, ph, resíduos totais, fluoreto, e nitrato, sendo este último, quando apresenta teores elevados, um indicador da presença de contaminação por efluentes domésticos ou resíduos da atividade agrícola. Tendo em vista o conjunto de parâmetros escolhidos para compor o IQNAS, o mesmo é limitado para a qualificação de aquíferos antropizados por fontes de contaminação orgânica, tal como áreas industriais que envolvem a transformação de produtos petroquímicos.

Outro indicador encontrado é o SEQ - Eaux Souterraines, sistema de avaliação desenvolvido pelo ministério das águas francês (Cadilhac, 2005). O SEQ - Eaux Souterraines é construído a partir de conjuntos de alterações de qualidade das águas subterrâneas. Com base nessas alterações são escolhidos agrupamentos de parâmetros, cuja presença na água subterrânea, produz o efeito na qualidade associado à alteração indicada. Além disso, o SEQ - Eaux Souterraines trabalha com a noção de estado legado do recurso hídrico, também chamado “estado patrimonial”, que exprime o grau de degradação de uma água em face da pressão exercida pelas atividades sócio-econômicas sobre os mananciais. As alterações e os parâmetros recomendados pelo SEQ - Eaux Souterraines estão apresentados na Tabela 1.

A construção de índices de qualidade envolve a escolha de parâmetros para compor os mesmos. Para essa escolha, vários procedimentos são utilizados, entre estes estão: metodologia estatística ou através de opinião e consenso de especialistas. Para este segundo processo, tem sido largamente utilizado o Método Delphi (Dalkey, 1969) que se apresenta como muito adequado aos propósitos da formulação de índices. As vantagens desse método são: o formato (grupo de especialistas e anonimato); independência da localização física do entrevistado, o que contribui para a portabilidade dos resultados; e, modo de obtenção dos resultados através do consenso de opiniões. Além disso, o método foi tradicionalmente utilizado na formulação de índices de qualidade de água, desde a década de setenta, tendo sido usado pelos pesquisadores da *National Sanitation Foundation* (NSF) para definição do *Water Quality Index* (WQI).

Tabela 1 - Grupos de Alterações de Qualidade e os Parâmetros relacionados

<b>Grupos de Alterações</b>	<b>Parâmetros relacionados</b>
Sabor e Odor	Sabor e Odor.
Material Orgânico e Oxidável	Carbono Orgânico Dissolvido.
Partículas em Suspensão	Turbidez e material em suspensão.
Ferro e Manganês	Ferro Total, Manganês Total.
Coloração	Cor.
Microorganismos	Escherichia coli, entérococos ou estreptococos fecais, coliformes totais.
Mineralização e Salinidade	Condutividade, resíduos sólidos, pH, sulfato, dureza, TAC, cálcio, magnésio, sódio, potássio, fluoreto, Índice de Saturação e RAS.
Nitrato	Nitrato.
Nitrogenados (fora nitrato)	Amônia e Nitrito.
Micropoluentes Minerais	Alumínio, antimônio, arsênio, bário, boro, cádmio, cianeto, chumbo, cobre, cromo, mercúrio, níquel, prata, selênio, zinco.
Pesticidas	Alaclor, Aldrin e Dieldrin, Atrazina, Bentazona, Clordano (isômeros), 2,4 D, DDT (isômeros), Endossulfan, Endrin, Glifosato, Heptacloro e Heptacloro epóxido, Hexaclorobenzeno, Lindano ( $\gamma$ -BHC), Metolacloro, Metoxicloro, Molinato, Pendimetalina, Pentaclorofenol, Permetrina, Propanil, Simazina, Trifluralina, Outros Pesticidas.
Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos (HAP)	Benzo[a]pireno, HAP.
PCB	PCB.
Outros Micropoluentes Orgânicos	Acilamida, Benzeno, Benzo[a]pireno, Cloreto de Vinila, 1,2 Dicloroetano, 1,1 Dicloroetano, Diclorometano, Estireno, Tetracloroeto de Carbono, Tetracloroetano, Triclorobenzenos, Tricloroetano.
Corrosão	CO <sub>2</sub> dissolvido, O <sub>2</sub> dissolvido, Salinidade, Condutividade, pH, Cloreto, Sulfatos, Ferro Bactérias, Sulfitos, eH (potencial óxido-redução).
Formação de Depósitos	Ph, eH (potencial óxido-redução), O <sub>2</sub> dissolvido, Ferro Bactérias, IS (Índice de Saturação).
Temperatura	Temperatura.

Quando os índices possuem mais de um parâmetro, sua construção exige a adoção de critérios de agregação. A literatura relata métodos de agregação intermediária utilizando somas, soma ponderada e multiplicação (Abbasi, 2002). O trabalho de Abbasi mostrou que o método de agregação multiplicativa foi utilizado por vários pesquisadores nas suas formulações (Brown, 1970; Bhargava, 1985; Dinius, 1987; Ved Prakash, 1990; apud Abbasi 2002); e mostrou-se bastante adequado, pois evita os problemas de “eclipse” e de “ambigüidade” presente nos outros modelos de agregação. Também foi utilizado no índice IQA (Cetesb, 2004) e IQNAS (Oliveira et al., 2004).

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho utilizou como ponto de partida, as recomendações do SEQ - Eaux Souterraines, para o desenvolvimento do Índice de Qualidade das Águas Subterrâneas – IQUAS, quanto às alterações e parâmetros associados; enquanto para sua formulação matemática foi escolhida a agregação multiplicativa utilizado no WQI do *National Sanitation Foundation* (NSF, 2004).

### Seleção de parâmetros

Para a seleção de parâmetros que compõem o IQUAS foi escolhido o Método Delphi. Não obstante, foram introduzidas modificações ao formato original do método: como a abordagem via rede mundial de computadores e a introdução de uma lista inicial de parâmetros, previamente escolhidos pela equipe, para compor o índice. Vale ressaltar que, mesmo na evidência de existirem índices de Qualidade das Águas Subterrânea em outros países, ainda assim, foi importante prospectar a opinião dos especialistas brasileiros sobre a influência das variadas fontes de poluição na qualidade das águas subterrâneas no território nacional.

No que se refere à lista inicial de parâmetros, aqui identificada como “Grupos de Alterações e Parâmetros Relacionados” a escolha foi feita utilizando-se a fundamentação recolhida do sistema de avaliação francês SEQ - Eaux Souterraines já apresentado na Tabela 1.

Foram escolhidos os parâmetros de composição do índice com base nos votos atribuídos aos grupos de alterações e aos parâmetros de cada grupo da lista inicial, recebidos dos participantes do painel Delphi. Os votos foram estatisticamente avaliados utilizando-se a distribuição *t-Student*, para o caso unilateral, considerando como corte, um nível de confiança de 60%, e conseqüentemente rejeição de 40%.

Algumas alterações foram selecionadas para compor o IQUAS, embora não tivesse nenhum dos parâmetros alcançando votos suficientes para atender ao critério de inclusão adotado. Nesses casos, decidiu-se que a opção de seguir exclusivamente a opinião dos especialistas e, os critérios matemáticos na seleção dos parâmetros, resultaria na não inclusão de alterações que comprovadamente estão associadas à atividades da Região Metropolitana de Salvador que são vetores de degradação ambiental, tal como o pólo petroquímico de Camaçari. Por esse motivo, a equipe de trabalho, julgou conveniente incluir o grupo de alterações de “Micropoluentes Orgânicos” na composição do IQUAS. Esse grupo de alterações está representado pelo parâmetro mais votado do grupo, o Benzeno, que obteve 21 votos.

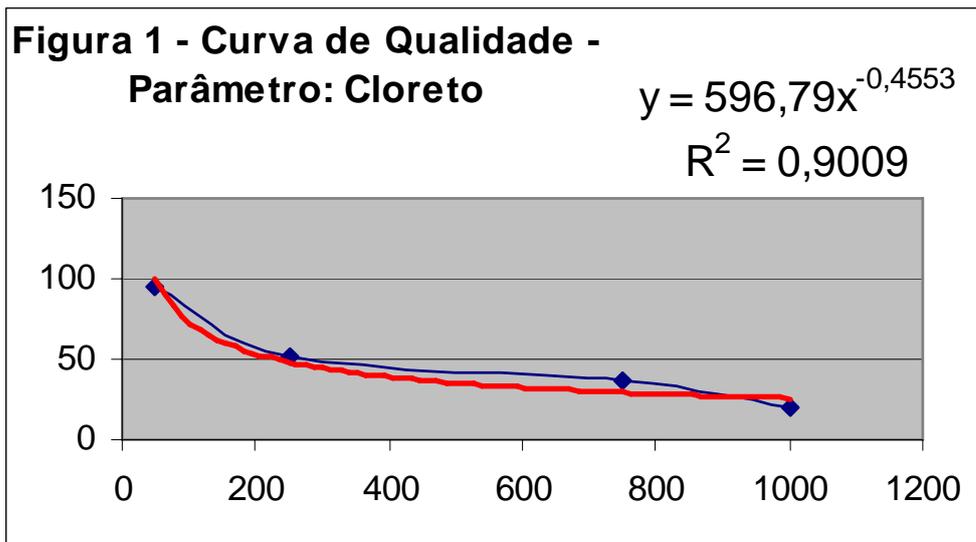
Dessa inferência resultou a seleção definitiva de oito grupos de alterações: Partículas em Suspensão, Ferro e Manganês, Microorganismos, Mineralização e Salinidade, Nitratos, Nitrogenados (excluindo-se nitrato), Micropoluentes Minerais e os Micropoluentes Orgânicos.

Outra inferência realizada pela equipe do projeto foi a substituição do parâmetro Coliformes Totais, originalmente selecionado pelos respondentes, pelo parâmetro Coliformes Termotolerantes, quando disponível na amostra. O coliforme termotolerante é um subgrupo dos coliformes totais que, embora também inclua microorganismos de origem não fecal, é aceitável como indicador de poluição fecal. Esta iniciativa decorreu tão somente das recomendações introduzidas na fundamentação teórica e em nada comprometeu a aplicação do método Delphi de seleção dos parâmetros.

### **Construção das curvas de qualidade ou nota**

Para cada parâmetro escolhido para compor o IQUAS foram desenhadas as curvas de qualidade versus concentração do elemento. As equações matemáticas obtidas são utilizadas para inferir a qualidade ou nota de cada parâmetro para os diversos valores ou concentrações dos parâmetros. Para construção das curvas de qualidade (nota versus concentração) foram adotados como valores conhecidos os limites de conformidade previstos na legislação brasileira e nas recomendações da Organização Mundial de Saúde. Foram adotados, inicialmente, os teores preconizados na minuta da resolução CONAMA para águas subterrâneas (BRASIL, 2007), texto precursor da resolução CONAMA Nº 396 de 03 de Abril de 2008. Na falta de alguns valores limites, foram utilizados os teores estabelecidos pela Portaria do Ministério da Saúde Nº 518/04 (BRASIL, 2004). Como terceira e última opção, foram utilizados os limites recomendados na terceira edição das Diretrizes para a Qualidade da Água para Consumo Humano (*WHO - Guidelines for Drinking-water Quality - GDWQ*) (WHO, 2004). A adoção dos limites, nesta seqüência indicada, deve-se em primeiro lugar, ao fato dos limites sugeridos para a classificação das águas brutas subterrâneas brasileiras estarem sendo discutidos, exaustivamente, naquele momento, nas reuniões do GTAS - CONAMA, o que por si só já os credenciava como a principal opção. Quanto à escolha da Portaria MS Nº 518/04, como segunda alternativa, decorre do fato de que os limites estabelecidos nesse instrumento constituem os valores adequados de concentração em águas destinadas ao consumo humano. A terceira alternativa foi utilizada apenas na falta de suporte na legislação brasileira e por serem referências aceitas e adotadas mundialmente.

A figura 1 apresenta uma curva de qualidade ou nota versus concentração para ilustrar a metodologia aplicada. Para a construção da curva para o Cloreto, a concentração de  $250 \text{ mgL}^{-1}$  (valor máximo recomendado) recebeu a nota 52 (limite mínimo do aceitável para a Qualidade Boa) e enquanto o teor  $0,0 \text{ mgL}^{-1}$ , recebeu a nota máxima (100). Também foram inferidos dois pontos intermediários, para os teores  $50 \text{ mgL}^{-1}$  e  $750 \text{ mgL}^{-1}$ , com qualidade 95 e 37 respectivamente. A partir destes quatro pontos, foi traçada a linha de tendência e o método de ajuste não linear do EXCEL forneceu a melhor função.



### Atribuição de pesos

A atribuição dos pesos iniciais para cada parâmetro também foi uma tarefa dos painelistas. Da mesma forma que os parâmetros, os pesos também foram tratados estatisticamente para obtenção do resultado final. Os votos obtidos no questionário de parâmetros foram avaliados utilizando-se a distribuição *t-Student*, para caso unilateral, e os pesos foram tabulados utilizando-se percentuais simples dos valores mais votados. As premissas básicas seguidas para obter esses números foram:

- ✓ O IQUAS deve contemplar a importância de cada grupo de alterações na qualidade da água;
- ✓ O índice deve refletir a qualidade da água que satisfaça às exigências de sua utilização na produção de água para consumo humano, sobretudo nos aspectos de saúde pública.

Assim ao final das tabulações, o índice resultou composto de oito subíndices representativos dos tipos de alterações, cada um deles composto de um ou mais parâmetros e respectivos pesos ficaram como indicado na Tabela 2.

Tabela 2 – IQUAS - Produção de Água Potável - Índices por Grupo de Alteração

Índice	Alteração	Parâmetros	Peso do Parâmetro
<b>IBIO</b>	Microorganismos	<b>Coliformes Termotolerantes</b>	<b>1</b>
<b>IFEMN</b>	Ferro e Manganês	<b>Ferro</b>	<b>0,5</b>
		<b>Manganês</b>	<b>0,5</b>
<b>IMS</b>	Mineralização - Salinidade	<b>Cloreto</b>	<b>0,3</b>
		<b>Dureza</b>	<b>0,3</b>
		<b>Fluoreto</b>	<b>0,1</b>
		<b>pH</b>	<b>0,1</b>
		<b>Sulfatos</b>	<b>0,2</b>
<b>IPS</b>	Partículas em Suspensão	<b>Turbidez</b>	<b>1</b>
<b>INIT</b>	Nitratos	<b>Nitrato</b>	<b>1</b>
<b>IAMO</b>	Nitrogenados (fora nitrato)	<b>Amônia</b>	<b>1</b>
<b>IMIN</b>	Micropoluentes Minerais	<b>Mercúrio Total</b>	<b>1</b>
<b>IORG</b>	Micropoluentes Orgânicos	<b>Benzeno</b>	<b>1</b>

Conforme se verifica, apenas dois grupos de alterações, “Ferro e Manganês” e “Mineralização e Salinidade”, possuem mais de um parâmetro, o que os obriga a uma agregação intermediária, a qual vem dada a seguir.

$I_{FEMN}$  = Índice Alteração Ferro e Manganês:

$$I_{FEMN} = Q_{FE}^{0,5} * Q_{MN}^{0,5}$$

(Equação 1)

$I_{MS}$  = Índice Alteração Mineração e Salinidade:

$$I_{MS} = Q_{Cloreto}^{0,3} * Q_{Dureza}^{0,3} * Q_{Fluoreto}^{0,1} * Q_{pH}^{0,1} * Q_{Sulfato}^{0,2}$$

(Equação 2)

Finalmente, atendendo-se às premissas de que o IQUAS deve qualificar o recurso de forma adequada às exigências da saúde pública, foram atribuídos os pesos finais aos oito grupos selecionados.

A tabela 3 apresenta a avaliação, pesos temporários e pesos finais dos grupos de alteração.

Tabela 3 - IQUAS - Peso dos Grupos de Alterações

Índice	Importância Atribuída	Peso Temporário	Peso Final
<b>IBIO</b>	Muito Importante	1,5	0,19
<b>IFEMN</b>	Importância Relativa	0,5	0,06
<b>IMS</b>	Muito Importante	1,5	0,19
<b>IPS</b>	Importância Relativa	0,5	0,06
<b>INIT</b>	Muito Importante	1,5	0,19
<b>IAMO</b>	Importância Relativa	0,5	0,06
<b>IMIN</b>	Importância Relativa	0,5	0,06
<b>IORG</b>	Muito Importante	1,5	0,19
		8	1
<b>Fórmulas</b>	Peso Temporário= Atribuído de acordo importância dos parâmetros	Soma dos Pesos Temporários = Quantidade de Grupos de Alterações	Peso Final por Alteração = Peso Temporário / Soma dos Pesos Temporários

A tabela permite uma visão global da formação do IQUAS, que tem a seguinte equação final:

$$IQUAS = I_{BIO}^{0,19} * I_{FEMN}^{0,06} * I_{MS}^{0,19} * I_{PS}^{0,06} * I_{INIT}^{0,19} * I_{AMO}^{0,06} * I_{MIN}^{0,06} * I_{ORG}^{0,19} \quad (\text{Equação 3})$$

Do cálculo das equações dos parâmetros, agregação dos índices de alteração e aplicação da equação final do IQUAS resulta um número adimensional na faixa de 0 a 100 que descreve as cinco classes de qualidade das águas subterrâneas:

80 -100 = Ótima	
52 – 79 = Boa	
37 – 51 = Regular	
20 –36 = Ruim	
0 – 19 = Péssima.	

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### Aplicação do índice de qualidade de água subterrânea (IQUAS)

Com o objetivo de validar o Índice de Qualidade de Água Subterrânea (IQUAS) a equação foi aplicada a uma amostra realizado no Poço IV - Espaço Alfa – Camaçari - RMS para à qual foram simuladas não conformidades para cada substância presente na amostra e incluída no índice, isoladamente. A amostra no seu estado natural apresenta um IQUAS igual a 89, portanto é um poço de qualidade ótima. Nas simulações realizadas, a qualidade oscila entre 0 e 89, de acordo com o parâmetro simulado, como apresentado na Tabela 4.

Tabela 6 - Amostras Simuladas - Cálculo do IQUAS

Pontos		Subíndices								IQUAS
Nome Categoria	Amostra	IBIO	IFEMN	IMS	IPS	INIT	IAMO	IMIN	IORG	
Poço Espaço Alfa - Poço IV	35435/06	100	85,1	79,6	60,2	99,1	86,8	66,2	100,0	89
Simula - Amônia		100	85,1	79,6	60,2	99,1	48,3	66,2	100,0	86
Simula - CTE		0	85,1	79,6	60,2	99,1	86,8	66,2	100,0	0
Simula - Cloreto		100	85,1	63,6	60,2	99,1	86,8	66,2	100,0	85
Simula - Dureza		100	85,1	61,8	60,2	99,1	86,8	66,2	100,0	85
Simula - Ferro		100	72,0	79,6	60,2	99,1	86,8	66,2	100,0	88
Simula - Fluoreto		100	85,1	78,3	60,2	99,1	86,8	66,2	100,0	89
Simula - Mercúrio		100	85,1	79,6	60,2	99,1	86,8	66,2	100,0	88
Simula - Manganês		100	48,4	79,6	60,2	99,1	86,8	66,2	100,0	86
Simula - Nitrato		100	85,1	79,6	60,2	47,2	86,8	66,2	100,0	77
Simula - pH		100	85,1	77,4	60,2	99,1	86,8	66,2	100,0	89
Simula - Sulfato		100	85,1	62,5	60,2	99,1	86,8	66,2	100,0	85
Simula - Turbidez		100	85,1	79,6	37,3	99,1	86,8	41,0	100,0	86
Simula - Benzeno		100	85,1	79,6	60,2	99,1	86,8	66,2	4,4	49

Como pode ser visto, a não conformidade do Índice de Micropoluentes Orgânicos provocou redução da nota de qualidade da água subterrânea, com a perda de cinquenta pontos percentuais. Também a ocorrência de teores de Nitrato acima dos padrões estabelecidos foi responsável pela perda de doze pontos percentuais no IQUAS da amostra.

Entretanto, o baixo Índice de Nitrogenados, representado pela Amônia, não causou queda representativa no índice final. A razão para isso se deve ao baixo peso atribuído a este grupo de alterações (0,06) no contexto geral do índice. É um resultado compatível para este elemento indicador, que deve ser acompanhado em conjunto com outros compostos nitrogenados.

Por outro lado, os baixos valores individuais dos parâmetros que compõem o Índice de Mineralização e Salinidade (Cloreto, Dureza, Fluoreto, pH e Sulfato) também não provocaram mudanças substanciais no valor do IQUAS. Esta situação ocorre porque estes são índices

compostos, tal que as notas dos demais parâmetros compensam e contribuem para a manutenção do valor do índice final.

Na simulação foi possível observar que teores elevados de Nitrato podem provocar redução significativa no valor do IQUAS, não obstante a água permanecer classificada como de boa qualidade.

Desse resultado é possível inferir que o peso dos índices intermediários, escolhidos com base no voto dos respondentes, é um item que pode ser ajustado para contemplar de forma mais acurada essas circunstâncias. Entretanto, devem ser ajustes finos, avaliados com bastante cuidado para que não comprometam os avanços obtidos com a formulação inicial. Essa oportunidade de mudança sugere estudos complementares que não fazem parte do presente trabalho.

## **4.CONCLUSÕES**

### **Dos Resultados obtidos para o IQUAS**

Os resultados obtidos para o IQUAS foram compatíveis com as características das águas explotadas na região de coleta da amostra. Assim sendo, o objetivo de estabelecer um Índice de Qualidade de Água Subterrânea aplicável aos recursos destinados ao uso na produção de água potável foi atingido. Também o IQUAS se mostra válido para comunicar ao público em geral a qualidade da água de mananciais subterrâneos, da mesma forma como atualmente são comunicadas as informações sobre a qualidade dos mananciais superficiais através dos conhecidos IQA's. E, mais que isso, pode ser incorporado ao conjunto de indicadores ambientais, ampliando-se assim a sua utilização.

A pesquisa conduziu a obtenção de resultados de aplicação prática imediata, sendo possível avaliar a qualidade da água subterrânea em um ponto de coleta e comunicar o resultado através do índice desenvolvido. Além disso, associando-se cores, às faixas de valores do IQUAS, o resultado pode ser apresentado na forma de um semáforo indicativo, muito útil ao público leigo.

Entretanto, cabem-nos algumas reflexões sobre o processo de desenvolvimento do trabalho de pesquisa, como também algumas considerações sobre os limites e possibilidades desse instrumento. E finalmente, algumas recomendações para estudos complementares ao tema.

## **Dos limites e possibilidades**

Embora um índice facilite a comunicação com o público, permita sintetizar informações em apenas um número, dentre outras vantagens e oportunidades do seu uso, devem-se ter certos cuidados na sua aplicação, como indicado abaixo:

✓ A disponibilidade de dados confiáveis é imprescindível. A falta de resultados para todos os parâmetros do IQUAS, inviabiliza a sua aplicabilidade. Além disso, devem ser tomados todos os cuidados para que as amostras sejam coletadas seguindo os mais rígidos controles para evitar contaminação ou inadequação do material; e para que os procedimentos de análises sigam os padrões aceitos internacionalmente.

✓ O índice deve ser parte de um sistema de indicadores. É uma informação importante, mas complementar. O IQUAS não deve ser a única fonte de informação que pode influenciar na tomada de decisões em relação ao manancial estudado. Todas as decisões devem ser integradas às dimensões econômicas e sociais relacionadas ao uso do recurso, atual e futuro. Além disso, é muito importante destacar que o aquífero é um componente significativo do ciclo hidrológico, e como tal deve ser avaliado dentro de um contexto mais amplo, sendo muito difícil estabelecer generalizações, pois cada sistema hídrico possui características únicas.

✓ Por ter sido elaborado por um grupo de especialistas o IQUAS é fruto de um consenso, o que o torna mais consistente em termos de agregar as variáveis mais representativas, mas em contrapartida, e por esta mesma razão, contempla subjetividade.

✓ E, finalmente, vale ressaltar que o índice tem validade finita, precisa ser revisto periodicamente, pois novas substâncias ou novas informações sobre substâncias prejudiciais surgem a todo o momento, seja por novas pesquisas ou pela colocação de novos produtos no mercado.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBASI, S. A. Water Quality Indices, State of the art report, Scientific Contribution No.- INCOH/SAR-25/2002, Published by – INCOH, National Institute of Hydrology, Roorkee, 73 pages. Disponível em [www.nih.ernet.in/general/Water%20Quality%20Indices.doc](http://www.nih.ernet.in/general/Water%20Quality%20Indices.doc). Acesso em: 07 Agosto 2006.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria N° 518, de 25 de Março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Processo 02000.003671/2005-71 – Proposta de Resolução de 05 e 06 de fevereiro de 2007 - Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas, bem como estabelece as condições e limites para o controle da aplicação de resíduos e efluentes em solos e dá outras providências.
- CADILHAC, L., ALBINET, M. (Coord). Système d'évaluation de la qualité des eaux souterraines - Rapport de présentation, Version 0, Agences de l'eau et le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, France, Août 2003. Disponível em [http://rdb.eaurmc.fr/eaux\\_souterraines/fichiers-telechargeables/SEQSOUT0803.pdf](http://rdb.eaurmc.fr/eaux_souterraines/fichiers-telechargeables/SEQSOUT0803.pdf). Acesso em: 26 Jul. 2005.
- CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. São Paulo, Estado de São Paulo, Brasil. <<http://www.cetesb.sp.gov.br>> Acesso em: 28 de Agosto 2004.
- DALKEY, N. C. The Delphi Method: An Experimental Study Of Group Opinion, The Rand Corporation - Santa Monica - California, USA, Junho 1969.
- NSF – NATIONAL SANITATION FOUNDATION. Disponível em <<http://www.nsf.org>> Acesso em: 28 Ago 2004.
- OLIVEIRA, I. B., NEGRÃO, F. I., ROCHA, T. S. Determinação do Índice de Qualidade da Água – IQAS, com base nos dados de poços tubulares do estado da Bahia: Áreas Piloto: Recôncavo e Platô de Irecê - Cuiabá – MT XIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas 19-22 Outubro, 2004.
- WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. - *Guidelines for drinking - water quality*, 3rd ed. Geneva: WHO, 2004a. [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/GDWQ2004web.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/GDWQ2004web.pdf) Acesso em: 24 Fev.2006.