

# XIX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

## FERRAMENTA PARA APOIO À GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS: SISTEMA ACQUA

Coelho, A<sup>1</sup> & Silva, S. F.<sup>2</sup>; Amorin, F. B<sup>1</sup>; Souza Júnior, J. S<sup>1</sup>; Paixão, J. F<sup>3</sup>; Almeida, E. S.<sup>1</sup>

**Resumo** – Um dos desafios relacionados ao monitoramento de um grande número de corpos d'água, a exemplo das 22 Regiões de Planejamento e Gestão das Águas – RPGAs do Estado da Bahia, é gerenciar as informações de forma segura, rápida e confiável para assim fornecer os dados para fomentar o SIRH - Sistema de Informações de Recursos Hídricos. Assim, as Áreas de Meio Ambiente e de Tecnologia da Informação do (SENAI) desenvolveram a ferramenta ACQUA - Sistema de Análise dos Componentes da Qualidade da Água, que possibilita trabalhar os resultados em forma gráfica e em tabelas e, principalmente, gerar arquivo em formato compatível para alimentação direta no SIRH. Este artigo trata das funcionalidades do Software ACQUA, enquanto ferramenta útil no gerenciamento de Recursos Hídricos, fomentando o monitoramento dos corpos d'água e a disseminação dos resultados deste.

**Abstract** – One challenge for the monitoring program in a great number of sampling points of rivers and lakes, such as in the 22 Regions of Planning and Management of Waters - RPGAs of the State of the Bahia, is to manage the information with security, fastness and reliability to insert the data in the SIRH - System of Information of Water Resources. Thus, the Area of Environment and the Technology of the Information of SENAI CETIND had developed the software ACQUA- Analysis of the Components of the Water Quality, that made possible to work the results in graphical and tables forms and, mainly, to generate archive in compatible format for direct feeding in the SIRH. The aim of this article is to show the functionalities of ACQUA Software, a useful tool in the management of water resources, fomenting the monitoring of the water resources and the dissemination of the results of this.

**Palavras-Chave** – Recursos Hídricos, Sistema de Informação, Monitoramento, Qualidade da Água.

### INTRODUÇÃO

Em função dos problemas relativos à falta de um adequado sistema de gestão da água, cada vez mais evidentes, o setor de recursos hídricos vem ganhando importância e interesse por parte da sociedade brasileira. Esse fato pode ser observado não somente pelas discussões na esfera governamental, mas também pela própria imprensa, que tem abordado o tema com frequência (SETTI *et al.*, 2000).

---

<sup>1</sup> SENAI CETIND, Av. Luiz Tarquínio Pontes, 938, Aracuí, Lauro de Freitas - BA, CEP 42700000, Fone 71 32878212, Fax 32878320, e-mail: [arlinda@cetind.fieb.org.br](mailto:arlinda@cetind.fieb.org.br)

<sup>2</sup> Universidade Federal da Bahia, Rua Augusto Viana, 1 – Canela, Salvador - BA, 40110-060, fone 71 3283-7027

<sup>3</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Rua Barão de Camaçari, 118, Centro Catu / BA – CEP 48110-000, Fone 71 3641-7900

Para promover a gestão descentralizada e participativa, exigências dos dias de hoje para combater o desequilíbrio hídrico e os conflitos de uso das águas, foi sancionada a Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e estabeleceu o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997).

No estado da Bahia, a Lei nº 11612, de 08 de outubro de 2011, a Política Estadual de Recursos Hídricos estabelece como instrumentos de gestão, dentre outros, o Monitoramento e SEIRH - Sistema Estadual de Informações de Recursos Hídricos.

Para atender a esta política, em 2008, o Instituto da Águas e Clima do Estado da Bahia (INGA) em parceria com o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) Unidade CETIND iniciou o programa de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais do Estado - Programa Monitora, cujo objetivo foi avaliar a qualidade das águas dos principais rios e seus afluentes distribuídos entre as 17 Regiões de Planejamento e Gestão das Águas – RPGAs.

A rede de monitoramento do Programa Monitora contemplava a avaliação da qualidade das águas superficiais dos principais rios e seus afluentes do Estado da Bahia, constituído por mais de 200 pontos de coleta, com frequência trimestral (INGÁ, 2009). Em todas as campanhas foram avaliados os parâmetros que compõe o Índice de Qualidade da Água (temperatura, fósforo total, nitrogênio total, coliformes termotolerantes, pH, turbidez, sólidos totais, oxigênio dissolvido e DBO) adicionados das análises de clorofila a, alcalinidade total, condutividade e salinidade. Com frequência semestral, além dos parâmetros citados anteriormente, foram inseridos metais, orgânicos, pesticidas e nutrientes (INGÁ, 2009). Adicionalmente, foi realizada a avaliação de sedimento com frequência anual.

Ressalta-se ainda que a rede de monitoramento de qualidade das águas do Estado da Bahia conta com 26 RPGAs e um quantitativo de 217 pontos de amostragem de corpos d'água (INGÁ, 2010).

Desta forma, a situação-problema no programa de monitoramento das águas dos rios da Bahia consistiu na manipulação insegura de um grande quantitativo de informações, gerando lentidão na elaboração de pareceres técnicos devido a grande quantidade de pontos monitorados. Além disso, existia a incompatibilidade no formato dos arquivos de dados de qualidade da água fornecidos para o Sistema Estadual de Informações de Recursos Hídricos (SEIRH), tornando inconsistente a informação que seria divulgada ao público (SILVA *et al*, 2010).

Assim, fez-se necessário o desenvolvimento de um sistema - ACQUA (Sistema de Análise dos Componentes da Qualidade da Água) capaz de gerenciar as informações do Programa Monitora, bem como os resultados de outros programas de monitoramento ambiental.

O objetivo deste artigo é apresentar as funcionalidades do sistema ACQUA, uma ferramenta que visa dar suporte ao gerenciamento de informações relativas ao monitoramento de corpos d'água e integrar o sistema de informações de recursos hídricos.

## **METODOLOGIA**

O ACQUA foi desenvolvido pela Área de Tecnologia da Informação & Telecomunicações e pela Área de Meio Ambiente do SENAI Unidade CETIND, utilizando o paradigma de programação Orientado a Objetos e ambiente Web, com o uso da plataforma Java – a qual permite que o sistema seja executado em diferentes arquiteturas de computadores e sistemas operacionais – e dos frameworks: JSF, que implementa o padrão de projetos MVC e permite fazer a separação da parte de apresentação da lógica do sistema; Spring, que define o padrão de injeção de dependência e foi utilizado para gerenciar os objetos do modelo; JPA, que é uma especificação para anotações de como realizar o mapeamento objeto-relacional; e o Hibernate, que é um framework que implementa o JPA e o mapeamento objeto-relacional. Todos esses frameworks são padrões de mercado.

Os dados ficam armazenados no sistema de banco de dados PostgreSQL, o qual é um software livre e gratuito, reconhecido pelo mercado como sendo robusto, confiável, rápido e por implementar funcionalidades de sistemas padrões no mercado como o Oracle. Juntamente com o PostgreSQL foi instalado o plugin PostGIS que permite o armazenamento dos mapas georeferenciados.

Desta forma, o software ACQUA foi confeccionado para produzir funcionalidades específicas para ser usado em programa de monitoramento de qualidade da água e para exportar informações em formatos compatíveis com o sistema de informações de recursos hídricos, sendo programados no mesmo o gerenciamento das informações de análises laboratoriais, fórmulas de cálculos de indicadores, produção de tabelas e gráficos, mapas, etc.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O software ACQUA foi desenvolvido para gerenciar os dados estáticos (caracterização dos pontos de amostragem) e dinâmicos (resultados das análises de água e sedimentos), de forma que pudesse gerar gráfico e tabelas de resultados comparando-os aos padrões legais de qualidade da água, além de calcular índices de monitoramento (Índice de Qualidade da Água, Índice do Estado

Tráfego, etc), a fim de garantir celeridade à elaboração dos relatórios de qualidade das águas e confiabilidade das informações a serem inseridas no banco de dados do Sistema Estadual de Informações Recursos Hídricos (Figura 1).

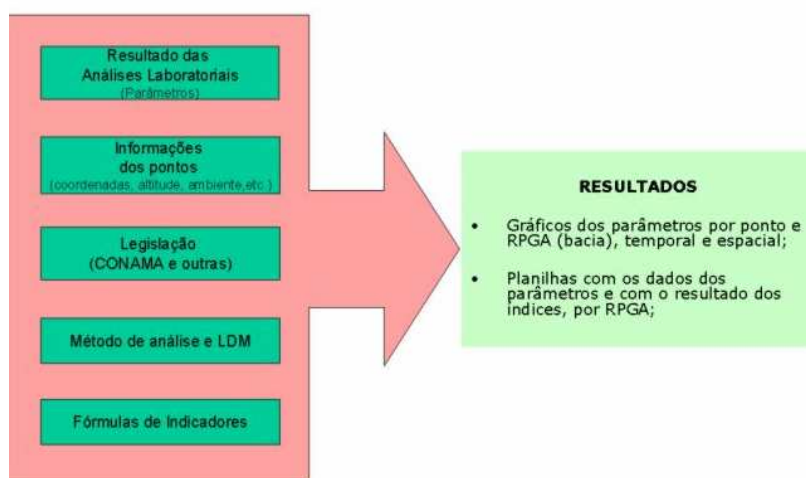


Figura 1 – Diagrama Esquemático de gerenciamento dos dados estáticos e dinâmicos

Os resultados obtidos podem ser exportados em planilha Excel diretamente para o banco de dados do Sistema de Informações de Recursos Hídricos de forma eficiente e eficaz. Ressalta-se que o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos é um dos instrumentos das Políticas Estadual e Federal de Recursos Hídricos, devendo dar suporte para gestão das águas, fornecendo informações para estudos, planos e programas, além de gerar dados e instrumentos para avaliar a oferta/demanda de água.

O ACQUA gera gráficos espaço-temporais de parâmetros, além de índices de qualidade da água (IQA, IAP, CT, IET, IPMCA, ISTO e RAS), quadros e tabelas com os resultados dos parâmetros e dos índices, mapas e outros componentes indispensáveis para à elaboração de relatórios de monitoramento, e principalmente para alimentação do banco de dados do SEIRH (Figura 2), sobre a qualidade das águas do Estado da Bahia. A seguir são apresentadas as principais funcionalidades do ACQUA:

#### *A- Arquivo de exportação/importação para o SEIRH*

A Tabela 1 apresenta o Modelo de planilha com informações para alimentar o banco de dados do Sistema de Informações de Recursos Hídricos.

Tabela 1: Modelo de planilha com informações para alimentar o banco de dados do Sistema Estadual de Recursos Hídricos.

CODIFICAÇÃO DO PONTO	DATA DA COLETA	HORA	COORD. GEOGRÁFICAS	
	1/26/2010	7:50	-18,09880	-39,89330
Parâmetro	Resultado	Unidade	Método de análise	LDM*
Temperatura	28.6	°C	SMEWW 2550 B	
Oxigênio dissolvido	3.18	mg/L	SMEWW 4500-O G	
pH	7.08		SMEWW 4500 H+ B	
Coliformes termotolerantes	49	UFC/100mL	SMEWW 9222 A,B,D	1
DBO		mg/L	SMEWW 5210 B	1
Nitrogênio total	1.7	mg/L	SMEWW 4500-N C	0.17
Fósforo total		mg/L	SMEWW 4500 P	0.004
Turbidez	11.1	NTU	SMEWW 2130 B	0.64
Sólidos totais	285	mg/L	SMEWW 2540 B	10
Salinidade	0.3	o/oo	SMEWW 2520 C	0.01
Alcalinidade total	54.6	mg CaCO <sub>3</sub> /L	SMEWW 2320 A/B	2.5
Condutividade	517.8	µS/cm	SMEWW 2510 B	0.1

\*LDM: limite de detecção do método de análise

### B- Cálculo dos índices de qualidade da água

O sistema ACQUA foi configurado para calcular os seguintes índices:

- IQA (Índice de qualidade de águas);
- IPMCA (Índice de parâmetros mínimos para preservação da vida aquática);
- IAP (Índice de qualidade de água bruta para fins de abastecimento público);
- ISTO (Índice de substâncias tóxicas e organolépticas);
- IET (Índice de estado trófico);
- RAS (Índice de sodicidade da água);
- CT (Contaminação por Tóxicos).

A depender da demanda, outros cálculos de índices para avaliação de corpos d'água podem ser inseridos no sistema ACQUA.

Vale lembrar que o índice RAS foi inserido no sistema para poder ser usado no monitoramento de águas subterrâneas.

### C- Importação de dados em formato Excel de:

- Análises laboratoriais;
- Cadastro de informações ambientais para pontos de coleta;
- Limites padrão de parâmetros de qualidade da água;
- Métodos de análise;

### D- Geração de gráficos (temporais e espaciais) de parâmetros e índices

A Figura 2 mostra um exemplo de gráfico espaço-temporal por parâmetro. No gráfico podem-se observar duas linhas vermelhas que se referem ao limite da legislação para este parâmetro. Com isto, pode-se verificar a variação sazonal dos resultados de determinado parâmetro para certo número de pontos de monitoramento.

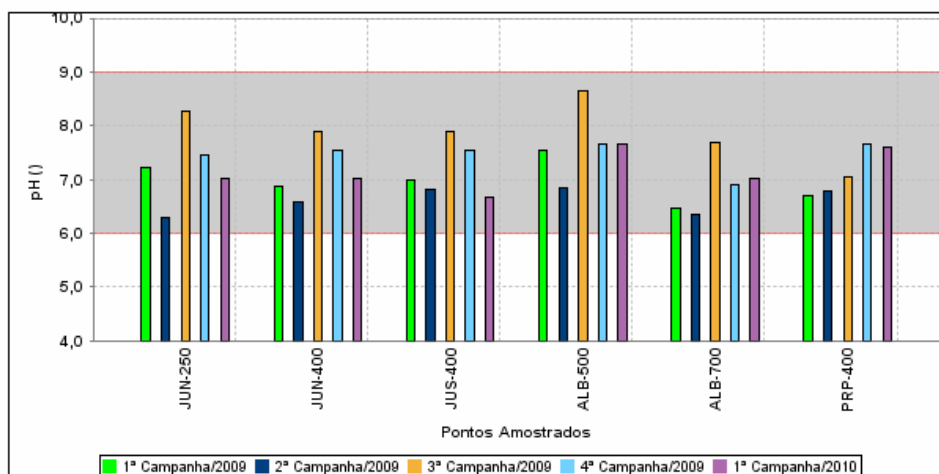


Figura 2 – Gráfico Espaço-temporal por parâmetro

Na Figura 3 está apresentado um exemplo de gráfico espaço-temporal por índice de qualidade da água. Neste gráfico estão representados 6 pontos de monitoramento e cada barra representa uma campanha de monitoramento (cinco no caso da figura apresentada). A cor da barra representa o nível de qualidade da água.

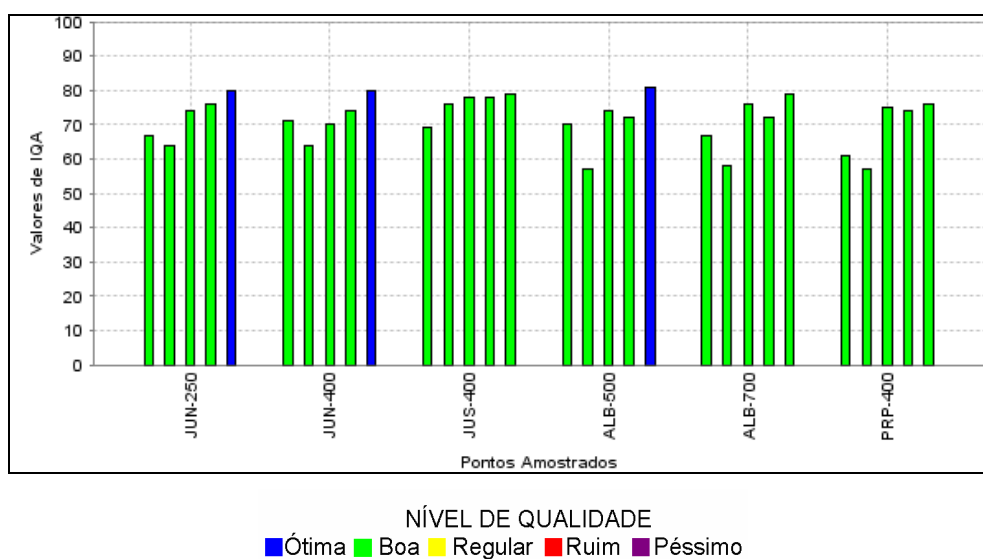


Figura 3 – Gráfico Espaço-temporal por índice.

### E- Geração de planilhas com resultados dos parâmetros e índices

A Tabela 2 mostra os resultados dos parâmetros de análise de qualidade da água e a comparação com o resultado da legislação.

O resultado na Tabela 2 em vermelho sinaliza que o parâmetro está em desacordo com os padrões da legislação.

Tabela 2: Modelo de tabela de resultados da qualidade da água

Parâmetros	Padrões da Resolução CONAMA n° 357/05, águas doces, classe 2	Unidade	Ponto de monitoramento
<b>Ambiente</b>			<b>Lótico</b>
<b>1. Físico-químicos</b>			
Salinidade	< 0,5	o/oo	0,2
Condutividade		μS/cm	466,0
Temperatura		°C	25
pH	6,0 a 9,0		6,8
Turbidez	< 100,0	NTU	14,7
STD-Sólidos totais dissolvidos	< 500,0	mg/L	268,0
Sólidos totais		mg/L	282,0
Alcalinidade total		mg CaCO <sub>3</sub> /L	54,1
Oxigênio dissolvido	> 5,0	mg/L	2,6
Cianeto livre	<0,0050	mg/L	0,02
Carbono orgânico total		mg/L	32,0
DBO	< 5,0	mg/L	2,7 J
DQO		mg/L	53,0
<b>2. Nutrientes</b>			
Nitrogênio Nitrato	< 10,0	mg/L	0,091
Nitrogênio amoniacal	< 3,7 para pH ≤ 7.5	mg/L	0,26
	< 2,0 para pH 7.5 a 8.0		
	< 1,0 para pH 8.0 a 8.5		
	< 0,5 para pH > 8.5		
Nitrogênio orgânico		mg/L	1,94
Nitrogênio total		mg/L	2,3
Ortofosfato solúvel		mg/L	0,015 J
Fósforo total	< 0,1 (Lótico)	mg/L	0,137
<b>3. Biológicos</b>			
Coliformes termotolerantes	< 1000,0	UFC/100mL	230
Clorofila a	< 30,0	μg/L	1,6
Cianobactérias	< 50000,0	Células/mL	18,0
<b>4. Orgânicos</b>			
Fenóis Totais	< 0,0030	mg/L	ND
Surfactantes	< 0,5	mg LAS /L	0,044
Potencial de Formação THM		μg CHCl <sub>3</sub> /L	972,0

#### F- Armazenamento de dados geográficos com visualização de pontos em mapas

A Figura 4 ilustra o armazenamento de dados geográficos com visualização de pontos em mapas.

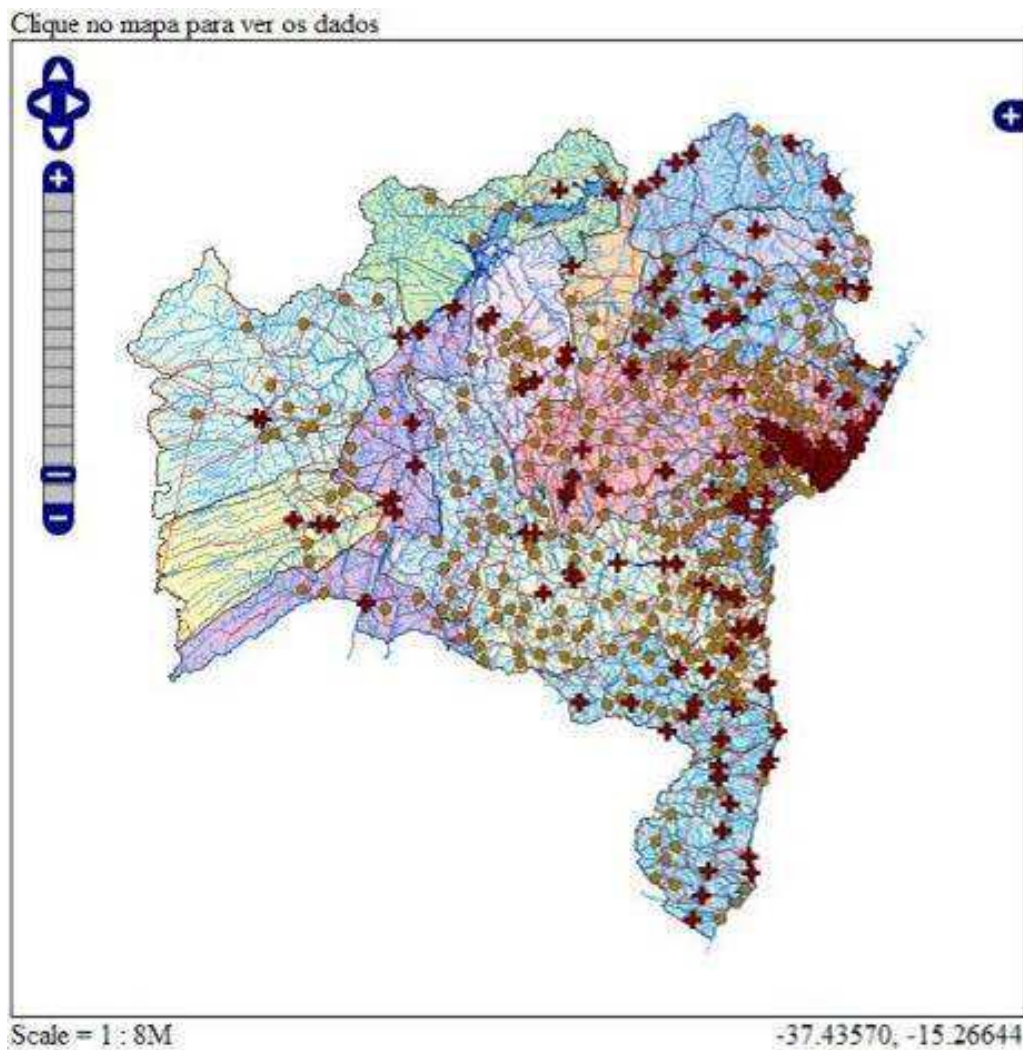


Figura 4 – Ilustração do armazenamento de dados geográficos de pontos em mapas

Com as saídas do sistema AQUA pode-se enviar para o banco de dados do Sistema de Informações de Recursos Hídricos - SIRH: arquivos com informações da qualidade das águas das Regiões de Planejamento e Gestão das Águas (RPGA's) ou de bacias hidrográficas, arquivos contendo as informações de sedimento; arquivos de resultados de índices (IQA, IET, IAP, RAS< etc).

Além disso, com os gráficos e tabelas gerados pelo sistema é possível, em um curto período tempo, elaborar relatórios de monitoramento da qualidade das águas para programas como o Monitora, atualmente composto de 26 RPGAs, tendo 217 pontos de amostragem monitorados quatro vezes ao ano.

Vale salientar que este sistema foi uma ferramenta importante para atender, em tempo hábil, a demanda de monitoramento dos corpos hídricos no Estado da Bahia, através do Programa Monitora,



que exigiu demandou um grande número de relatórios confeccionados em um curto período de tempo.

Desta forma, o sistema tornou-se imprescindível para apoio em programas de monitoramento e divulgação das dados de qualidade dos corpos d'água, integrando base de dados de sistemas de informação de recursos hídricos.

Adicionalmente, o ACQUA tem sido empregado em outros serviços de monitoramento, solicitados por instituições públicas e/ou empresa privadas, demandados na Área de Meio Ambiente do SENAI CETIND.

Entretanto, o sistema ainda está sendo trabalhado para gerar novas funcionalidades, tais como

- Interface do sistema com a importação de dados do Receptor GPS e com o software de geoprocessamento;
- Planejar a associação de dados secundários, a exemplo de demográficos, hidrológicos, geológicos, aos pontos ou conjunto de pontos de monitoramento cadastrados no sistema;
- Planejar a interface do sistema com ferramentas estatísticas, para a realização de análises univariadas (além dos Índices, média, desvio, erro, mediana, ANOVA, etc) e multivariadas (regressão múltipla, PCA, etc).

## **CONCLUSÃO**

De acordo com os dados apresentados neste artigo, verifica-se que o sistema ACQUA é capaz de fornecer, em curto prazo, os relatórios, os resultados de parâmetros e índices indicadores da condição do corpo hídrico e, bem como a localização dos pontos monitorados. Estes dados são importante para compor programas de monitoramento e sistema de informações de recursos hídricos.

O objetivo deste sistema é tratar, armazenar e disponibilizar informações sobre recursos hídricos e fatores intervenientes na gestão estadual deste precioso recurso natural. Desta forma, o sistema ACQUA configura-se como uma importante ferramenta de apoio a programas de monitoramento de corpos d'água e de integração com o sistema de informações sobre a condição dos recursos hídricos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAHIA (2009), Lei nº 11612, Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências; 08 de outubro de 2009.

BRASIL (1997), Lei no 9.433, Dispõe sobre a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, de 08 de janeiro de 1997.

INGÁ, Instituto de Gestão das Águas e Clima (2009). PROGRAMA MONITORA. Rede de amostragem, resultados e considerações finais. Salvador: INGÁ, 2009. 4ª Campanha / v. 1 / 2009. 254 p.

INGÁ, Instituto de Gestão das Águas e Clima (2010). PROGRAMA MONITORA. Rede de amostragem, resultados e considerações finais. Salvador: INGÁ, 2010. 2ª Campanha / v. 1 / 2010. 234 p.

SETTI, A. A.; LIMA, J. E. F. W.; CHAVES, A. G. M.; PEREIRA, I. C. (2000). *Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos*, 2ª ed. – Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, 2000, 207 p.

SILVA, S. F.; AMORIN, F. B.; SOUZA JÚNIOR, J. S.; PAIXÃO, J. F. (2010); “Sistema de Análise dos Componentes da Qualidade da Água – ACQUA” in Anais do I Congresso Baiano de Engenharia Sanitária e Ambiental - I COBESA, Salvador, Bahia, 11 a 16 de julho de 2010.