



## Desenvolvimento de Software para cálculo de Índice da Qualidade da Água (IQA)

**Marcio Bigolin<sup>1</sup>, Taison Bortolin<sup>2</sup>, Vania Elisabete Schneider<sup>3</sup>, Odacir Dionísio Gracioli<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Instituto de Saneamento Ambiental/ Universidade de Caxias do Sul (marcio.bigolin@ucs.br)

<sup>2</sup> Instituto de Saneamento Ambiental/ Universidade de Caxias do Sul (tabortol@ucs.br)

<sup>3</sup> Instituto de Saneamento Ambiental/ Universidade de Caxias do Sul (veschnei@ucs.br)

<sup>4</sup> Universidade de Caxias do Sul (odgracio@ucs.br)

### Resumo

A água já foi tema principal de muitos livros, artigos científicos e continua sendo discutida entre muitas sociedades e grupos. E isso não é por menos, uma vez que é de vital importância para que qualquer ser vivo possa manter sua existência. Sua utilidade é variada, desde atividades básicas de higiene até geração de energia. E é por isso que deve ser preservada. E uma forma de gerenciar este recurso é através do monitoramento de sua qualidade físico-química. Para isso, são utilizados vários parâmetros e índices que permitem compreender o comportamento e a qualidade de um recurso hídrico como um rio ou lago, por exemplo. Um desses índices é o IQA, que apresenta de forma clara e objetiva a qualidade de um corpo d'água. Para utilizá-lo neste trabalho, foi necessária a criação de um programa de cálculo que auxiliasse matematicamente no que tange aos cálculos manuais e extensos. Este trabalho apresenta a criação do software e sua utilização na análise de água de pontos de monitoramento localizados no Rio São Marcos – RS.

Palavras-chave: Qualidade da água. IQA. Interface web. PHP.

Área Temática: Recursos Hídricos

### 1 Introdução

O aumento do número de empreendimentos que se utilizam de corpos hídricos, traz consigo o aumento da preocupação com a qualidade da água. O monitoramento nos trechos de influência destes torna-se necessário de modo a garantir a qualidade do recurso hídrico evitando preocupações posteriores como a deterioração do sistema (BRASIL, 2005).

Com esse objetivo, vem sendo realizado o monitoramento físico-químico da água no trecho de influência de uma PCH (Pequena Central Hidrelétrica) localizada no Rio São Marcos - RS. O trabalho realizado demandou a utilização de uma ferramenta que auxiliasse no cálculo do Índice de Qualidade de Água (IQA), evitando dessa forma esforços em relação a cálculos manuais e extensos, proporcionando resultados mais rápidos e precisos.

Ao mesmo tempo, a dificuldade de encontrar uma ferramenta para o cálculo do IQA que estivesse disponível para download, como o IQACALC, desenvolvido em linguagem FORTRAN 77 como citado por De Souza (2007), levou à criação de um software para realizar tal cálculo, suprindo a necessidade em questão.

A criação desse software em uma linguagem web surgiu com a proposta de possibilitar a integração dos dados em uma base, e a possibilidade da realização do cálculo sem a necessidade de baixar ou instalar algum programa.



## 2 IQA (Índice de qualidade da Água)

O IQA (índice de qualidade de água), criado pela National Sanitation Foundation (NSF) dos Estados Unidos, é um indicador, que por meio das características físicas, químicas e biológicas fornece ao público um balizador da qualidade das águas de um corpo hídrico. (LIBÂNIO, 2005).

Esse índice foi desenvolvido e estruturado através de pesquisa de opinião (método Delph) de um grupo de 142 profissionais da área ambiental. Foi proposta uma lista de parâmetros que poderiam ser inclusos em um índice que representasse a qualidade de água. Por fim, foi definida uma lista contendo nove parâmetros cada um com pesos integrantes do IQA (quadro 1).

Parâmetros	Pesos Relativos
Oxigênio Dissolvido	0,17
Coliformes Fecais	0,15
pH	0,12
DBO	0,10
Fósforo Total	0,10
Temperatura	0,10
Nitrogênio Total	0,10
Turbidez	0,08
Sólidos Totais	0,08

Fonte: CETESB, 2008.

Quadro 1. Parâmetros e pesos relativos ao IQA.

Os resultados advém do cálculo do produtório (equação 1) e são comparados a uma tabela de classificação de qualidade das águas, com intervalos de ponderação. Tabela 1.

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad (1).$$

Onde:

**IQA:** Índice de Qualidade das Águas, um número entre 0 e 100;

**qi** : qualidade do i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva "curva média de variação de qualidade", em função de sua concentração ou medida;

**wi** : peso correspondente ao i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade, sendo que:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (2)$$

Fonte: CETESB, 2008.

**Tabela 1. Classificação da qualidade das águas.**

Categoria	Ponderação
Ótima	$90 < IQA \leq 100$
Boa	$70 < IQA \leq 90$
Regular	$50 < IQA \leq 70$
Ruim	$25 < IQA \leq 50$
Péssima	$IQA \leq 25$

### 3 Desenvolvimento do software

Por ser um problema de natureza matemática e não necessitar muita análise do sistema, o programa foi desenvolvido através de programação estruturada. Por rodar em um *browser* e ter a necessidade da integração futura com banco de dados, optou-se pela linguagem PHP (*Hypertext Pre Processor*). Esta linguagem possui nativamente uma boa biblioteca matemática, especialmente a *JPGGraph* que facilita a geração de gráficos.

O arquivo de cálculo foi dividido em funções. Para cada parâmetro foi criada uma função para que houvesse a possibilidade de utilizá-la para cálculo e geração de gráficos. Na Figura 1 é apresentado o código fonte gerado para cálculo do parâmetro Nitrogênio Total.

A geração de gráficos é de extrema importância para a validação das funções. Sendo possível comparar os gráficos gerados a partir do programa com as curvas disponibilizadas pela CETESB, que mostram o comportamento do parâmetro em relação à qualidade.

Das curvas disponibilizadas, foi possível obter através da técnica matemática de regressão, as equações necessárias ao funcionamento do programa. Essa regressão foi realizada com a utilização dos programas LAB FIT (Desenvolvido por Wilton e Cleide Pereira da Silva) e Microsoft ® Excel.

```
93
94 function nitrogenioTotal($nitrogenioTotal){
95     if($nitrogenioTotal < 20.0){
96         return (250.90087669 + $nitrogenioTotal)/(2.5109900959 + 0.26970875695 * $nitrogenioTotal);
97     }else if($nitrogenioTotal >= 20.0 && $nitrogenioTotal <= 60.0){
98         return 59.912799834 * cosh(-0.017136270919 * $nitrogenioTotal) + (-1.4414140208 * $nitrogenioTotal);
99     }else if($nitrogenioTotal > 60.0 && $nitrogenioTotal <= 100.0){
100        return exp(63.18806654 + (-641.99284282 / $nitrogenioTotal + (-12.322091953 * log($nitrogenioTotal))));
101    }else{
102        return 1;
103    }
104 }
105
```

**Figura 1 – Função que calcula o valor q do nitrogênio**

Na Figura 2a pode ser visto o gráfico (CETESB) da curva referente ao parâmetro Nitrogênio Total e na Figura 2b, o gráfico obtido pelo programa.



# 1º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 29 a 31 de Outubro de 2008

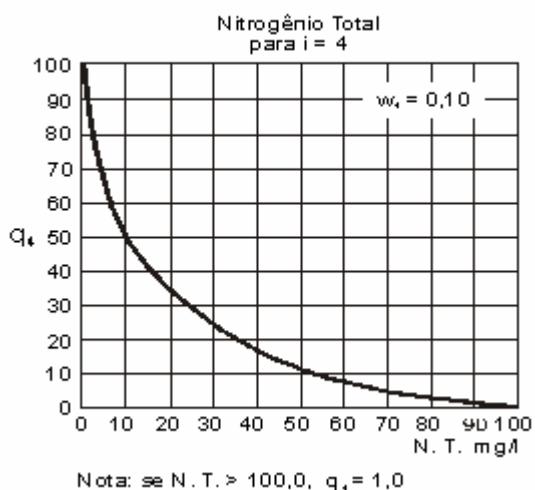


Figura 2(a)

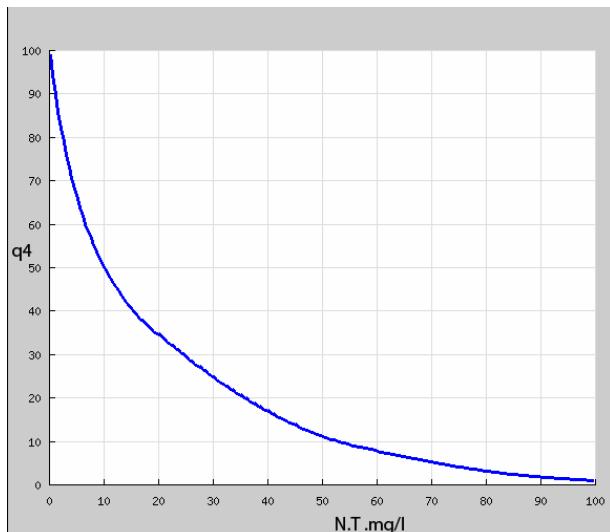
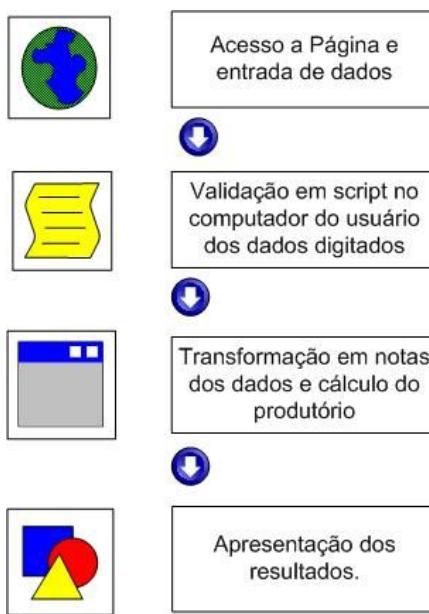


Figura 2(b)

**Figura 2(a) - gráfico CETESB e Figura 2(b) - gráfico gerado pelo JPGraph.**

É possível verificar pela figura acima, que o programa criado obteve semelhança gráfica da referência encontrada.

O funcionamento do programa está dividido em etapas como mostra a Figura 3:



**Figura 3 - Funcionamento do programa**

A primeira etapa é o acesso ao site, uma vez que este hospeda o programa. Além de manter o programa, o site possui outros materiais como explicações sobre o Índice, e os gráficos gerados e os compara com os originais definidos pela CETESB.

A segunda etapa é a inserção de dados. Nessa etapa, o próprio navegador do usuário faz algumas validações, como exemplo, verifica se o número digitado está dentro de um intervalo possível, verifica também se não está sendo passados outros caracteres que não representem números. Essa verificação utiliza *Java Script*, uma linguagem interpretada pelo browser. A verificação ocorre no momento em que está sendo digitados os valores.



# 1º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 29 a 31 de Outubro de 2008

Após o envio dos dados para o servidor é feito um novo teste para verificar a integridade dos dados, caso o Java Script esteja bloqueado no computador do usuário. Os parâmetros são passados para suas respectivas funções e o valor  $q$  obtido é elevado ao seu respectivo peso.

Na terceira etapa, o produtório é calculado e o valor obtido é truncado. Esse valor então é classificado conforme a Tabela 1 e na quarta etapa o valor obtido é apresentado na tela.

## 4 Resultados

O programa desenvolvido mostrou-se de fácil uso, como mostra a Figura 4, onde aparecem os campos com o resultado obtido ao lado.

The screenshot shows a Mozilla Firefox window with the title 'Cálculo do IQA - Mozilla Firefox'. The address bar shows the URL <http://200.160.134.16/iqa/iqa/formulario.htm>. The main content area is titled 'CÁLCULO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA (IQA)'. Below this, there is a navigation bar with links: 'Objetivo', 'Como usar', 'Aplicações', 'Trocar pesos', 'Visualizar gráficos', and 'Referências'. A message 'Digite apenas os valores numéricos.' is displayed. On the left, there is a list of parameters with their input fields and units: Oxigênio dissolvido (10.1 mg/L), Coliformes Fecais (8 NMP/100mL), pH (7.05), Demanda bioquímica de Oxigênio (DBO) (1 mg O<sub>2</sub>/L), Fósforo total (0.16 mg/L), Temperatura (12 °C), Nitrogênio total (0.5 mg/L), Turbidez (27.8 NTU), Sólidos totais (63 mg/L), and Altitude (300 m). At the bottom of this section are 'Limpar Dados' and 'Enviar Dados' buttons. To the right, a large box titled 'Resultado do Índice' displays a table with a single row: 'Categoria' (Boa) and 'IQA' (81.9003). Below the table is a 'Ver tabela' link. At the bottom right of the main content area is a link 'Sobre os autores'. The status bar at the bottom of the browser window shows 'Concluído', 'Um download ativo — Restando 20 minutos', and a warning icon.

**Figura 4 – Interface do Programa**

A interface do programa é amigável e de fácil utilização e possui outras funcionalidades como a visualização da precisão dos cálculos, através dos gráficos gerados pelas fórmulas.

Foi aplicado também a resultados obtidos em análises de coleta de água de um trecho de rio São Marcos influenciado por uma PCH. Os resultados obtidos nas campanhas realizadas, já com o cálculo realizado pelo programa estão inseridos na Tabela 2.



**Tabela 2 – Pontos de coleta e classificação da água na PCH São Marcos**

Pontos de coleta	IQA	Classificação
Ponto 1	82,27	Boa
Ponto 2	79,74	Boa
Ponto 3	82,52	Boa
Ponto 4	73,5	Boa
Ponto 5	79,26	Boa
Ponto 6	76,83	Boa

**Fonte:** tabela elaborada pelos autores

Percebe-se através deste estudo que o trecho avaliado possui águas de boa qualidade segundo o cálculo elucidado para os 6 (seis) pontos de análise. Isso ocorre devido ao fato do parâmetro oxigênio dissolvido ser o principal neste índice.

O rio São Marcos possui boa aeração, contribuindo, dessa forma para esta análise positiva do IQA. Na coleta realizada foram obtidos valores próximos a 10 mg/L para Oxigênio Dissolvido. E isso se deve a configuração do caudal do rio, que é composto por ecótopos variados de trechos rápidos com várias corredeiras e pequenas cataratas.

Todo o estudo qualitativo referente ao trecho é parte de um trabalho mais detalhado, com análises de parâmetros que não estão inclusos no IQA. Convém salientar a importância de que os recursos hídricos de uma bacia sejam analisados com parâmetros que permitam introdução e avaliação de dados mais detalhados sobre as condições qualitativas de água nesta bacia. O índice de qualidade de água aqui utilizado torna-se um bom complemento a análise específica de cada parâmetro, e ajuda na compreensão de pontos críticos de atividade antrópica dentro da bacia hidrográfica, porém não substitui a análise detalhada de todos os fatores que exercem algum tipo de influência dentro da bacia.

O programa criado tornou propício cálculos mais fáceis que puderam avaliar de forma mais criteriosa o índice de qualidade de água, sujeito assim a menos erros, tornando os resultados mais precisos.

## 5 Considerações finais

O programa mostrou-se satisfatório pela agilidade de cálculo, e facilidade de uso. Propiciou os cálculos desejados para análise da qualidade de água do trecho de influência da PCH localizada no Rio São Marcos. Sua criação em formato web fará com que outros usuários que necessitam desta informação possam utilizá-lo a qualquer momento.

O PHP por ser uma linguagem livre, isso é não precisa de licença possibilitou também um baixo custo ao desenvolvimento do programa. Isso demonstra o poder de se gerar modelos de forma *online*, sem a necessidade de grandes investimentos para poder atender a outras necessidades.

Em continuidade do projeto pretende-se armazenar séries de dados das hidrelétricas localizadas no Rio das Antas em um banco de dados para poder retirar a partir daí informações históricas, possibilitando análises em outras áreas.



## 1º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 29 a 31 de Outubro de 2008

### 6 Referências

BRASIL- *Resolução Conama n. 357/05*. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 18 mar.2005.

CETESB. Índice de qualidade de água: IQA. Disponível em <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/indice.asp>> Acesso em 29 maio 2008.

INSTITUTO DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Monitoramento da pequena central hidrelétrica Rio São Marcos**. UCS/Caxias do Sul, RS. 2008, p.43.

LIBÂNIO, Marcelo. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Campinas, SP: Átomo, 2005.

SOARES, Wallace, **PHP 5**: conceitos, programação e integração com banco de dados. São Paulo: Érica, 2004. 523 p. ISBN 853650031X

DE SOUZA, F. A. **Qualidade das Águas superficiais: compilação e análise dos dados do monitoramento na área de influência da UHE Monte Carlo – Veranópolis**. Monografia Especialização em Gestão Ambiental. Universidade de Caxias do Sul. Caxias do Sul, 2007, 60f.

LAB Fit Ajuste de Curvas <[http://zeus.df.ufcg.edu.br/labfit/index\\_p.htm](http://zeus.df.ufcg.edu.br/labfit/index_p.htm)> Acesso em 6 de agosto de 2008