



IV-062 - DESENVOLVIMENTO DE UM PROGRAMA WEB COMO FERRAMENTA PARA O CÁLCULO DE IQA

Vania Elisabete Schneider ⁽¹⁾

Bióloga pela Universidade de Caxias do Sul (UCS/RS). MS. em Engenharia Civil (UNICAMP/SP). Dr^a. em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (IPH/UFRGS/RS). Prof^a. Pesquisadora - Instituto de Saneamento Ambiental (ISAM/UCS)

Alexandra Rodrigues Finotti

Engenheira Civil pela Universidade Federal de Goiás. MS em Engenharia Ambiental (UFSC). Dr^a. em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (IPH/UFRGS). Pós-doutora Institut National des Sciences Appliquées de Lyon. Prof^a. da Universidade de Caxias do Sul (UCS). Diretora e Pesquisadora do Instituto de Saneamento Ambiental (ISAM/UCS).

Marcio Bigolin

Acadêmico de Ciência da Computação

Taison Anderson Bortolin

Acadêmico de Engenharia Ambiental

Endereço ⁽¹⁾: Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130 - CEP 95070-560. Caxias do Sul - RS - Brasil – Tel: (54) 3218-2507 - e-mail: veschnei@ucs.br

RESUMO

Um dos temas mais discutidos atualmente, tanto no meio acadêmico como na sociedade em geral, é a questão da qualidade da água. Uma das formas de monitorar a qualidade é através de parâmetros e índices que permitem compreender o comportamento no recurso hídrico. Um desses índices é o IQA (Índice de Qualidade da água), sendo que o mesmo pode ser calculado através de extensivas combinações de fórmulas que ao ser realizado manualmente, pode conter vários erros. Para otimizar esse processo foi proposta a criação de um programa que auxiliasse matematicamente no que tange aos cálculos manuais extensos. O programa foi desenvolvido para rodar em uma página *web*, abstraindo dessa forma a plataforma e os requisitos do sistema operacional. Para testar a real serventia e facilidade a que se propõe o programa, este foi utilizado com dados reais no monitoramento de um trecho de abrangência de uma PCH (Pequena Central Hidrelétrica), localizada no rio São Marcos/RS. A utilização do mesmo apresentou resultados satisfatórios, e propiciou, através de uma interface de fácil utilização, o cálculo do IQA de forma rápida e precisa.

PALAVRAS-CHAVE: Qualidade da água, IQA, programa web PHP, Monitoramento Ambiental.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento, aliado ao crescimento desordenado, trouxe inúmeras preocupações em relação à quantidade e especialmente à qualidade da água. O gerenciamento deste recurso é elemento relevante para contínuo usufruto em todas as atividades, quer seja industriais, agrícolas ou de serviços.

À medida que o uso da água é realizado de forma intensiva, é necessário o monitoramento para que esta seja utilizada harmonicamente, tendo como meta a preservação da qualidade da mesma. Para atender este objetivo, atualmente no Brasil, muitos corpos hídricos estão sendo monitorados para evitar preocupações futuras de deterioração de suas águas. Como auxílio na determinação da qualidade das águas, foram criadas leis de regulamentação que enquadram as águas em classes quanto ao uso, leis de potabilidade e índices que apresentam de uma forma simplificada a qualidade das águas de um ambiente lótico ou lântico. Um desses índices é o IQA, utilizado neste trabalho como ferramenta de classificação de qualidade das águas de um trecho de influência de uma PCH (Pequena Central Hidrelétrica), localizado no Rio São Marcos - RS.

A necessidade da utilização de uma ferramenta que auxiliasse no cálculo do Índice de Qualidade de Água (IQA), evitando esforços em relação a cálculos manuais e extensos, exigiu a criação de um programa que suprisse esse problema, proporcionando resultados mais rápidos e precisos. O trabalho apresenta o programa criado em versão para *web*, e trabalha com resultados de análise da qualidade da água de pontos de coleta do Rio São Marcos.



Ao mesmo tempo, este programa possibilitou superar a dificuldade de encontrar uma ferramenta para o cálculo do IQA que estivesse disponível para download, como o IQACALC, desenvolvido em linguagem FORTRAN 77 (De Souza, 2007). 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.

METODOLOGIA

IQA (Índice de qualidade da Água)

A proposta foi desenvolvida com base em um indicador que por meio das características físicas, químicas e biológicas fornece ao público um balizador da qualidade das águas de um corpo hídrico. Esse indicador é o IQA (índice de qualidade de água), criado pela *National Sanitation Foundation* (NSF) dos Estados Unidos.

Esse índice foi desenvolvido e estruturado através de pesquisa de opinião de um grupo de 142 profissionais da área ambiental. Através deste estudo foi proposta uma lista de parâmetros que poderiam ser incluídos em um índice que representasse a qualidade de água contendo nove parâmetros cada um com pesos integrantes do IQA (Oxigênio Dissolvido, Coliformes Fecais, pH, DBO, Fósforo Total, Temperatura, Nitrogênio Total, Turbidez, Sólidos Totais). (Quadro 1).

Quadro 1. Parâmetros e pesos relativos ao IQA.

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.

Para criação do programa foram utilizadas as curvas de importância referentes ao estudo da Cetesb (2008), que representam a variação da qualidade da água produzida pelas possíveis medidas do parâmetro, sendo o determinante principal a aplicação destes para o abastecimento público.

O IQA então é calculado pela fórmula de produtório, apresentado na equação 1, já inserida no programa.

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

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

equação (1)

Onde:

n: número de parâmetros do índice.

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, o programa calcula cada um desses termos de forma separada;



w_i : 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 o somatório dos mesmos deve atingir 1 como mostra a equação 2:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

equação (2)

IQA: Índice de Qualidade das Águas, um número entre 0 e 100. A classificação da qualidade pode ser vista na Tabela 1; essa classificação é mais intuitiva ao público de que um valor numérico;

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	$IQA \leq 25$

DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE

Por solucionar um problema de natureza matemática, uma questão bem específica, e não necessitar uma análise do sistema ou requisitos mais elaborados, o programa foi desenvolvido através do paradigma de programação estruturada, e modularizado em funções.

Um dos requisitos elencados foi o de funcionar em um *browser* (programa para navegar na internet). Por ter a necessidade da integração futura com banco de dados e geração de gráficos, optou-se pela linguagem PHP (*Hypertext Pre Processor*). Esta linguagem possui nativamente uma boa biblioteca matemática, além da *JPGraph*, biblioteca que facilita e abstrai 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. A única exceção foi o cálculo do oxigênio dissolvido, que possui duas funções. Como o gráfico é baseado em porcentagem de saturação do oxigênio dissolvido, Figura 1, e a grande maioria dos equipamentos fornecem em mg/L, o sistema calcula das duas formas.

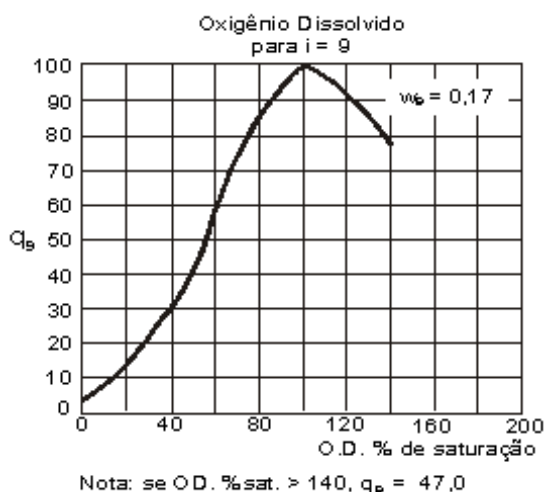


Figura 1: Gráfico do oxigênio dissolvido em OD % saturação (Fonte: CETESB 2008)

O cálculo do Oxigênio dissolvido necessita de um parâmetro a mais que é a altitude, uma vez que a solubilidade de oxigênio reduz com a elevação da temperatura e da altitude. A Figura 2 mostra a utilização dessa funcionalidade.

A

Oxigênio dissolvido %

Coliformes Fecais NMP/100mL

pH

Demanda bioquímica de Oxigênio (DBO) mg O₂/L

Fósforo total mg/L

Temperatura °C

Nitrogênio total mg/L

Turbidez NTU

Sólidos totais mg/L

→

B

Oxigênio dissolvido mg/L

Coliformes Fecais NMP/100mL

pH

Demanda bioquímica de Oxigênio (DBO) mg O₂/L

Fósforo total mg/L

Temperatura °C

Nitrogênio total mg/L

Turbidez NTU

Sólidos totais mg/L

Altitude m

Figura 2: Na tela A, oxigênio dissolvido em porcentagem; tela B oxigênio dissolvido em mg/L, onde é necessário o campo altitude.

A codificação das funções de cada parâmetro basicamente é formada pela comparação em relação a qual intervalo o mesmo se encontra. Cada intervalo é representando por uma função que foi retirada de um trecho do gráfico, sendo que as fórmulas dos parâmetros foram retiradas inicialmente da planilha de cálculo da CETESB, apresentadas pelo PNMA II de Pernambuco (1993).

Para validar as equações foi gerado um gráfico para cada função que representava um parâmetro. Nessa etapa pode ser notada a falha de continuidade em algumas funções. As novas fórmulas de correção foram obtidas através da técnica matemática de regressão, gerando assim as equações necessárias ao funcionamento e correção do programa. Essa regressão foi realizada com a utilização dos programas *LAB FIT* e *Microsoft Excel*.

A Figura 3 com o código fonte gerado para cálculo do parâmetro Nitrogênio Total, mostra os testes (if) do intervalo no qual o programa procura a função que irá utilizar para calcular os valores para o parâmetro nitrogênio.

```

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 3: Função que calcula o valor “q” do nitrogênio

Na Figura 4a pode ser visto o gráfico (CETESB) da curva referente ao parâmetro Nitrogênio Total. Na Figura 4b, é apresentado o gráfico obtido pelo programa, na automatização dos testes.

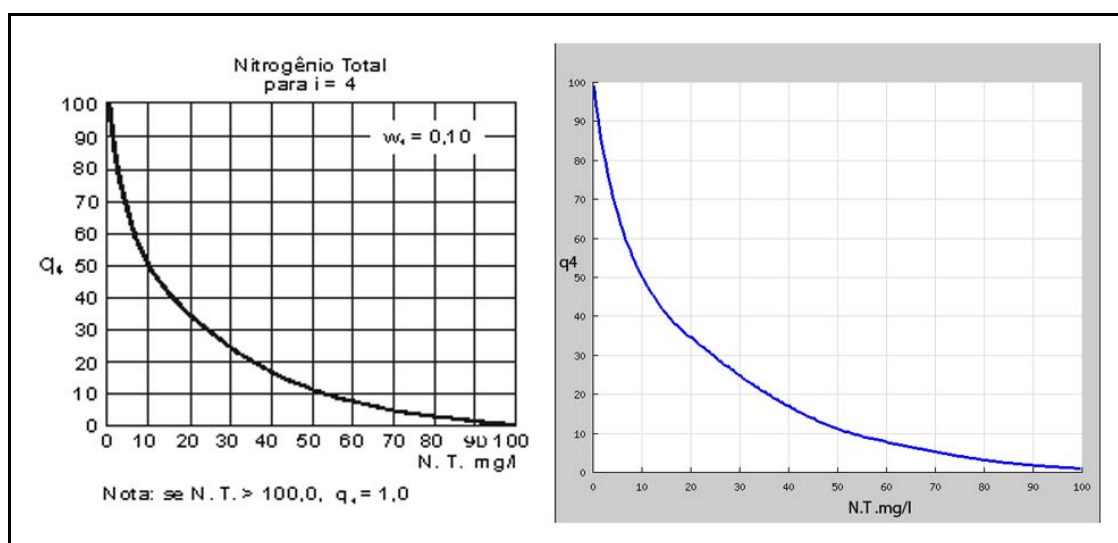


Figura 4(a): gráfico CETESB e Figura 4(b): gráfico gerado pelo JPGraph.

É possível verificar pela figura acima, que o programa criado obteve semelhança gráfica da referência encontrada. Dessa forma foi possível garantir a confiabilidade do valor que o programa retorna para as mais diversas entradas reduzindo de forma considerável o gasto com testes e execução de séries.

FUNCIONAMENTO DO PROGRAMA

O funcionamento do programa está dividido em etapas como mostra a Figura 5. Sendo que a figura demonstra o fluxo normal de execução e explica cada uma das etapas.



Figura 5: 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, e um mini tutorial para a utilização e testes do IQA, como a troca dos pesos dos parâmetros.

A segunda etapa é a inserção de dados. Nessa etapa, o próprio navegador do usuário faz algumas validações, como exemplo:

- Se o número digitado está dentro de um intervalo possível;
- Se os dados passados são outros caracteres que não representem números (bloqueando os mesmos);
- Se o número está em uma notação científica correta como 2,3E-3;
- Troca pontos por vírgulas;
- Verifica incoerências entre os parâmetros sugerindo correções ou novas medições.

Essa verificação utiliza a linguagem *Java Script*, uma linguagem interpretada pelo browser. A verificação ocorre no momento em que estão sendo digitados os valores, evitando assim a tentativa de cálculo com valores incorretos, proporcionando a correção imediata do parâmetro.

A terceira etapa ocorre após o envio dos dados para o servidor. Neste, é realizado um novo teste para verificar a integridade dos dados, caso o *Java Script* esteja bloqueado no computador do usuário, ou algo tenha acontecido com os mesmos, evitando, desse modo, cálculos incorretos. Nessa etapa os parâmetros são passados para suas respectivas funções e o valor q obtido é elevado ao seu respectivo peso. Depois disso o cálculo do produtório é realizado para a obtenção do resultado.

Na quarta etapa o valor obtido é então, classificado conforme a Tabela 1. O resultado é truncado para quatro casas decimais, ou seja, ignora-se as demais casas decimais. Por fim, o valor final é apresentado na tela.

RESULTADOS

O programa desenvolvido mostrou-se de fácil uso, como mostra a Figura 6, onde aparecem os campos com os dados preenchidos e os dados já enviados para o cálculo e o resultado respectivo obtido ao lado.



Cálculo do IQA - Mozilla Firefox

Arquivo Editar Exibir Histórico Favoritos Ferramentas Ajuda

http://localhost/iqa/iqa/formulario.htm

Google

Disable Cookies CSS Forms Images Information Miscellaneous Outline Resize Tools View

CÁLCULO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA (IQA)

Objetivo | Como usar | Aplicações | Trocar pesos | Visualizar gráficos | Referências

Digite apenas os valores numéricos.

Oxigênio dissolvido: 10.1 mg/L

Coliformes Fecais: 8 NMP/100mL

pH: 7.05

Demanda bioquímica de Oxigênio (DBO): 1 mg O₂/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

Altitude: 300 m

Limpar Dados Enviar Dados

Concluído

Resultado do Índice

Categoria	IQA
Boa	81.9003

[Ver tabela](#)

Figura 6: 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.

O programa foi aplicado a dados de análise de coleta de água de um trecho do rio São Marcos localizado na divisa dos municípios de São Marcos/RS e Caxias do Sul/RS influenciado por uma PCH. (Tabela 2) Os resultados obtidos nas campanhas realizadas, já com o cálculo realizado pelo programa estão inseridos na Tabela 3.

Tabela 2: Resultados das análises físico-químicas dos pontos do Rio São Marcos.

Parâmetro	1	2	3	4	5	6
Oxigênio Dissolvido (mg O ₂ /L)	10,1	10	9,75	9,45	8,35	9,1
Coliformes fecais (NMP/100mL)	8	8	8	60	4	8
pH	7,05	7,1	7	6,66	6,71	6,97
DBO (mg O ₂ /L)	1	5	1	1	1	1
Fósforo total (mgP/L)	0,16	0,14	0,15	0,27	0,26	0,44
Temperatura (°C)	12	12	12	11,5	14	12
Nitrogênio total (mgN/L)	0,5	0,5	0,5	0,71	0,5	0,74
Turbidez (NTU)	27,8	18,3	24,8	24,6	30,6	22,2
Sólidos Totais (mg/L)	63	96	87	83	97	66

Fonte: tabela elaborada pelos autores

**Tabela 3: Pontos de coleta e classificação da água na PCH São Marcos**

Pontos de coleta	IQA	Classificação
Ponto 1	81,9003	Boa
Ponto 2	79,7465	Boa
Ponto 3	82,5253	Boa
Ponto 4	73,5534	Boa
Ponto 5	79,2666	Boa
Ponto 6	76,8309	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 trecho do rio São Marcos possui boa aeração, por estar em uma região ritral, 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 cascatas. Todos os outros parâmetros também contribuíram para esta classificação, uma vez que apresentaram valores coerentes com limites estipulados pela Resolução CONAMA 357/05, com exceção do fósforo, que pode ter influenciado para que a classificação não tenha sido considerada como ótima, já que quando comparado a Resolução CONAMA 357/05, esta o enquadra em classe 4, devido aos valores obtidos.

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.

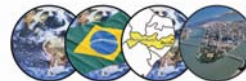
O programa agilizou o trabalho e a sua utilização para analisar pontos sob influência da PCH do Rio São Marcos mostrou-se satisfatória. Através deste índice foi possível avaliar sobre outra forma os pontos de coleta e monitoramento. O cálculo automatizado do IQA ajudou a prevenir erros humanos comuns, tornando os resultados mais precisos.

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 computar esses dados possam utilizá-lo a qualquer momento.

O PHP por ser uma linguagem livre (não precisa de licença), possibilitou um baixo custo com o desenvolvimento do programa. Isso demonstra a facilidade de se gerar modelos de forma *online*, sem a necessidade de grandes investimentos a fim de atender qualquer outra necessidade de uso. O custo para rodar o programa é contabilizado apenas pela necessidade de acesso a internet. O programa ainda foi estruturado para trabalhar com versões mais antigas de navegadores como o *Internet Explorer 5.5* e o *Netscape 5*, *Mozilla 2*. Outra vantagem que pode ser citada quando rodado em um *browser*, é a portabilidade, sendo possível utilizar o cálculo até mesmo através de um celular ou outro dispositivo móvel.

Em continuidade do projeto, pretende-se armazenar séries de dados das hidrelétricas localizadas no Rio das Antas – RS, em um banco de dados para poder retirar a partir daí informações históricas, possibilitando análises em outras áreas. Outra ação será a integração dos pontos com *web mapas* tornando assim mais fácil a



criação de redes de monitoramento e o gerenciamento dos recursos hídricos com foco em uma bacia hidrográfica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. 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.
2. CETESB. Índice de qualidade de água: IQA. Disponível em <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/indice.asp>>. Acesso em: 29 maio 2008.
3. INSTITUTO DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Monitoramento da pequena central hidrelétrica Rio São Marcos**. UCS/Caxias do Sul, RS. 2008, p.43.
4. LIBÂNIO, Marcelo. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Campinas, SP: Átomo, 2005.
5. SOARES, Wallace, **PHP 5: conceitos, programação e integração com banco de dados**. São Paulo: Érica, 2004. 523 p. ISBN 853650031X
6. 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.
7. LAB Fit. **Ajuste de Curvas**. <http://zeus.df.ufcg.edu.br/labfit/index_p.htm>. Acesso em: 6 ago. 2008.
8. MANUAL online do PHP. Disponível em <www.php.net>. Acesso em: 14 maio 2009.
9. PNMAIL. Seleção de índices e indicadores. Disponível em: <www.cprh.pe.gov.br/downloads/pnma2/qualidade-agua/selecaoIndiceIndicadores.pdf>. Acesso em: 29 maio 2008.