

# CÁLCULO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA EM RESERVATÓRIOS TROPICIAS COM ESTUDO DE CASO NO ACARAPE DO MEIO

*Sousa, I. V. A.<sup>1</sup>, Souza, R. O.<sup>2</sup> e Paulino, W. D.<sup>3</sup>*

**RESUMO** --- Os aspectos de sustentabilidade no uso dos recursos hídricos têm despertado, por parte de engenheiros, técnicos e governantes, responsáveis pela Gestão dos Recursos Hídricos, uma atenção cada vez maior, na busca de melhores soluções para os problemas que têm surgido em consequência das mais diversas necessidades dos seres humanos. Esses esforços têm encontrado na Engenharia Ambiental suporte e grande utilidade nos diagnósticos de avaliação do meio ambiente, visando permitir racionalidade em seus múltiplos usos. Este trabalho estudou, através de pesquisa de campo, associada com uma metodologia de cálculo do Índice de Qualidade de Água, as condições ambientais do Reservatório Acarape do Meio, no Estado do Ceará, visando determinar sua qualidade em uma distribuição espacial do reservatório, mostrando, assim, os vários pontos críticos do mesmo. Os cálculos do IQA-CETESB permitiram concluir que o reservatório tem, nas suas águas, uma classificação passando de Aceitável para Ruim, segundo classificação CETESB, ao longo de seu perfil. Ainda com relação à sua distribuição longitudinal, os resultados mostraram que o IQA-CETESB oscila entre Aceitável e Ruim, de acordo com o período de análise. Este resultado permite identificar a influência dos processos hidrológicos no padrão de qualidade da água deste reservatório.

**ABSTRACT** --- The sustainability aspects in the use of the water resources have become, on the part of engineers, technicians and Governments, responsible for the Water Resources Management, an larger attention, in the search of better solutions for the problems that have been appearing as a consequence of the human most several needs. Those efforts have been finding in the Engineering Environmental support and great usefulness in the diagnoses of evaluation of the environment, seeking to allow rationality in their multiples uses. This work studied, through field research, associated with a methodology of calculation of the Water Quality Index, the environmental conditions of the Acarape do Meio Reservoir, in the State of Ceará, seeking to determine its water quality in a space distribution of the reservoir, showing, like this, the several critical points of it. The calculations of IQA-CETESB allowed concluding that the reservoir has, in their waters, a classification passing of Acceptable for Bad, second the CETESB classification, along its profile. Still regarding its longitudinal distribution, the results showed that IQA-CETESB oscillates between Acceptable and Bad, in agreement with the period analyzed. This result allows identifying the influence of the hydrologic processes in the quality of the water conditions of this reservoir.

**Palavras-chave:** Índice de Qualidade de Água, Eutrofização e Reservatório.

1) Doutoranda em Recursos Hídricos: Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – Universidade Federal do Ceará – Campus do Pici – Bl. 713 – CEP.60.451-97, e-mail: [irla.vanessa@bol.com.br](mailto:irla.vanessa@bol.com.br)

2) Professor Titular do Departamento de Engenharia da UFC, Tel (85) 3366-97-71 e-mail: [rsouza@ufc.br](mailto:rsouza@ufc.br)

3) Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos – COGERH, e-mail: [disney@cogerh.com.br](mailto:disney@cogerh.com.br)

## 1.0 - INTRODUÇÃO

Os aspectos de sustentabilidade no uso dos recursos hídricos têm despertado, por parte de engenheiros, técnicos e governantes, responsáveis pela Gestão dos Recursos Hídricos, uma atenção cada vez maior, na busca de melhores soluções para os problemas que têm surgido em consequência das mais diversas necessidades dos seres humanos. Esses esforços têm encontrado na Engenharia Ambiental suporte e grande utilidade nos diagnósticos de avaliação do meio ambiente, visando permitir racionalidade em seus múltiplos usos.

Neste contexto, o entendimento da dinâmica dos reservatórios tem se destacado como um grande desafio para engenheiros e cientistas, na busca de encontrar soluções que minimizem os impactos causados pelos mais variados tipos de usos dos recursos hídricos.

Entender o funcionamento de lagos e reservatórios significa entender o comportamento de suas atividades físicas, químicas e biológicas, bem como, compreender os processos que governam o desenvolvimento dessas atividades, de modo a permitir a avaliação precisa nos parâmetros que determinam os aspectos da qualidade da água dos mesmos (Ribeiro, 2007).

Os estudos que têm sido realizados, referentes aos diversos fenômenos que ocorrem nos reservatórios, como também, referentes aos problemas de qualidade de água a eles associados, têm permitido diagnosticar a grande dificuldade existente em avaliar suas inter-relações. Atualmente, há disponível na literatura um vasto material, com as mais variadas metodologias de estudo, que permitem verificar este fato.

## 2.0 - BACIA METROPOLITANA

O rio Pacoti está inserido na Bacia Metropolitana. Esta Bacia, com 15.085 Km<sup>2</sup>, engloba um conjunto de bacias independentes com área variando de quase 60 Km<sup>2</sup> (Riacho Caponga Funda) até 4.750 Km<sup>2</sup> (Rio Choró), que inclui, também, as bacias responsáveis pelo abastecimento de Fortaleza (CEARÁ, 1992).

O açude Acarape do Meio faz parte da bacia hidrográfica do Rio Pacoti com área de drenagem de 210,96 Km<sup>2</sup>. Localizado no município de Redenção e fazendo parte do Sistema da Bacia Metropolitana (Figura 1). A capacidade da barragem é 31.500.000,00 m<sup>3</sup> e a vazão regularizada é de 0,15 m<sup>3</sup>/s. A cota do sangradouro é de 130,02 m e a largura de 60,00 m. A tomada d'água é do tipo galeria e o seu



em UTM. O ponto 7 foi desativado em 2003 por apresentar padrões parecidos com o do ponto 5, tornando-se um ponto desnecessário (figura 2). Foram escolhidos os seguintes pontos de monitoramento no reservatório:

Ponto 1 – Entrada que vem de Genipapo;

Ponto 2 – Eixo do Rio Pacoti e entrada que vem da cidade de Pacoti;

Ponto 3 – Entrada que vem do município de Palmácia;

Ponto 4 – Próximo ao ponto 5;

Ponto 5 – Eixo do Rio Pacoti;

Ponto 6 – Próximo à margens direita do reservatório;

Ponto 7 – Desativado;

Ponto 8 – Vertedouro;

Ponto 9 – Próximo à derivação da adutora que abastece o distrito industrial de Maracanaú.

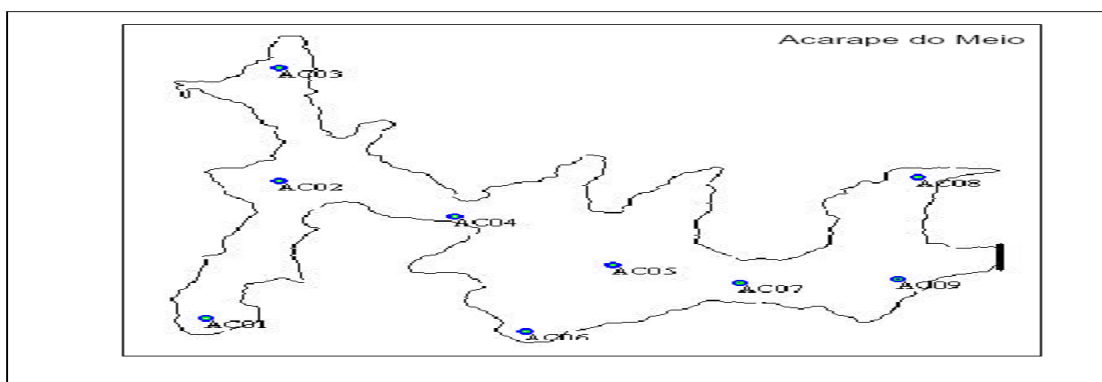


Figura 2 - Localização das coordenadas dos pontos de coleta do açude Acarape do Meio. Fonte: COGERH, 2006.

### 3.0 - METODOLOGIA

#### 3.1 - Cálculo do Índice de Qualidade de Água – IQA

Para a caracterização da qualidade da água utilizam-se alguns parâmetros que representam suas características físico-químicas e biológicas, os indicadores da qualidade da água, que representam impurezas quando ultrapassam certos valores estabelecidos. Estes parâmetros foram estabelecidos pela *National Sanitation Foudantion* (NSF), nos Estados Unidos, através de pesquisa de opinião junto a vários especialistas da área ambiental, para o desenvolvimento de um índice que indicasse a qualidade da água (IQA). Com isso, nove parâmetros foram considerados mais representativos: oxigênio dissolvido, coliformes fecais, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrato, fosfato total, temperatura

da água, turbidez e sólidos totais. Para cada parâmetro foram traçadas curvas médias da variação da qualidade da água em função das suas respectivas concentrações (FERREIRA & ALMEIDA, 2005).

A criação do IQA baseou-se numa pesquisa de opinião junto a especialistas em qualidade de águas, que indicaram os parâmetros a serem avaliados, o peso relativo dos mesmos e a condição com que se apresenta cada parâmetro, segundo uma escala de valores "rating". Dos 35 parâmetros indicadores de qualidade d'água inicialmente propostos, somente 9 foram selecionados. Para estes, a critério de cada profissional, foram estabelecidas curvas de variação da qualidade das águas de acordo com o estado ou a condição de cada parâmetro. Estas curvas de variação, sintetizadas em um conjunto de curvas médias para cada parâmetro, bem como seu peso relativo correspondente (CETESB, 2007).

Para cada parâmetro foi atribuído um peso, listado na tabela, de acordo com sua importância relativa no cálculo do IQA<sub>3</sub>.

Tabela 1 - Peso dos Parâmetros Ambientais

<b>Parâmetros Ambientais</b>	<b>Peso - wi</b>
Oxigênio dissolvido – OD (% OD) – w1	0,17
Coliformes fecais (NMP/100 mL) – w2	0,15
pH – w3	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO (mg/L) – w4	0,10
Nitratos (mg/L NO <sub>3</sub> ) – w5	0,10
Fosfatos (mg/L PO <sub>4</sub> ) – w6	0,10
Variação na Temperatura (°C) – w7	0,10
Turbidez (UNT) – w8	0,08
Resíduos totais (mg/L) – w9	0,08

Fonte: FERREIRA & ALMEIDA, 2005.

### 3.2 - IQA – CETESB

Para esta pesquisa utilizou-se o índice modificado pela CETESB. O IQA modificado pela CETESB é calculado pelo produto ponderado das notas atribuídas a cada parâmetro de qualidade de água: 1) temperatura da amostra; 2) pH, 3) oxigênio dissolvido; 4) demanda bioquímica de oxigênio (5 dias, a 20°C); 5) coliformes fecais; 6) nitrogênio total; 7) fosfato total; 8) sólidos totais e 9) turbidez, de acordo com a seguinte fórmula:

$$IQA = \prod_{i=0}^n q_i^{w_i} \quad (1)$$

Onde:

IQA é o índice de qualidade da água, um número de 0 a 100;

$q_i$  é a qualidade do parâmetro  $i$ -ésimo (um número de 0 a 100), obtido através da curva média específica de qualidade;

$w_i$  é o peso atribuído correspondente ao  $i$ -ésimo parâmetro, em função de sua importância na qualidade, entre 0 e 1.

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

Onde  $n$  é 9. No caso de não se dispor do valor de algum dos 9 parâmetros, o cálculo do IQA é inviabilizado (CETESB, 2007).

Os valores do índice variam entre 0 e 100, conforme especificado a seguir:

Tabela 2 - Classificação da qualidade das águas.

Valor	Qualificação	Cor
80-100	Ótima	Ciano
52-79	Boa	Verde
37-51	Aceitável	Amarelo
20-36	Ruim	Vermelho
0-19	Péssima	Preto

Fonte: CETESB, 2001 apud PNMA, 2005.

No cálculo original do IQA, pela *National Sanitation Foundation* dos Estados Unidos, considerava-se o nitrogênio nitrato. No entanto, a CETESB realizou uma adaptação deste índice para o nitrogênio no Estado de São Paulo, uma vez que, nesse caso, os rios se mostram comprometidos por esgotos domésticos, que são ricos em outras formas de nitrogênio, tais como o nitrogênio orgânico e o amoniacal. Sendo assim, utiliza-se a curva do nitrogênio, considerando o nitrogênio total. É possível aplicar a curva do nitrogênio para o nitrato, mas é preciso verificar se essa forma é a preponderante nos rios. Assim definido, o IQA reflete a interferência por esgotos sanitários e outros materiais orgânicos, nutrientes e sólidos (CETESB, 2007).

#### 4.0 - RESULTADO

Foi calculado a partir dos dados do Reservatório Acarape do Meio refere-se ao Índice de Qualidade de Água (IQA), que é um índice que reflete a poluição proveniente de lançamento de esgotos domésticos e cargas orgânicas de origem industrial. Neste caso, a avaliação da qualidade da

água obtida pelo IQA apresenta algumas limitações, entre elas a de considerar apenas a sua utilização para abastecimento humano. Desta forma, parâmetros importantes que certamente afetam outros tipos de usos não são considerados, como a presença de metais pesados no cálculo do IQA.

A figura 3 mostra o resultado do IQA para o Ponto 9 nos anos de 2004 e 2005. Através desse cálculo, verificou-se que no Ponto 9 o índice variou em torno de 45, tendo apenas nos meses de agosto e setembro de 2005 seus valores alcançando grandezas acima de 50, pela classificação da CETESB. Apenas neste período a água é considerada boa para abastecimento e nos demais períodos analisados ela é considerada média. Deve ficar claro que estes valores foram calculados nas amostras coletadas na superfície (a 0,3m de profundidade), onde a água é sempre de melhor qualidade. Desta forma, pode-se concluir que, para camadas mais profundas, este índice calculado apresentará resultados mais dramáticos, como será visto a seguir.

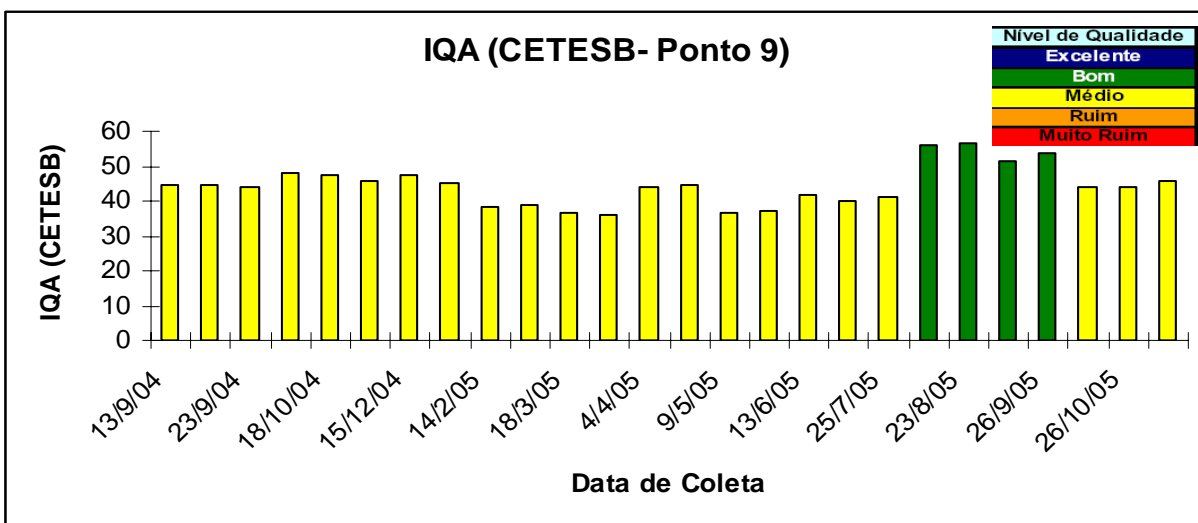


Figura 3 - Cálculo do Índice de Qualidade de Água – IQA-CETESB nos anos de 2005 e 2006, para o pontos 9 à 0,3 m de profundidade.

As figuras 4 (A), 4 (B) e 4 (C) apresentam os perfis do IQA para os pontos P1, P2, P3 e P9. Neste caso, os resultados mostram uma acentuada queda deste índice à medida que se atinge maiores profundidades. Por exemplo, se forem considerados os perfis do Ponto 9 nas três campanhas do ano de 2006, verifica-se que na média o IQA, a partir de 10 m, fica menor que 30, o que representa uma qualidade classificada como Ruim.

O mesmo acontece para os demais pontos. Entretanto, deve ficar claro que no ponto 3, nos meses de abril e maio, o IQA variou entre 40 e 50, o que representa uma classificação aceitável. Mas no mês

de setembro, quando estava começando o período de estiagem, o índice deste ponto caiu para um valor 30, em média, o que mostra a grande instabilidade da água neste reservatório.

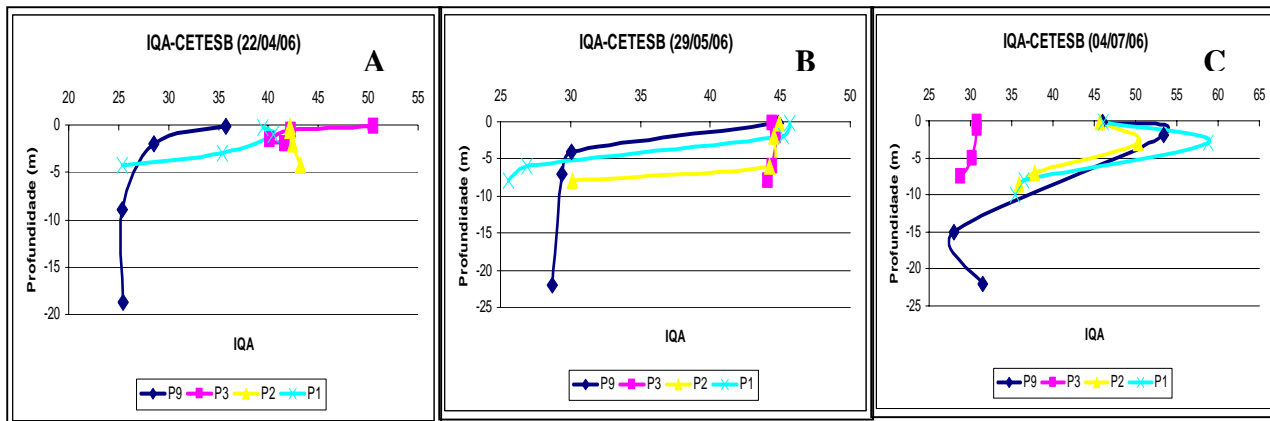


Figura 4 (A), (B) e (C) – Perfis dos IQA’S-CETESB para o Reservatório Acarape do Meio, realizado em três campanhas para os pontos P1, P2, P3 e P9.

As figuras 5 (A), 5 (B), 5 (C) e 5 (D) apresentam o IQA calculado a partir da média do perfil de cada parâmetro para os pontos P1, P2, P3 e P9. Neste caso, os resultados mostram que nos meses de abril e maio o IQA apresentou resultados que classificam a água neste ponto como Ruim passando para Aceitável em julho. Por outro lado, o resultado do ponto 2 mostra uma água aceitável em todos os períodos de coleta. Já para o ponto 3 apresenta uma deteriorização considerável na amostra de julho, onde começa o período de estiagem. Este resultado pode ser explicado admitindo que o ponto 3 recebe contribuições provenientes do Município de Palmácia, cujo efluente é desprovido de qualquer tratamento. Com relação ao ponto 9 o IQA apresentou alguma melhora a partir de abril, atingindo a classificação aceitável somente em julho de 2006.

Para verificar uma melhor distribuição do índice de qualidade de água IQA-CETESB, os resultados foram apresentados usando gráficos produzidos pelo *software Surfer*, que permite uma melhor visualização deste índice ao longo do reservatório em estudo. É importante notar que este índice foi calculado com a média das concentrações de cada parâmetro ao longo do seu perfil vertical. A figura 6 (A) apresenta os resultados do dia 22/04/2006, que foi um dia chuvoso. Os resultados mostram uma variação do IQA-CETESB, passando de um estado Médio para um estado Ruim, segundo classificação CETESB, em direção a barragem.



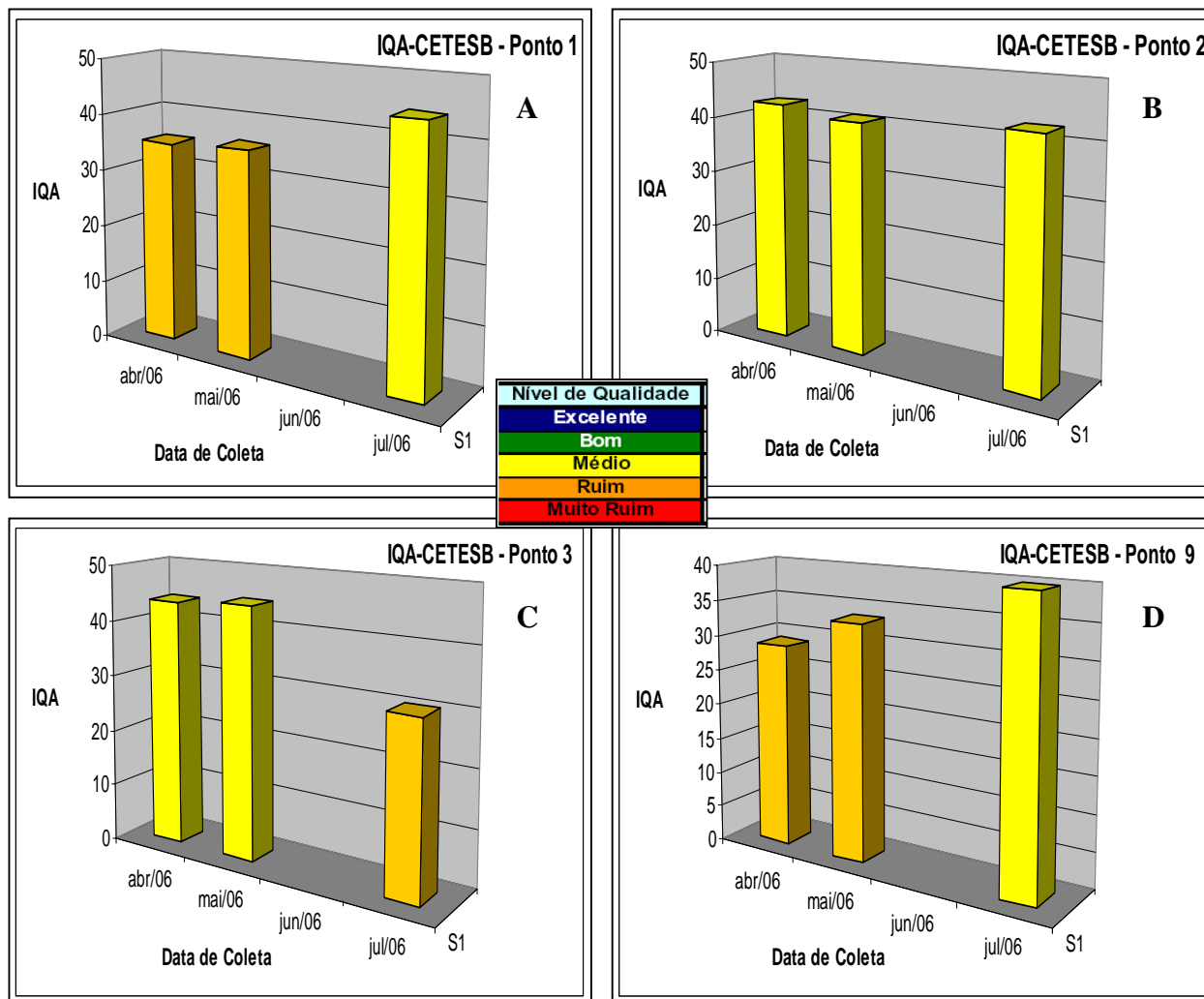


Figura 5 (A), (B), (C) e (D) - IQA-CETESB calculado a partir da média do perfil de cada parâmetro para os pontos P1, P2, P3 e P9 nas três campanhas do ano de 2006.

Este resultado mostra a forte dependência da qualidade da água do reservatório com o processo hidrológico. Como pode ser bem observado nas entradas do reservatório, o IQA-CETESB apresenta valores bem maiores do que nas proximidades da barragem. Nesta época, em abril, ocorre um processo de renovação das águas do reservatório, por representar período chuvoso. A figura 6 (B) mostra o resultado do IQA-CETESB para maio de 2006. Como pode ser observado, o resultado não se altera consideravelmente. Já em julho, quando começa o período de estiagem, em que se espera que parte da água tenha sido renovada, o resultado mostra uma melhor qualidade, classificando este índice como Médio, como pode ser observado na figura 6 (C). Por outro lado, esta figura mostra um detalhe

interessante exatamente no Ponto 3, que representa a entrada da cidade de Palmácia, sem sistema de tratamento de esgoto. Como pode ser observado, nesta região há uma degradação da qualidade da água representada pelo IQA-CETESB, que tem seu nível classificado como Ruim, segundo classificação CETESB.

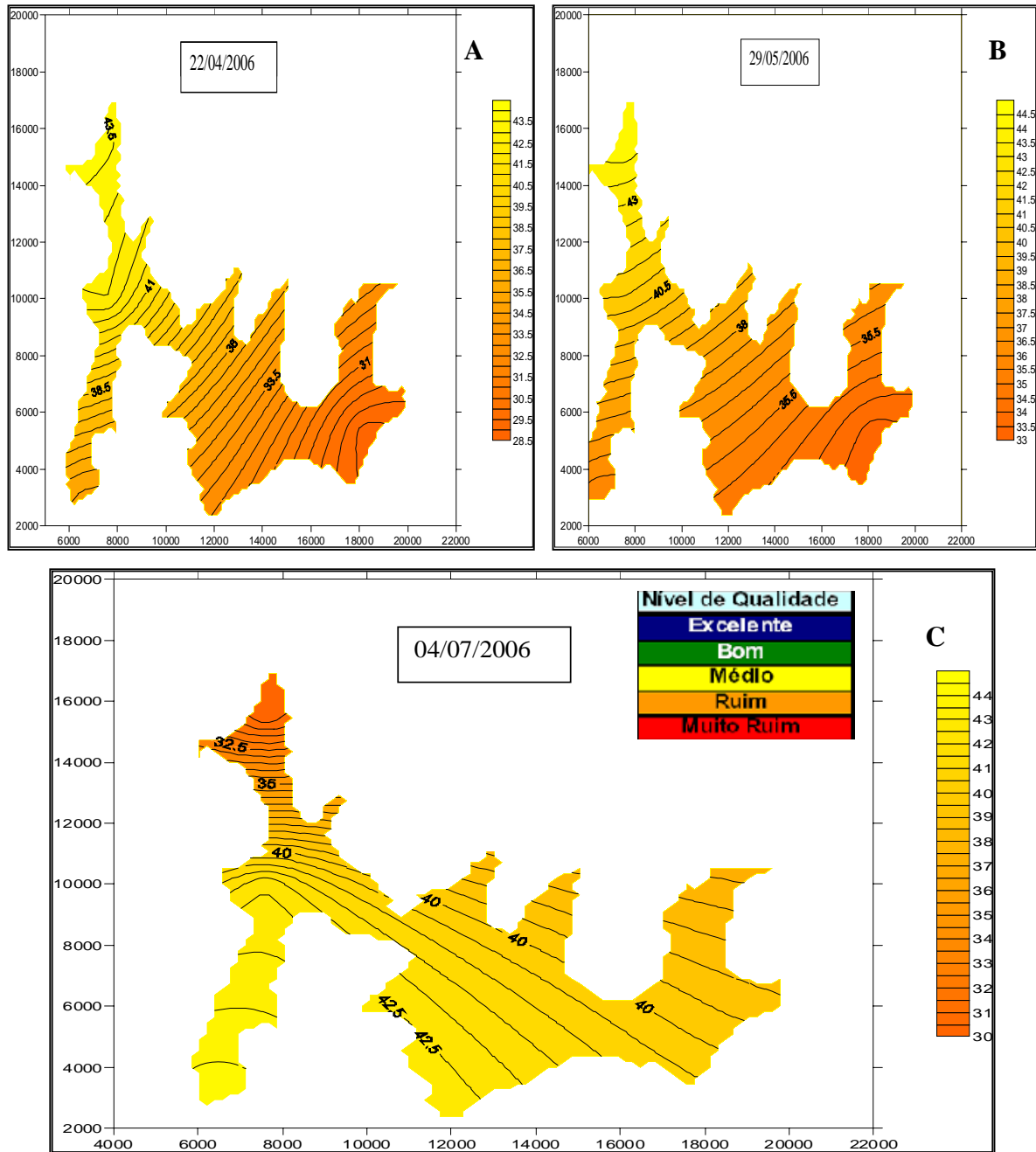


Figura 6 (A), (B) e (C) – Índice de Qualidade de Água (IQA-CETESB) para o Reservatório Acarape do Meio, no ano de 2006, Abril em (A), Maio em (B) e Julho em (C), calculado através da média do perfil de cada parâmetro.

## 5.0 - BIBLIOGRAFIA

**CEARÁ**, Secretaria dos Recursos Hídricos. Plano Estadual dos Recursos Hídricos. Fortaleza, SRH, 4v., 1992.

**CETESB** - COMPANHIA DE TECNOLOGIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, Disponível em: [http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/indice\\_iap\\_iqa.asp](http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/indice_iap_iqa.asp) Acesso em: 02/02/2007.

**COGERH** - COMPANHIA DE GERENCIAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS. Disponível em: [www.cogerh.com.br](http://www.cogerh.com.br). Acesso em: 02/06/2006.

FERREIRA, E. C. F.; ALMEIDA, M. C. Sistema de Cálculo da Qualidade da Água (SCQA) Estabelecimento das Equações do índice de Qualidade das Águas (IQA). Programa Nacional do Meio Ambiente – **PNMA II**, 2005.

**PNMA** - Programa Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/pnma2/qualidade-agua/selecaoIndiceIndicadores>. Índice e Indicadores de Qualidade de Água – Revisão da Literatura. Acesso em: 02/09/2006, 2005.

RIBEIRO, I. V. A. S. Estudo do Estado Trófico do Reservatório Acarape do Meio Mediante a Determinação de Indicadores de Qualidade de Água. Tese de doutorado em Recursos Hídricos. Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 198p., 2007.

## 6.0 - AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à COGERH pela disponibilização dos dados. Ao CNPq e à FUNCAP, pelo suporte financeiro em forma de bolsa.