

# Mapa da qualidade das águas do rio Acaraú, pelo emprego do IQA e Geoprocessamento<sup>1</sup>

## Map of Acaraú River water quality by the use of WQI and GIS

Fernando Bezerra Lopes<sup>2,\*</sup>, Adunias dos Santos Teixeira<sup>3</sup>, Eunice Maia de Andrade<sup>4</sup>, Deodato do Nascimento Aquino<sup>5</sup> e Lúcia de Fátima Pereira Araújo<sup>6</sup>

**Resumo:** O presente trabalho foi desenvolvido com o propósito de avaliar a variabilidade espacial e temporal da qualidade das águas superficiais da bacia hidrográfica do Acaraú, localizada na região Norte do Estado do Ceará, usando um Índice de Qualidade de Água – IQA associado a um Sistema de Informações Geográficas – SIG. Os dados empregados nesta pesquisa foram coletados em fevereiro, julho e novembro de 2003 e março de 2004, em 13 estações amostrais distribuídas ao longo da bacia. O estudo considerou as seguintes variáveis: percentagem de saturação de oxigênio, demanda bioquímica de oxigênio, pH, fósforo total, nitrato, coliformes termotolerantes, turbidez e sólidos em suspensão. Foram construídos mapas que apresentam as áreas de maior ou menor vulnerabilidade da qualidade das águas superficiais da bacia do Acaraú. Os valores mais baixos do IQA foram registrados na região próxima à cidade de Sobral e também logo após a cidade de Groaíras, onde os esgotos são lançados ao rio. As águas da bacia do Acaraú enquadraram-se em classes que vão de regular a boa, apresentando IQA mínimo de 60,79 e máximo de 80,28. Não houve diferença significativa ( $\alpha = 0,01$ ) nos IQA entre as estações chuvosa e seca.

**Palavras-chave:** Índice de qualidade de água. Sistema de informações geográficas. Bacia hidrográfica. Variabilidade.

**Abstract:** This study was conducted to assess the spatial and temporal variability of water quality from the Acaraú river Basin, Ceará, Brazil. We used a Water Quality Index (WQI) with support of a Geographic Information System (GIS). Water quality parameters were sampled in February, July, November/2003 and March/2004. Surface water samples were collected at 13 sampling points in the Acaraú basin and analyzed for dissolved oxygen, biochemical oxygen demand, pH, phosphate, nitrate, fecal coliforms, turbidity and suspended solids. A vulnerability map of the Acaraú basin water quality was produced. The lowest values of WQI were obtained in the region near the Sobral city and downward the Groairas city. Sewage from the later city are disposed in the Groairas River. The Acaraú basin water was classified as regular to good. The lowest values of WQI was 60.79 and the highest was 80.28. There was no significant difference ( $\alpha = 0,01$ ) in the temporal WQI values from rainy and dry seasons.

**Key words:** Water quality index. Geographical information system. Watershed. Variability.

---

\* autor para correspondência

<sup>1</sup> Recebido para publicação em 18/01/2008; aprovado em 04/06/2008

<sup>2</sup> Graduado em Recursos Hídricos e Irrigação, M. Sc. Irrigação e Drenagem, CCA/UFC, Caixa Postal 12.168, CEP: 60 455 970, Fortaleza, CE. Fone (85) 3366 9762, bolsista do CNPq, lopesfb@yahoo.com.br

<sup>3</sup> Eng. Agrônomo, Ph. D., Prof. do Dep. Eng. Agrícola, CCA/UFC, CE, adunias@ufc.br

<sup>4</sup> Eng. Agrônoma, Ph. D., Prof. do Dep. de Eng. Agrícola, CCA/UFC, Fortaleza, CE, eandrade@ufc.br

<sup>5</sup> Eng. Agrônomo, M. Sc. em Irrigação e Drenagem, UFC, deoagro@yahoo.com.br

<sup>6</sup> Eng. Química, M. Sc., Prof. do CEFET, CE, lucifat@cefetce.br

## Introdução

A água é a substância mais abundante no planeta, embora disponível em diferentes quantidades e em diferentes lugares. Possui papel fundamental no ambiente e na vida humana, e nada pode substituí-la, pois, sem ela, a vida não pode existir. Segundo Tundisi (1999), alterações na quantidade, distribuição e qualidade dos recursos hídricos ameaçam a sobrevivência humana e as demais espécies do planeta, estando o desenvolvimento econômico e social dos países fundamentados na disponibilidade de água de boa qualidade e na capacidade de sua conservação e proteção.

A influência da atividade antropogênica e da geologia na qualidade das águas superficiais e subterrâneas vem sendo quantificada por diferentes pesquisadores (MELLOUT; COLLIN, 1998; MENDIGUCHÍA et al., 2004). O impacto ambiental devido ao lançamento de efluentes nos rios tem crescido a taxas preocupantes, principalmente em grandes centros urbanos, expressando a carência de redes de esgoto sanitário e a baixa conscientização da população em relação à conservação dos corpos hídricos (CETESB, 2003; MOLINA et al., 2006).

A necessidade de um maior conhecimento e controle da variabilidade temporal e espacial levou ao desenvolvimento de índices de qualidade das águas (IQA). A idéia básica dos índices de qualidade é agrupar uma série de variáveis numa escala comum, combinando-as em um único número (ALMEIDA; SCHWARZBOLD, 2003). Várias técnicas vêm sendo aplicadas por pesquisadores no desenvolvimento de IQA (HORTON, 1965; PALACIO, 2004). O mais conhecido e aceito é o proposto pela National Sanitation Foundation, o qual vem sofrendo adaptações nas mais diferentes regiões do globo (JONNALAGADDA; MHERE, 2001). O IQA vem sendo aplicado em uma escala crescente por diversos pesquisadores e instituições como ferramenta de avaliação da qualidade das águas (COMISTESINOS 1990; ALMEIDA; SCHWARZBOLD, 2003; MELO JÚNIOR et al., 2003; ANDRADE et al., 2005; MOLINA et al., 2006).

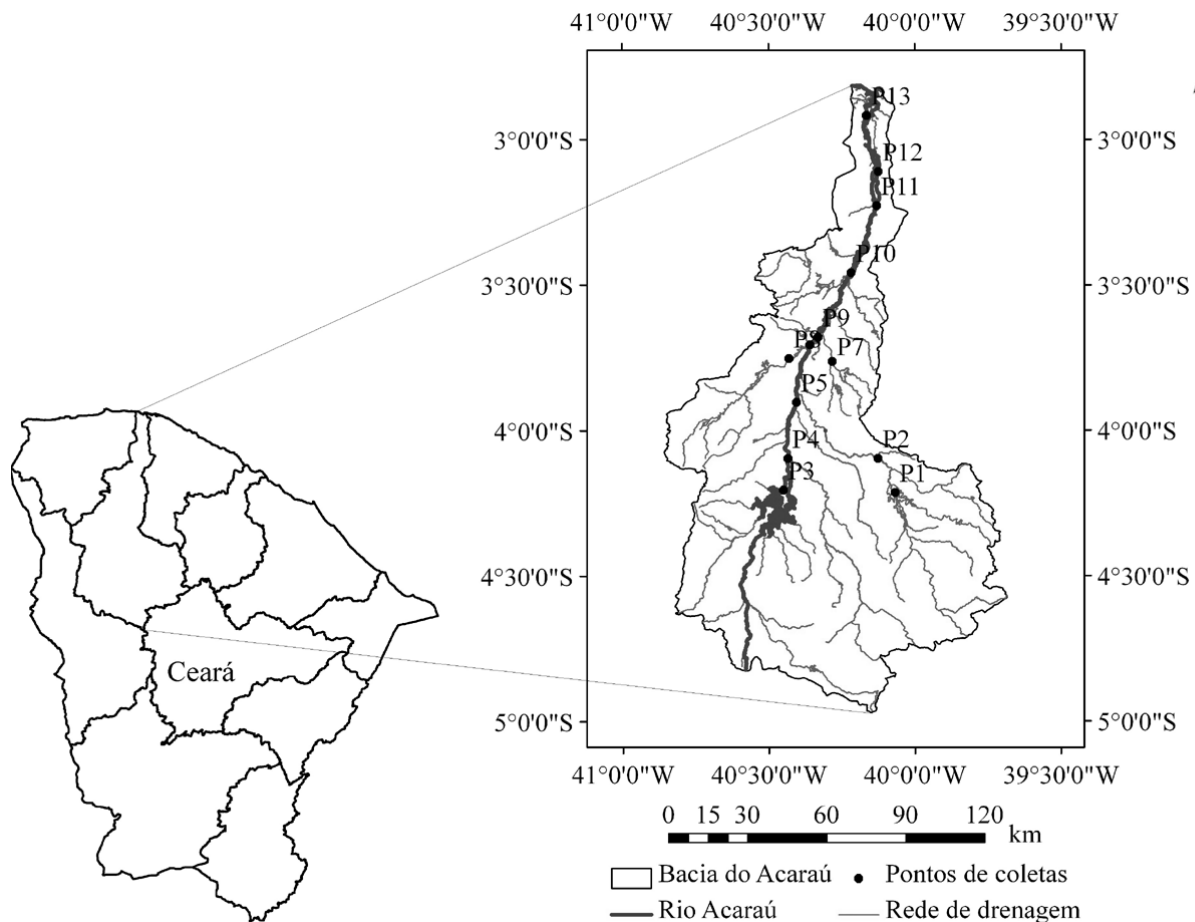
O IQA é empregado nas mais diferentes formas como uma metodologia integradora,

por converter várias informações em um único resultado numérico (ALMEIDA; SCHWARZBOLD, 2003), ademais representa o nível de qualidade de água e elimina tendências individuais de pesquisadores. O uso de IQA é uma tentativa que todo programa de monitoramento de águas superficiais prevê como forma de acompanhar, através de informações resumidas, a possível deterioração dos recursos hídricos ao longo da bacia hidrográfica ou ao longo do tempo (TOLEDO; NICOLELLA, 2002). O IQA reflete a interferência de substâncias orgânicas, nutrientes, sólidos e microbiológicos na qualidade das águas para consumo humano.

A correlação de informações acerca da qualidade de água pode ser realizada utilizando-se Sistemas de Informações Geográficas (SIG) na implementação e interpretação de dados para um diagnóstico ambiental mais preciso, mais rápido e de menor custo (ANDRADE et al., 2005, LEÃO et al., 2004). Segundo Rosa e Brito (1996), o objetivo geral de um SIG é servir de instrumento eficiente para todas as áreas do conhecimento que fazem uso de mapas, possibilitando integrar em uma única base de dados, informações representando vários aspectos do estudo de uma região. O presente trabalho teve por objetivo determinar a variabilidade espacial e temporal da qualidade da água superficial da bacia hidrográfica do rio Acaraú – CE usando um IQA com suporte de um SIG.

## Material e métodos

A bacia do Acaraú situa-se na região norte do Estado do Ceará, sendo ampla em seu alto curso e estreita próximo à costa (Figura 1). Drenada predominantemente pelo rio Acaraú, o qual nasce na serra da Mata em cotas superiores a 800 m, a bacia do Acaraú desenvolve-se no sentido sul-norte, com aproximadamente 315 km de extensão. A área da bacia é de aproximadamente 14.200 km<sup>2</sup>, com uma capacidade total de acumulação de água de 14.266 hm<sup>3</sup> e contém 298 km de trechos de cursos d'água perenizados artificialmente pelos açudes: Paulo Sarasate (Araras Norte), Edson Queiroz, Ayres de Souza (Jaibaras), Forquilha e Acaraú Mirim.



**Figura 1** – Localização da Bacia do Acaraú, com indicação dos pontos de coleta em campo

O clima da parte alta da bacia do Acaraú, segundo a classificação de Köppen, é do tipo BSw'h', semi-árido quente com chuvas de verão-outono, temperaturas médias mensais superiores a 18 °C. Já o da parte baixa da bacia em estudo é Aw', tropical chuvoso com chuvas máximas no outono. As médias anuais da umidade relativa e da velocidade do vento são de 70% e de 2 m s<sup>-1</sup>, respectivamente. A Tabela 1 apresenta a precipitação média mensal para os três postos pluviométricos localizados na bacia do Acaraú. O posto Varjota representa a parte alta da bacia, o posto de Sobral representativo do terço médio da bacia e o de Marco à parte baixa da bacia. Os meses que não constam na Tabela 1 significam que não houve registro da precipitação.

A geologia regional é composta essencialmente por terrenos cristalinos (IPLANCE, 1997). De acordo com a classificação de solos, a região caracteriza-se

pela predominância de Luvisolos e algumas manchas de Neossolo (EMBRAPA, 2006).

As amostras de água foram coletadas durante os meses de fevereiro, julho, novembro de 2003 e março de 2004, em 13 postos. Os atributos físicos, químicos e biológicos considerados neste estudo foram: pH, nitrato, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5</sub>), fósforo total, coliformes termotolerantes, turbidez e sólidos em suspensão. As análises das amostras de águas seguiram a metodologia apresentada por Apha (1998).

O IQA utilizado neste trabalho foi desenvolvido pela National Sanitation Foundation (NSF) e adaptado pelo Comitesinos (1990). O Valor do IQA foi avaliado através da seguinte equação:

$$IQA = \prod q_i^{w_i} \quad (1)$$

**Tabela 1** – Precipitação pluviométrica (mm), para o período de janeiro de 2003 a março de 2004 para posto de Varjota, Sobral e Marco

Postos	jan/03	fev/03	mar/03	abr/03	mai/03	jun/03	dez/03	jan/04	fev/04	mar/04
Varjota	146,0	309,5	292,0	175,5	61,0	42,0	90,0	400,0	277,0	265,0
Sobral	101,0	289,0	520,0	122,0	87,0	16,0	18,0	392,0	259,0	125,0
Marco	79,4	412,3	478,3	213,9	49,6	0,0	0,0	596,0	165,3	135,0

onde,

IQA - índice de qualidade de água (adimensional),

$\Pi$  - multiplicatório,

$q_i$  - qualidade relativa da  $i$ -ésima variável,

$w_i$  - peso relativo da  $i$ -ésima variável,

$i$  - número de ordem da variável

O índice emprega os nove parâmetros considerados mais representativos para a caracterização da qualidade das águas: percentagem de saturação de oxigênio, coliformes termotolerantes, pH,  $DBO_5$ , nitrato, fosfato total, temperatura da água, turbidez e sólidos em suspensão. Foram utilizadas as curvas de qualidade -  $q_i$  (Figura 2) e pesos relativos -  $w_i$  (Tabela 2), que atribuem uma nota subjetiva de qualidade aos valores da variável analisada. Para a obtenção da percentagem de saturação de oxigênio, seguiu-se a metodologia apresentada por Pivele e Kato (2005). A versão utilizada pelo Comitesinos (1990) e Almeida e Schwarzbald (2003) não faz uso das medidas de temperatura para

estimar o IQA. Testes preliminares feitos por esses autores, com e sem o uso de dados de temperatura, indicaram variações nos IQA de apenas 5%. Esta variável também não foi considerada neste trabalho uma vez que, na região em estudo, a amplitude térmica anual é pequena. Neste trabalho, foi menor que 6 °C. A partir do cálculo efetuado, determinou-se a qualidade das águas brutas indicada pelo IQA em uma escala de 0 a 100, segundo a parametrização apresentada na Tabela 3.

**Tabela 3** – Faixas de qualidade da água para IQA (COMITESINAS, 1990) e modificado por Almeida e Schwarzbald (2003)

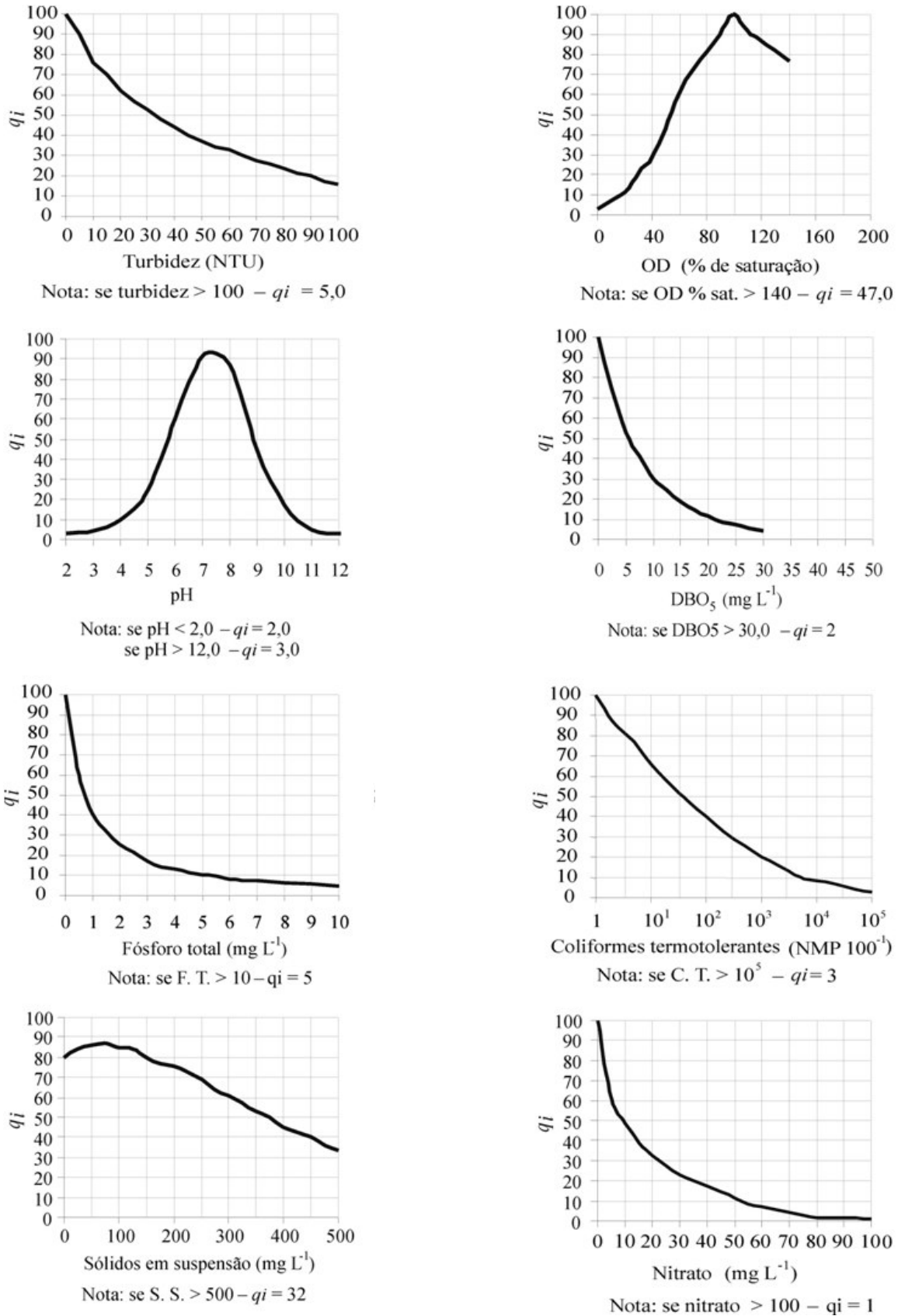
Faixa	Classificação da qualidade
$0 \leq IQA \leq 25$	Muito Ruim
$25 < IQA \leq 50$	Ruim
$50 < IQA \leq 70$	Regular
$70 < IQA \leq 90$	Bom
$90 < IQA \leq 100$	Excelente

**Tabela 2** – Variáveis utilizadas e seus pesos relativos para cálculo do IQA, segundo Comitesinos (1990)

Variáveis	Peso relativos ( $w_i$ )
Oxigênio Dissolvido	0,19
Coliformes Termotolerantes	0,17
pH	0,13
DBO	0,11
Fósforo Total	0,11
Nitrato	0,11
Turbidez	0,09
Sólidos Totais em Suspensão	0,09

Fazendo uso da técnica de geoprocessamento e com os valores de  $q_i$  obtidos, para cada variável analisada, geraram-se as grades de  $q_i$  através do método de interpolação por krigagem no software SURFER 7.0. De posse das matrizes de pontos, foram construídos mapas relativos ao  $q_i$  de cada variável no software ArcGIS 9.1. Os mapas do IQA para a bacia do rio Acaraú foram desenvolvidos a partir da Equação 1 em processo interativo com o software ArcGIS 9.1 através da ferramenta ArcToolbox, Analyst Tools e Map Algebra. Processo semelhante foi empregado por Andrade et al. (2006).

Para avaliar a variabilidade temporal, foi realizado o teste de médias dos valores do IQA



**Figura 2** – Curvas médias de variação de qualidade das águas Comitesinos (1990)

para a estação chuvosa em relação à estação seca. O programa estatístico utilizado foi o SPSS (Statistical Package for the Social Sciences), versão 16.0.

## Resultados e discussão

Os resultados obtidos em relação à padronização da qualidade das águas na bacia do Acaraú permitiram identificar a potencialidade de uso da água para irrigação e principalmente para consumo humano. A qualidade da água em forma de um índice apresenta grande vantagem de ser facilmente assimilável pela comunidade, pois os resultados são expressos em forma de números adimensionais entre zero (qualidade muito ruim, ou seja, inadequada) e 100 (água excelente, ou seja, água sem e/ou com baixa restrição de uso).

As Figuras 3 e 4 apresentam os valores de  $q_i$  calculados a partir dos resultados das análises laboratoriais e das curvas de qualidade das águas (Figura 2). Pela Figura 3A, observa-se que os valores de  $q_i$  do pH variaram de 77 a 89, correspondendo a uma água que não apresenta limitação quanto a este parâmetro.

O pH pode ser considerado como uma das variáveis ambientais mais importantes, ao mesmo tempo em que é uma das mais difíceis de serem interpretadas (ALMEIDA; SCHWARZBOLD, 2003). Esta complexidade na interpretação dos valores de pH se deve ao grande número de fatores que podem influenciá-lo. Palácio (2004), aplicando IQA na parte baixa da bacia hidrográfica do rio Trussu, Ceará, encontrou valores de  $q_i$  para o pH que variaram de 42,40 a 100. Os valores do  $q_i$  mais baixos para o pH foram registrados no trecho entre a cidade de Santana do Acaraú e a cidade de Marcos.

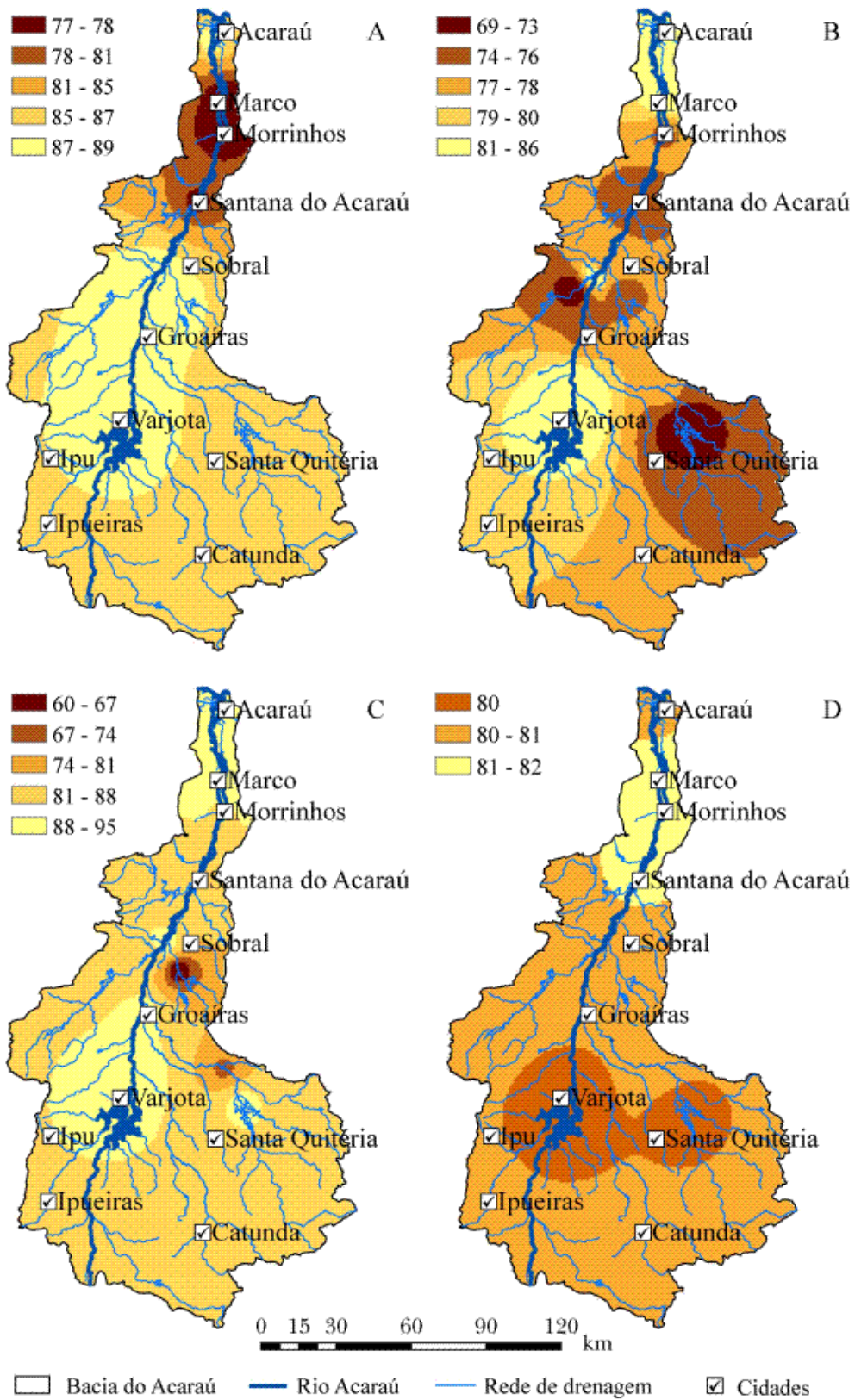
A variabilidade espacial da turbidez pode ser vista na Figura 3B. Esta variável representa o grau de interferência com a passagem da luz através da água, conferindo uma aparência turva à mesma. A principal fonte é os sólidos em suspensão, os quais podem ser de origem natural (partículas de rocha, areia e silte, além de algas e outros minerais) ou antropogênica (despejos domésticos,

industriais, microorganismos e erosão). A turbidez média para a bacia em estudo variou de 69 a 86 (Figura 3B). Os valores de  $q_i$  para a turbidez, encontrados para a bacia do Acaraú, foram semelhantes aos observados por Almeida e Schwarzbald (2003), para as águas do Arroio de Cria Montenegro, Rio Grande do Sul.

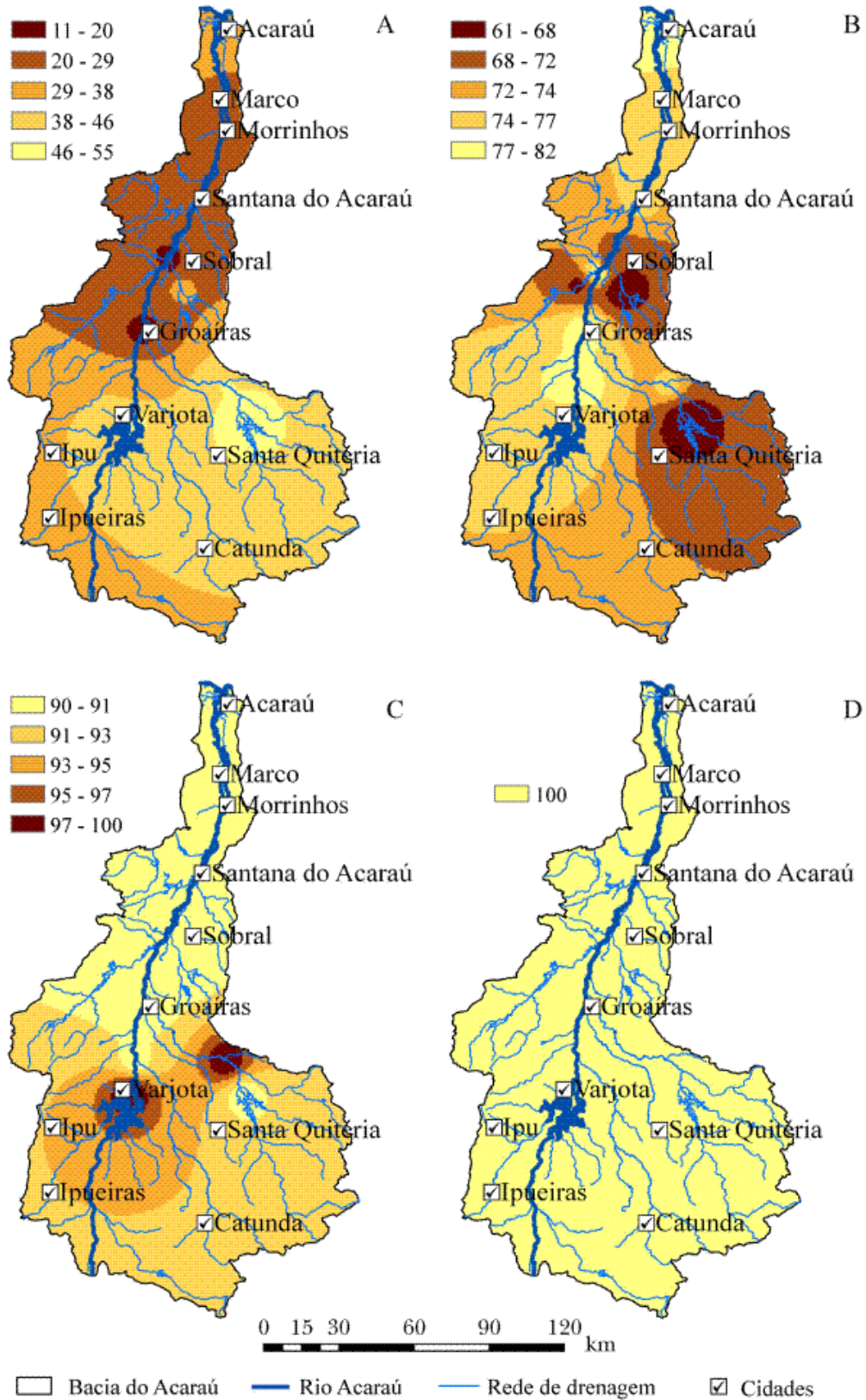
Os valores de  $q_i$  para a percentagem de saturação de oxigênio e para os sólidos em suspensão são apresentados nas Figuras 3C e 3D, respectivamente, com valores variando de 60 a 95 para a percentagem de saturação de oxigênio, sendo que a grande parte da bacia apresentou  $q_i$  superior a 80, embora a quantidade de oxigênio tenha sofrido um declínio, próximo à cidade de Forquilha, provavelmente em virtude de carga orgânica. Já os sólidos em suspensão apresentaram variação muito pequena, entre 80 e 82. O oxigênio na água é importante para a sobrevivência dos seres aquáticos aeróbicos e para a decomposição biológica da matéria orgânica.

Para coliformes termotolerantes, os valores de  $q_i$  variaram de 11 a 55 (Figura 4A). Os menores valores do  $q_i$  foram observados desde a cidade de Cariré até a cidade Bela Cruz. Isto pode ser explicado pela intensa exploração agropecuária, principalmente pecuária, e também pela interferência antrópica através do lançamento de efluentes urbanos sem tratamento nos rios. Toledo e Nicoletta (2002) obtiveram resultados semelhantes, estudando as águas em microbacia sob uso agrícola e urbano na cidade de Guaíra (SP). Para demanda bioquímica de oxigênio, observou-se que os valores de  $q_i$  variaram de 61 a 82, correspondendo a valores de 0,4 a 9,5 mg L<sup>-1</sup> (Figura 4B). Almeida e Schwarzbald (2003) obtiveram valores que variaram de 0,49 a 13,20 mg L<sup>-1</sup>. Todo o fósforo presente em águas naturais, tanto na forma iônica como na forma complexa, encontra-se sob a forma de fosfato, devendo-se utilizar esta denominação para se referir às diferentes formas de fósforo em Limnologia (ESTEVES, 1988).

Na Figura 4C, verifica-se que os valores de  $q_i$  variaram de 90 a 100, desta forma, este parâmetro não teve grande influência na degradação dos corpos hídricos da bacia do Acaraú. Resultados contrários foram encontrados por Silva e Pruski (1997), onde ficou evidente



**Figura 3** – Mapas dos qis para a bacia do Acaraú, (A) pH, (B) turbidez, (C) percentagem de saturação de oxigênio e (D) sólidos em suspensão



**Figura 4** – Mapas dos qis para a bacia do Acaraú, (A) coliformes termotolerantes, (B) demanda bioquímica de oxigênio, (C) fósforo total e (D) nitrito



a influência da concentração de fósforo na deterioração da qualidade da água, sendo o uso agrícola o principal causador.

Os valores de nitrato foram baixos para toda a bacia do Acaraú (Figura 4D), todos os valores foram inferiores a  $1 \text{ mg L}^{-1}$ . Resultados semelhantes foram observados por Almeida e Schwarzbold (2003) em estudos das águas do Arroio de Cria Montenegro, Rio Grande do Sul.

O IQA na bacia do Acaraú variou de 60,79 a 80,28 (Figura 5A). Melo Júnior et al. (2003), estudando a hidroquímica e a qualidade das águas de um trecho do rio Açú, Rio Grande do Norte, encontraram valores de IQA variando de 59 a 85. Valores mais baixos do IQA foram observados nas proximidades da cidade de Sobral, comportamento justificado em virtude de Sobral ter uma população de 175.814 mil habitantes (IBGE, 2007). Além de ser bem desenvolvida com várias indústrias, está inserida em região onde se explora a pecuária, fatores que contribuem para a degradação dos corpos hídricos.

O IQA baixo no rio Groaíras, em torno de 65, é decorrência principalmente dos esgotos domésticos da cidade lançados diretamente no rio sem nenhum tratamento. Este resultado está de acordo com Cetesb (2003), que verificou que as piores condições de qualidade das águas das UGRHs foram as que apresentavam forte ocupação urbana e da intensa industrialização. Molina et al. (2006), aplicando índice de qualidade de água na microbacia do córrego Água da Bomba, município de Regente Feijó – SP, verificou que os piores valores de IQA foram nos pontos onde ocorre lançamento de esgotos municipal sem tratamento nos corpos hídricos.

Na parte alta da bacia do Acaraú encontram-se os melhores valores de IQA. No entanto, esses melhores índices não estão nas nascentes da Bacia e sim logo após os açudes Araras Norte, localizado próximo a cidade de Varjota, e Edson Queiroz, localizado na cidade de Santa Quitéria. Tal fato ocorreu em virtude da sedimentação nos reservatórios (Figura 5A).

A bacia do Acaraú, no geral, apresenta boa qualidade de água para consumo humano, em relação aos parâmetros analisados neste trabalho. Merece ser destacado que uma avaliação rigorosa da qualidade de corpos de águas não pode ficar

restrita apenas aos resultados do IQA, uma vez que esse índice leva em consideração apenas os parâmetros que podem afetar as propriedades organolépticas, o equilíbrio ecológico (por exemplo, eutrofização) e os riscos sanitários mais imediatos.

Com efeito, outras substâncias tais como hidrocarbonetos tóxicos, metais pesados precisam ser igualmente consideradas, as quais podem ocorrer em concentrações potencialmente danosas à saúde e bem-estar dos seres vivos, mesmo em águas que apresentem IQA na faixa do ótimo. Na Tabela 4, são apresentados os dados estatísticos da variação temporal das médias do IQA para a bacia hidrográfica do Acaraú, Ceará.

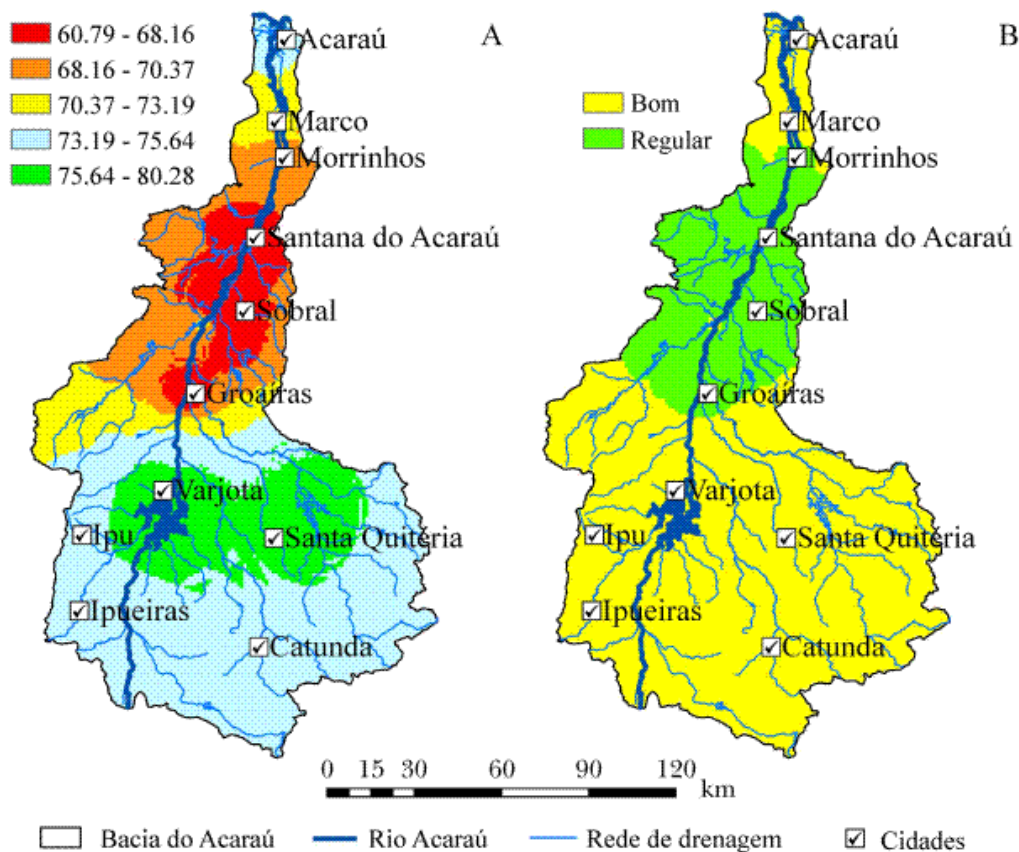
**Tabela 4** – Comparação de médias do IQA entre a estação chuvosa e a seca para a bacia do Acaraú, Ceará

Estação	n	Média	Desvio Padrão	t	Sig (bilateral)
Chuvosa	10	79,60	8,28	-0,260	0,797
Seca	10	78,70	7,13		

Nível de significância a 1%

De acordo com a tabela supracitada, observa-se que não houve diferença significativa entre as estações. A média do IQA da estação chuvosa foi superior à média da estação seca. Nesta época, os açudes que perenizam a bacia estavam em seu nível mais baixo, resultando em uma maior concentração dos sais em decorrência do processo de evaporação. Resultados semelhantes foram encontrados por Andrade et al. (2005) elaborando um índice de qualidade de água, uma proposta para o vale do rio Trussu, Ceará, que observaram o pior IQA na estação seca. A variação temporal das águas da bacia hidrográfica do Acaraú apresenta valor do IQA de 79,60 e 78,70 para as estações chuvosa e seca, respectivamente. Ambos os valores do IQA são classificados como bons.

Com relação ao desvio-padrão (Tabela 4), ocorreu uma maior variação em torno da média dos valores de IQA na estação chuvosa. Molina et al. (2006) encontraram desvios - padrão de 5,2 e 14,4 aplicando um índice de qualidade de água na microbacia degradada do córrego Água da Bomba, município de Regente Feijó – SP.



**Figura 5** – Índice de Qualidade de Água – IQA para a bacia do Acaraú, (A) apresentado em cinco classes e (B) enquadrando na classificação da Tabela 3

De maneira geral, a variabilidade espacial foi superior à variabilidade temporal. Resultados semelhantes foram observados por Andrade et al. (2005). A variabilidade espacial do IQA foi classificada de regular e boa (Figura 5b), enquanto que o IQA da variabilidade temporal foi classificado como bom (Tabela 4).

## Conclusões

1. A aplicação do IQA mostrou que as águas da bacia do Acaraú enquadram-se em classes que vão de regular a boa;
2. Não houve diferença significativa na avaliação temporal da qualidade das águas da bacia hidrográfica do Acaraú;
3. A variabilidade espacial do valor do IQA das águas da bacia hidrográfica do Acaraú foi superior à variabilidade temporal.

## Agradecimentos

A equipe que executou este trabalho agradece ao PRODETAB-16, pelo suporte financeiro à execução da pesquisa e ao CNPq pela concessão de bolsas de estudo e produtividade de pesquisa.

## Referências

- ALMEIDA, M. B.; SCHWARZBOLD, A. Avaliação sazonal da qualidade das águas do Arroio da Cria Montenegro, RS com aplicação de um índice de qualidade de água (IQA). *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 8, n. 01 p. 81-97, 2003.
- ANDRADE, E. M. et al. Índice de qualidade de água: uma proposta para o vale do rio Trussu, Ceará. *Revista Ciência Agronômica*, v. 36, n. 02, p.135-142, 2005.
- ANDRADE, E. M. et al. Mapa de vulnerabilidade da bacia do Acaraú, Ceará, à qualidade das águas de irrigação, pelo emprego do GIS. *Revista Ciência Agronômica*, v. 37, n. 03, p.279-286, 2006.

- APHA. **Standard methods for the examination of water and waste-water**. 16. ed. Washington: A. P. H. A.; A. W. W. A. and W. P. C. F., 1985. 128 p.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo**, 2002. São Paulo: CETESB, 2003. p. 274.
- COMITÊ DE PRESEVARÇÃO, GERENCIAMENTO E PESQUISA DA BACIA DO RIO DOS SINOS. **Utilizando de um índice de qualidade da água no rio dos Sinos**. Porto Alegre: COMITESINOS, 1990. p. 33.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de solos. **Sistema de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informações; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.
- ESTEVES, D. de A. **Fundamento de limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência/FINEP, 1988. 575 p.
- FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS. Disponível em: <<http://www.funcome.br>>. Acesso em: 05 abr. 2007.
- HORTON, R. An index number system for rating water quality. **Journal WPCF**, v. 37, n. 03, p. 300-306, 1965.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Fortaleza, 2007.. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php>>. Acesso em: 26 mar. 2007.
- FUNDAÇÃO INSTITUTO DE PLANEJAMENTO DO CEARÁ. **Atlas do Ceará**. Fortaleza, 1997. 1 CD-ROM.
- JONNALAGADDA, S. B.; MHERE, G. Water quality of the odzi river in the eastern ighlands of Zimbabwe. **Water Research**, v. 35, n. 10, p. 2371-2376, 2001.
- LEÃO, R. A. O hidrográficas com características físicas similares no Estado do Ceará, Brasil. et al. Identificação de bacias. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 35, n. 01, p.26-35, 2004.
- MELLOUT, A. J.; COLLIN, M. A proposed index for aquifer water-quality assessment: the case of Israel's Sharon region. **Journal of Environmental Management**, v. 54, p. 131-142, 1998.
- MELO JÚNIOR, G.; COSTA, C. E. F. S.; CABRAL NETO, I. Avaliação hidroquímica e da qualidade das águas de um trecho do rio Açú, Rio Grande do Norte. **Revista de Geologia**, v. 16, n. 02, p. 27-36, 2003.
- MENDIGUCHÍA, C. et al. Using chemometric tools to assess anthropogenic effects in river water: A case study: Guadalquivir River (Spain). **Analytica Chimica Acta**, v. 515, n. 01, p.143-149, 2004.
- MOLINA, P. M.; HERNANDEZ2, F. B. T.; VANZELA L. S. Índice de qualidade de água na microbacia degradada do córrego água da bomba: município de Regente Feijó – SP. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 17., Goiânia. **Anais... Goiás: ABID**, 2006. (CD-ROM).
- PALÁCIO, H. A de Q. **Índice de qualidade das águas na parte baixa da bacia hidrográfica do rio Trussu, Ceará**. 2004. 96 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem)–Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- PIVELI, R. P.; KATO, M. T. Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos. São Paulo/SP: ABES, 2005. v. 01. 285 p.
- ROSA, R.; BRITO, J. L. S. **Introdução ao geoprocessamento**. Uberlândia: Universidades Federais de Uberlândia, 1996.
- SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F. **Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável da agricultura**. Brasília: MMA; SRH; ABEAS; Viçosa, MG: UFV, 1997. 252 p.
- TOLEDO, L. G., NICOLELLA, G. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. **Scientia Agrícola**, v. 59, n. 01, 2002.
- TUNDISI, J.G. **Limnologia do século XXI: perspectivas e desafios**. São Carlos: Suprema Gráfica e Editora, IIE, 1999. 24 p.