

## Evoluções Espaciais e Temporais da Qualidade das Águas dos Mananciais Superficiais da Bacia do Itajaí

**Adilson Pinheiro**

Instituto de Pesquisas Ambientais Universidade Regional de Blumenau  
pinheiro@furb.br

**Nei Dionísio Locatelli**

Companhia Catarinense de Águas e Saneamento – CASAN  
Itajaí – SC

Recebido: 30/06/04 revisado: 03/03/05 aceito: 17/04/06

---

### RESUMO

A qualidade das águas dos mananciais usados para abastecimento público tem sido alterada com o crescente processo de urbanização dos municípios brasileiros. Buscando quantificar o grau de alteração, faz-se neste trabalho uma avaliação das evoluções espaciais e temporais da qualidade das águas dos mananciais superficiais, usados pela Companhia Catarinense de Águas e Saneamento - CASAN, para abastecimento das comunidades inseridas na bacia do rio Itajaí. Foram analisadas as séries históricas de análises físico-químicas e bacteriológicas das águas brutas, realizadas rotineiramente pela empresa, através de um índice de qualidade de águas. As amostras foram coletadas em 42 mananciais, de 38 municípios, no período compreendido entre 1984 e 2002. O índice de qualidade de água de Bascarón foi usado para duas situações. A primeira considera apenas as médias anuais dos parâmetros disponíveis das amostras de água, chamado de IQA objetivo e a segunda introduz uma constante de ajuste que considera o “aspecto” da água, considerado na oportunidade da coleta, chamado de IQA subjetivo. No primeiro caso, constata-se que em termos de concentrações médias dos parâmetros, a bacia do rio Itajaí apresenta uma tendência de melhoria, ao longo dos anos. No entanto, para a segunda situação, esta tendência é no sentido inverso, mas não na mesma intensidade. Neste caso a tendência é levemente decrescente.

**Palavras-chave:** Qualidade das Águas, Bacia do rio Itajaí, IQA de Bascarón

---

### INTRODUÇÃO

A qualidade das águas dos mananciais superficiais tem sofrido alterações em função do crescimento acelerado da ocupação urbana, industrial e da expansão das atividades agropecuárias que se desenvolvem nas suas áreas de contribuição (Silveira, et. al., 2003). O acompanhamento das evoluções espaciais e temporais requer sistemas de monitoramento sistemático, o que no Brasil não tem sido feito correntemente. Os sistemas operados pela Agência Nacional de Águas ou os órgãos ambientais estaduais, em geral, são realizados junto as estações fluviométricas (Pinheiro, 2004). As empresas de saneamento são obrigadas a desenvolverem análises físicas, químicas e microbiológicas das águas brutas captadas (Locatelli, 2003).

Neste trabalho avaliam-se as séries de análises realizadas pela Companhia Catarinense de Águas e Saneamento – CASAN, nas águas brutas dos siste-

mas de abastecimento de água da bacia do rio Itajaí. A série inicia-se em 1984, ou seja, dois anos antes da publicação da Resolução nº 020/86 do Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA (Sperling, 1998) e, com os parâmetros considerados, foi avaliada a evolução espacial e temporal da qualidade das águas nesta bacia.

O resgate e tratamento das séries históricas das análises de qualidade das águas, desenvolvidas pelas companhias de saneamento, sejam elas municipais (SAMAEs) ou estaduais, tem sido utilizado para produzir conhecimento com visão sistêmica (Rizzi, 2001). Estes dados podem constituir em elementos importantes para a gestão dos recursos hídricos da bacia. Os parâmetros analisados atendem as portarias do Ministério da Saúde (Portaria 56 Bsb de 1977, Portaria nº 36/GM de 1990 e Portaria nº 1469 de 2000, Portaria nº 518 de 2004).

Os índices de qualidade de água têm sido utilizados para uma melhor comunicação com o

público interessado em conhecer o grau de poluição de mananciais utilizados na comunidade onde vivem. Muitos índices de qualidade de águas vêm sendo desenvolvidos, porém um dos mais conhecidos é o WQI-NSF (IQA) da National Sanitation Foundation, dos Estados Unidos (Pinheiro, 2004). Ele necessita de nove parâmetros para ser calculado: oxigênio dissolvido (% saturação), coliformes totais, pH, DBO, nitratos, fosfatos, temperatura, turbidez e sólidos totais.

Os parâmetros das séries históricas pesquisadas não permitiram a utilização desta metodologia, porém pelos estudos comparativos de índices de qualidade de água apresentados por Rizzi (2001), tornam-se possíveis os cálculos com aplicação do índice de qualidade de água proposto por Rodrigues de Bascarón (IQA de Bascarón). Este índice é calculado com os parâmetros de qualidade das águas que estão disponíveis. Este é o caso das companhias de saneamento que monitoram a qualidade das águas brutas, sendo analisados os parâmetros que interferem no processo de tratamento para torná-la potável. Pesce e Wunderlin (2000) aplicaram este índice à avaliação do impacto que a cidade de Cordova causa sobre o rio Suquia. Rizzi (2001) aplicou esta metodologia aos dados de água bruta da ETA Iguaçu de Curitiba, comparando-o com os índices de qualidade da WQI-NSF, chamados IQA agregado e IQA ponderado, adaptados às necessidades das estações de tratamento de água. Para permitir esta comparação o autor inseriu três novos parâmetros (cor, alcalinidade e  $\text{CO}_2$ ) e alterou alguns pesos. A metodologia de Bascarón foi adequada na avaliação da qualidade das águas brutas.

Este índice de qualidade de água proporciona um valor global de qualidade de água, incorporando valores individuais de uma série de parâmetros (Coneza, 1998 citado por Rizzi, 2001). Ele é expresso por:

$$IQA_B = K \frac{\sum C_i P_i}{\sum P_i}$$

onde:  $C_i$  é o valor percentual correspondente ao parâmetro,  $P_i$  é o peso correspondente a cada parâmetro,  $k$  é uma constante de ajuste em função do aspecto visual das águas, atribuídas conforme a seguinte escala: 1,0 para águas claras sem aparente contaminação; 0,75 para águas com ligeira cor, espumas e odor; 0,50 para águas com aparência de estar contaminada e com forte odor; 0,25 para águas

negras que apresentam fermentação e odores. Os valores de  $C_i$  e  $P_i$  considerados são apresentados em Rizzi (2001).

O valor do IQA varia de 0 a 100 e corresponde a uma escala qualitativa de caracterização que vai desde aspecto péssimo ao excelente.

## METODOLOGIA

O estudo compreendeu duas ações principais. A primeira consistiu no resgate dos dados históricos dos boletins de análises de qualidade das águas dos mananciais da bacia do Itajaí (figura 1), realizados pela CASAN – Companhia Catarinense de Águas e Saneamento e a formação dos bancos de dados. A segunda compreendeu o tratamento estatístico destes dados. Foram resgatadas as séries históricas de análises de qualidade das águas brutas de 42 mananciais, do período compreendido entre 1984 e 2002. Observa-se que as amostragens de qualidade das águas dos sistemas operados pelos serviços autônomos municipais de água e esgoto (SAMAES) de Blumenau, Pomerode, Gaspar e Brusque não foram considerados.

Os parâmetros de qualidade de água analisados pelos laboratórios regionais da CASAN são: temperatura da água; pH; alcalinidade total;  $\text{CO}_2$  livre; cloretos; turbidez; cor; condutividade específica a 25 °C; oxigênio consumido; oxigênio dissolvido; ferro; cálcio; magnésio; coliformes fecais e coliformes totais.

Os resultados destas análises são registrados nos Boletins de Análises de Água (Stec 069) que também contém campos com as informações se houve (sim) ou não (não) chuvas nas últimas 24 horas, o aspecto e o odor. Estas análises foram realizadas com frequência, geralmente, mensal em todos os mananciais de captação de águas brutas. No período compreendido entre 1984 e 2002 existem 5073 amostras analisadas, perfazendo um total de 94.116 valores de concentrações dos parâmetros analisados. O período de 1996 a 2002 apresenta os maiores números de amostras anualmente.

Os índices de qualidade das águas foram calculados utilizando-se os valores das concentrações. Foram determinados os IQAs médios, mínimos e máximos anuais e seus respectivos desvios padrões, para cada sub-bacia e a bacia. Foram identificados os IQAs para as condições atmosféricas com e sem chuva nas 24 horas precedentes ao momento da coleta.

Pesce e Wunderlin (2000) denominaram IQA subjetivo para o IQA de Bascarón, quando considera o coeficiente de ajuste  $k$  na metodologia original. Este coeficiente considera as observações do coletador no campo denominado “Aspecto”, anotado no Boletim de Análises de qualidade da água bruta da CASAN, quando da coleta da amostra. O IQA sem a consideração do aspecto, denomina-se IQA objetivo.

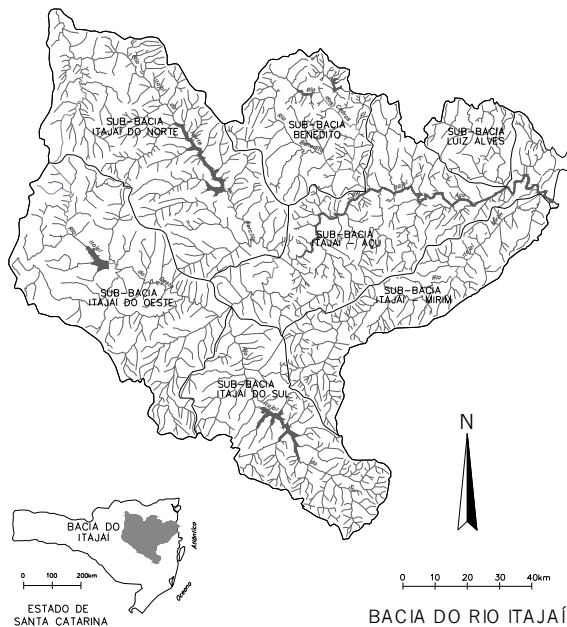


Figura 1 – Bacia do Itajaí

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

O índice de qualidade das águas de Bascarón foi aplicado em diferentes condições. A primeira condição considera as concentrações extremas, ou seja, as concentrações mínimas e as concentrações máximas, de cada ano. Estes são chamados IQA de mínimos (IQA<sub>min</sub>) e IQA de máximos (IQA<sub>máx</sub>). A segunda condição considerou a média das concentrações em cada ano. Nestes casos o valor de  $k$  é considerado igual a 1,0. O IQA obtido é denominado de objetivo (IQA<sub>obj</sub>). Nas mesmas condições, o IQA foi recalculado, considerando valores diferentes de  $k$ , em função do aspecto da água, anotado pelo coletador, no boletim de análises. Este IQA é denominado de subjetivo (IQA<sub>sub</sub>).

## IQA de Bascarón Objetivo

Na figura 2 são apresentadas as evoluções anuais dos IQAs objetivos calculados para uma sub-bacia. Neste caso, foram utilizadas as concentrações medidas em cada manancial da sub-bacia e, calculados os valores médios para a sub-bacia. Estes valores médios foram utilizados no cálculo do IQA da mesma. Para o IQA mínimo foi considerado a menor concentração dos valores mínimos anuais, dos mananciais pertencentes a sub-bacia. De forma similar, foi realizado com relação ao IQA máximo. O IQA médio representa os valores médios das concentrações dos mananciais da sub-bacia.

Observa-se que os IQAs anuais apresentam variações significativas. As variações não são sistemáticas para os índices mínimos, máximos e médios, podendo ocorrer, em um mesmo ano, uma melhoria ou uma degradação dos três valores. O valor médio (IQA<sub>objetivo</sub>) é representativo do que ocorre anualmente na sub-bacia, pois ele incorpora todas as informações coletadas ao longo do ano, em todos os mananciais pertencentes à área de drenagem avaliada.

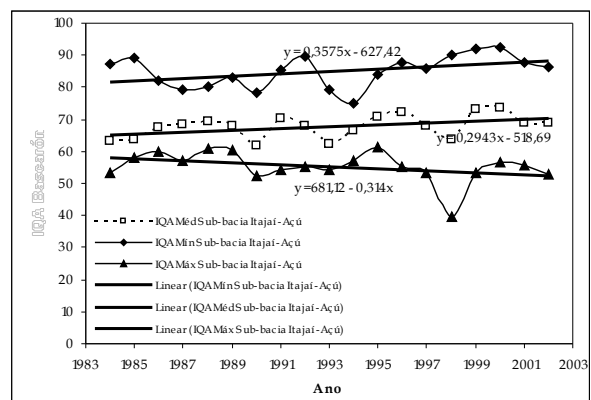


Figura 2 - Evolução do IQA de Bascarón na sub-bacia do Rio Itajaí-Açu

As avaliações dos índices de qualidade nas sub-bacias apresentam evoluções distintas entre si. Em termos de IQA objetivo, que são aqueles mais representativos, descrevendo melhor o que acontece nas sub-bacias, tem-se a variação compreendida entre 47,7, na sub-bacia do Itajaí do Oeste e, 87,7, na sub-bacia do Itajaí do Norte. Na bacia do Itajaí, como um todo, o IQA médio variou, entre 61,5 e 74,1.

Na figura 2, apresentam-se as tendências lineares ajustadas para as séries temporais de IQAs das sub-bacias. Este ajuste foi realizado, visando i-

identificar as tendências da evolução dos IQAs. Observa-se que as tendências dos valores médios e extremos não se desenvolvem no mesmo sentido. Na tabela 1 são apresentadas as taxas das evoluções temporais dos IQAs nas sub-bacias. Os sinais negativos representam redução dos valores dos índices anuais e sinal positivo indica tendência de aumento dos valores dos índices. Para o caso dos valores médios, os sinais negativos podem ser associados a degradação da qualidade das águas na bacia e os sinais positivos, a melhorias. Observa-se que os IQA médios decrescem nas sub-bacias do Itajaí do Sul, Oeste, Norte e Benedito e aumentam nas demais sub-bacias, inclusive para o conjunto da bacia do Itajaí.

Na figura 3 são apresentadas as evoluções anuais dos IQAs da bacia do Itajaí como um todo. Observa-se que os valores dos IQAs são mais estáveis, com variações menos pronunciadas do que aqueles encontrados nas sub-bacias individualmente.

**Tabela 1 – Taxas de evolução anual dos IQAs objetivos**

Sub-bacia	IQA		
	mínimo	médio	máximo
Rio Itajaí do Norte	0,0919	-0,8969	-1,6995
Rio Itajaí do Sul	-0,1224	-0,3244	-0,5816
Rio Itajaí do Oeste	0,0652	-0,1819	-0,6655
Rio Benedito	0,0259	-0,0957	-0,9449
Rio Itajaí Mirim	0,0469	0,0281	-0,2232
Rio Luiz Alves	0,0423	0,191	0,0134
Rio Itajaí-Açu	0,3575	0,2943	-0,314
Itajaí	0,051	0,429	-0,2743

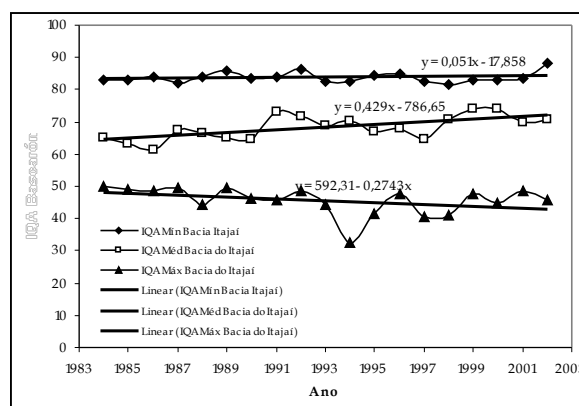
A taxa de melhoria da bacia do rio Itajaí é de 0,429. Isto representa, que, em média os mananciais da bacia estão melhorando as suas condições de qualidade das águas. Este resultado pode ser comparado, com aqueles apresentados por Vibrans (2003), sobre a evolução da cobertura florestal na bacia do Itajaí. O autor conclui que o processo de expansão das áreas agrícolas desacelerou-se e com isso, ocorrendo a regeneração das florestas, em maior escala nas sub-bacias de Itajaí-Açu, Benedito, Luiz Alves e Mirim.

Ele apresenta, igualmente, os tipos de uso do solo nas sub-bacias. Observa-se que as sub-bacias do Oeste e do Sul apresentam a maior taxa de áreas ocupadas pela agricultura (37 e 30%, respectivamente) enquanto que a sub-bacia do Benedito conta

com apenas 16%. A bacia do Itajaí tem atualmente mais de 50% de cobertura de florestas naturais, variando entre 37% na sub-bacia do Sul e 63% na sub-bacia do Norte. Além disso, aproximadamente 1.800 km<sup>2</sup>, equivalentes a 12,5 % da bacia, são cobertos por capoeiras que em breve se tornarão florestas.

Vibrans (2003) ressalta que o processo de expansão da vegetação natural tende a se manter, em consequência da continuada diminuição da população rural e a estrutura etária desta.

A melhoria da qualidade da água média deve ser vista com precaução, pois verifica-se que em termos de concentrações máximas, representada pelos IQA máximos, a taxa de evolução dos índices de qualidade é negativa e bastante superior a taxa positiva representando as condições mínimas. Isto pode ser devido à melhoria relativa dos pequenos mananciais e o agravamento dos grandes mananciais, cujas captações de água bruta são feitas nos cursos de águas principais, como por exemplo, no abastecimento dos municípios de Ituporanga, Rio do Sul, Ascurra, Indaial, Timbó, Ilhota e Itajaí.

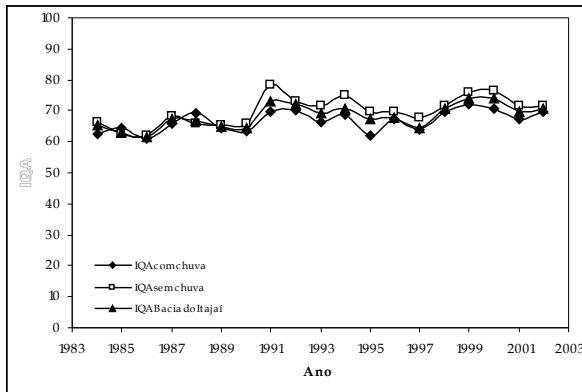


**Figura 3 - Evolução do IQA de Bascarón na Bacia do Itajaí**

A figura 4 apresenta as evoluções temporais dos valores de IQA objetivo da bacia do Itajaí para três condições diferentes. A primeira considera a ocorrência de precipitação nas últimas 24 h. A segunda condição leva em conta a ausência de precipitação. A terceira condição (IQAobjetivo) não distingue esta informação. Observa-se que para a condição de ocorrência de precipitação nas 24 h antecedentes, os valores dos IQA são menores. Para a bacia do Itajaí, a redução do valor do IQA foi em média de 5%, em relação a ausência de precipitação.

### IQA de Bascarón subjetivo

No boletim de análises existe um campo denominado Aspecto, onde o coletador descreve a sua percepção visual da água bruta naquela oportunidade. Não é necessário treinamento específico para esta caracterização (Pesce e Wunderlin, 2000).



**Figura 4 – Influência da precipitação sobre o IQA objetivo na bacia do Itajaí.**

Diversas formas de opiniões estão registradas. Podemos citar sucintamente duas sub divisões:

1. as turvas/o, marrom, amarela/o, amarelada/o, amarelo claro e colorida, representando 62% das amostras e,
2. as claras/o, levemente amarelada, pouco amarela, pouco/levemente turva e, límpidas, representando o restante.

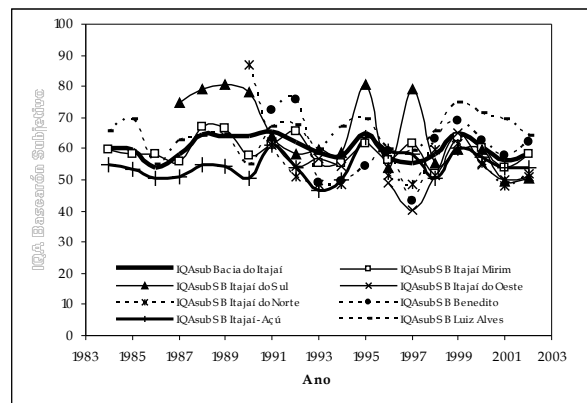
Para que fosse possível a valoração do coeficiente  $k$  de ajuste, dividiu-se em duas classes ao se considerar o aspecto: as claras e as turvas.

Dentro da classe das turvas, foram consideradas: claras ( $k=1,0$ ) aquelas que possuíam cor menor que 20 e turbidez menor que 5, num total de 266 amostras. Na mesma sistemática de avaliação, foram considerados como turvas, 94 amostras que possuíam registro de clara/amarela, porém com valores de turbidez e cor superiores a 100 ( $k=0,75$ ).

Foram consideradas como “claras” todas as demais denominações como límpida (525), claro/a (421), amarelo/a (182), amarelo claro/a (101), claro/a (121) leve/levemente amarela/amarelada

(48), colorida (44), cristalina (37), pouco e levemente turva (10) e esverdeada (1). Estas (1921) receberam o valor de 1 (um) como coeficiente de ajuste  $k$  e as demais (3145) receberam  $k$  igual a 0,75.

A figura 5 apresenta a evolução anual dos IQAs subjetivos calculados para as diversas sub-bacias. Verifica-se que a sub-bacia do Luiz Alves apresenta os maiores valores dos IQAs e na sub-bacia do Itajaí do Oeste tem-se os menores valores. No primeiro caso, os valores variaram entre 54,6 e 74,6. Para a segunda sub-bacia, os IQAs variaram entre 40,3 e 64,9.

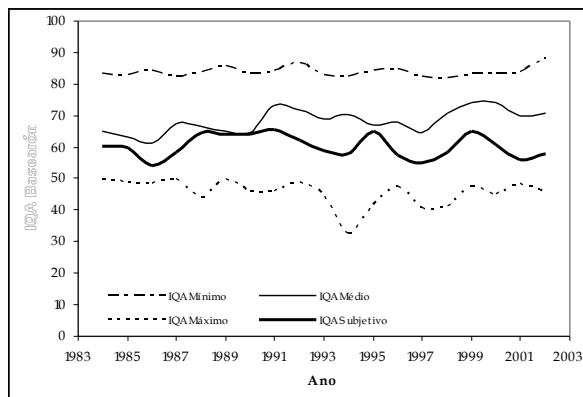


**Figura 5 – Evolução temporal do IQA-Subjetivo nas sub bacias**

É importante notar que na sub-bacia do Itajaí do Sul existem picos pronunciados de melhoria do Índice. Este resultado é proveniente da redução do número de mananciais amostrados durante aqueles anos (1987 a 1990, 1995 e 1997). Situação similar é observada na sub-bacia do Itajaí do Norte, onde em 1990, tinha-se análises de qualidade das águas de apenas um manancial.

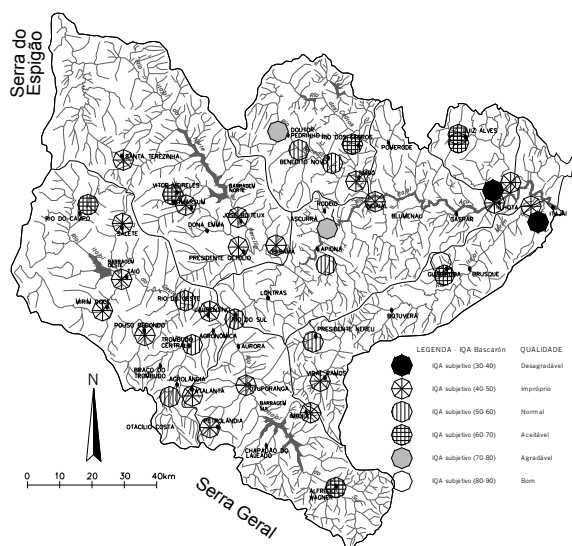
Na bacia do Itajaí, a evolução média anual do IQA subjetivo, apresenta uma variação menor, ficando entre 54,1 e 65,6. Ressalta-se que os valores apresentados foram calculadas para as concentrações médias das sub-bacias, durante o ano considerado.

Na figura 6 é feita uma comparação entre os IQAs objetivo (médio) e subjetivo calculados para a bacia do Itajaí. Também são apresentados os IQAs mínimos, e máximos. Observa-se que o IQA subjetivo é menor ou igual ao IQA objetivo (médio). Nos anos de 1989 e 1990 os valores são iguais. Isto significa que o aspecto das águas nestes anos foi considerado claro.



**Figura 6 - Comparação dos IQA objetivos e subjetivos na bacia do Itajaí**

Observa-se que, ao longo dos anos, o IQA subjetivo tende ao afastamento em relação ao IQA objetivo (médio). Ou seja, como foi constatado anteriormente, o IQA objetivo (médio) tem uma taxa de crescimento positiva (0,429), o IQA subjetivo, apresenta uma taxa de crescimento negativo. Ela é da ordem de 0,0964. Entretanto, esta taxa de decaimento da qualidade é pouco expressiva. Ela pode ser associada ao crescimento da ocupação urbana e industrial na bacia.



**Figura 7 - Distribuição espacial do IQA Subjetivo na bacia do Itajaí**

A figura 7 apresenta a distribuição espacial dos IQA subjetivo. É indicado o grau de classificação dos diversos mananciais. A classificação considera a escala apresentada por Rizzi (2001). Na legenda da figura são apresentados os intervalos considerados. Observa-se que, em geral, os IQAs mais baixos são encontrados nos cursos de águas principais.

## CONCLUSÕES

Foi calculado o índice de qualidade das águas de Bascaron (IQAb) para duas situações. A primeira não considera o “aspecto” da amostra da água, denominado IQA objetivo, e o segundo considera esta variável, denominado IQA subjetivo. No primeiro caso, constata-se que em termos de concentrações médias dos parâmetros, a bacia do Itajaí apresenta uma tendência de melhoria, ao longo dos anos. No entanto, para a segunda situação, esta tendência é no sentido inverso, mas não na mesma intensidade. Neste caso, a tendência é levemente decrescente. Esta tendência de melhoria do IQA objetivo pode estar associado ao aumento da cobertura florestal que foi determinada por Vibrans (2003).

Os IQAs variam em função das condições de precipitação ocorrida nas horas antecedentes a realização da coleta de amostras de água. Na bacia do Itajaí, os IQAs na situação com precipitação nas últimas 24 h é, em média, cerca de 5% mais baixo, indicando uma água de menor qualidade. Também verifica-se que a precipitação total anual, influencia no valor médio anual do índice de qualidade das águas.

## AGRADECIMENTO

Gostaríamos de agradecer a Companhia Catarinense de Águas e Saneamento pela permissão de acesso aos boletins de análises físico-químicas e bacteriológicas das águas brutas dos mananciais pertencentes à bacia do rio Itajaí.

## REFERÊNCIA

LOCATELLI, N., Uma contribuição à gestão de recursos hídricos da bacia do Itajaí: avaliação da qualidade das

- águas. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Regional de Blumenau, 2003.
- PESCE, S. F.; WUNDERLIN, D. A., Use of water quality índice to verify the impact of Córdoba city (Argentina) on Suquia River, Wat. Res., 34 (11), 2000, p. 2915-2926.
- PINHEIRO, A., Avaliação e monitoramento da qualidade das águas, in Romeiro, A.R. (org), Avaliação e contabilização de impactos ambientais, Campinas, Editora Unicamp, 2004, p. 55-73.
- RIZZI, N. E., Índices de Qualidade de Água. Sanare. v.15, n.15, 2001, p.11-20.
- SILVEIRA, G.L.; SILVA, C.E.; IRION, C.A.O. et al., Balanço de cargas poluidoras pelo monitoramento qualitativo dos recursos hídricos em pequenas bacias hidrográficas, RBRH, v. 8, n. 1, 2003, p. 5-11.
- SPERLING, M., Análise dos padrões brasileiros de qualidade de corpos d'água e de lançamento de efluentes líquidos. RBRH. v. 3, n. 1, 1998, p. 111-132.
- VIBRANS, A. C., Análise multitemporal da cobertura florestal da bacia do Itajaí, Tese de doutorado do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Santa Catarina. 2003.

### ***Spatial And Temporal Evolution Of The Quality Of Surface Water Sources In The Itajaí Basin***

#### **ABSTRACT**

*The purpose of this paper is to assess the historical series of physical-chemical and bacteriological analysis of the natural surface water drinking quality, routinely performed by Companhia Catarinense de Águas e Saneamento – CASAN, using a water quality index. The samples for analysis were collected from 42 sources used to supply the population of 38 cities located in Itajaí River watershed in the State of Santa Catarina from 1984 through 2002. The Bascaron water quality index was used in two situations. The first considers only the available yearly measured water sample average parameters, called “water quality index: objective” – “objective WQI” and the second introduces an adjusting constant which considers the “look” of water, during sampling, called “subjective WQI”. In the first, it is found that in terms of average concentration parameters, the Itajaí River watershed shows a trend to improvement over the years. However, for the second situation, this trend goes in the opposite direction, although not as intensely. In this case, the trend is to a slight decrease.*

*Key-words: Water quality, Itajaí river basin, Bascaron WQI*