

## Uso de Indicador no Diagnóstico da Efetividade no Tratamento de Água em uma Estação Pública de Abastecimento

**Rudinei Kock Exterckoter**

*Escola Agrotécnica Federal de Concórdia - SC*

*exterckoter@yahoo.com.br*

**Sandro L. Schlindwein**

*NUMAVAM – Núcleo de Estudos em Monitoramento e Avaliação Ambiental - UFSC*

*sschlind@mbx1.ufsc.br*

*Recebido: 16/01/07 – revisado: 04/06/07 – aceito: 20/02/08*

---

### RESUMO

A gestão dos recursos hídricos no Brasil passa por um processo de transição incorporando novos elementos, ao mesmo tempo em que se mostra carente de instrumentos que possibilitem avaliar e orientar o ser humano em suas relações no uso da água. Diante disso, é necessário desenvolver e estudar a aplicabilidade de ferramentas que possam auxiliar o processo de gestão desses recursos. Dentre as ferramentas existentes, foi estudada neste trabalho a aplicabilidade da metodologia do Indicador da Efetividade de Tratamentos de Água (IETA) para avaliar o desempenho no uso da água de uma Estação de Tratamento de Água (ETA). A parte experimental da pesquisa foi desenvolvida com a colaboração da Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN), que disponibilizou os dados referentes à qualidade, quantidade e regularidade da água processada na ETA José Pedro Horstmann em Palhoça (SC). Os resultados obtidos com a pesquisa apontam para a necessidade de se melhorar a efetividade da ETA José Pedro Horstmann, indicando também que o IETA poderia ser utilizado no processo de gerenciamento e tomada de decisão em sistemas de abastecimento público de água.

**Palavras-chave:** indicadores, qualidade no uso dos recursos hídricos, desempenho ambiental, efetividade no tratamento de água.

---

### INTRODUÇÃO

A água atende múltiplos interesses humanos e ocupa 75% da superfície de nosso planeta. Do volume total, 97% estão nos oceanos e mares e é salgada, e outros 2% estão armazenados nas geleiras, em lugares quase inacessíveis. Ou seja, apenas 1% de toda água do planeta está disponível para o uso e desta, menos de 0,02% é água doce superficial (GRECCO, 1998). Mesmo assim, durante muito tempo a água foi considerada um recurso infinito. O mito da generosidade da natureza fazia crer em inesgotáveis mananciais, abundantes e renováveis. No entanto, o mau uso, aliado à crescente demanda, vem preocupando especialistas e autoridades responsáveis pela gestão dos recursos hídricos, em função do evidente decréscimo da disponibilidade de água limpa em todo o planeta. Segundo a World Health Organization (2001), temos um quadro assustador de deficiências: 15 milhões de crianças morrem todo o ano por falta de água potável; 80%

das doenças e 30% dos óbitos que ocorrem no mundo estão relacionados a água contaminada. Já segundo a Organização das Nações Unidas – ONU (2006), 50% da taxa de doenças e morte nos países em desenvolvimento ocorrem por falta de água ou pela sua contaminação. Nestes países para cada 1.000 litros de água utilizados, outros 10 mil são poluídos. Ainda segundo a ONU, 1,1 bilhão de pessoas em todo o mundo não têm acesso a água potável, e esta situação ainda tende a se agravar como mostram os dados do International Water Management Institute (2006), que projeta para o ano de 2025 um total de 1,8 bilhão de pessoas de diversos países vivendo em absoluta falta de água, o que equivale a mais de 30% da população mundial.

Para reverter esta situação preocupante, tem sido criados métodos de tratamento de água, legislação específica, comitês de bacias hidrográficas, entre outras medidas. No entanto, o processo de mudança do uso da água desencadeado por essas iniciativas é extremamente lento e gradual, grande parte em virtude do esforço de mudança

estar centrado na solução dos problemas percebidos no meio, ou seja, na água, e não no comportamento humano e nas relações de uso da água.

Diante destas dificuldades, pode-se considerar que um dos maiores desafios para engenheiros e técnicos responsáveis pelo planejamento e operação de empresas gestoras de sistemas de aproveitamento e distribuição dos recursos hídricos, é fornecer água em quantidade, com qualidade e regularidade adequada para atender múltiplos usos. Conforme D'Agostini et al. (2006), quase nada se pode fazer com bastante água sem um mínimo de qualidade, pouco significa dispor de água boa em quantidade insuficiente, e são limitadas as possibilidades a partir de água que somente resulte disponível sem regularidade na quantidade ou na qualidade.

Diversos são os fatores envolvidos no cumprimento das finalidades antes relacionadas, e segundo Silva e Luvizotto (1999), muitas técnicas e ferramentas podem ser utilizadas para a avaliação do cumprimento destas finalidades, tais como manuais, especificações, inventários, metas, orçamentos, entre outras. Porém, esses autores consideram que uma das principais técnicas é o controle de gestão baseada em indicadores. Ainda segundo esses autores, é cada vez maior o número de especialistas, autoridades e empresas gestoras de abastecimento de água que manifestam o interesse em definir indicadores que possam ser utilizados para medir a eficiência e a eficácia dos serviços prestados pelas empresas.

Embora do ponto de vista teórico não haja grandes dificuldades em se integrar o gerenciamento de quantidade, qualidade e regularidade de água nos sistemas de tratamento e abastecimento de água, na prática esta integração é raramente alcançada. Isto representa um grande obstáculo para a gestão eficiente de recursos hídricos, já que a questão é garantir acesso à água em quantidade, com qualidade e regularidade a todas as pessoas.

As dificuldades e limitações existentes na gestão dos recursos hídricos e a busca por instrumentos que possibilitem avaliar e orientar o ser humano nas suas relações no uso da água, apontam para a necessidade de testar a eficácia e eficiência de indicadores desenvolvidos para estes fins. Desta maneira, este trabalho teve como objetivo principal analisar a aplicabilidade do Indicador da Efetividade de Tratamentos de Água (IETA) de D'Agostini et al. (2006) na estação de tratamento de água da Companhia Catarinense de Águas e Saneamento - CAsan José Pedro Horstmann, que capta água da Ba-

cia Hidrográfica do Rio Cubatão do Sul, situada aproximadamente 20 km ao sul do município de Florianópolis, no Estado de Santa Catarina. Este indicador trata de uma simples e objetiva forma de avaliação, uma forma de monitoramento de relações homem-meio com a qual se busca avaliar a qualidade com que seres humanos fazem uso da água, ou seja, avaliar o desempenho humano no uso da água. O objeto primeiro de avaliação é, então, mais do que a água, o usuário desta água, como principal interessado em garantir a reprodução das possibilidades de manutenção de um bom desempenho ambiental.

## METODOLOGIA ADOTADA

### Indicador da Efetividade de Tratamento de Água - IETA

O Indicador da Efetividade de Tratamento de Água (IETA) de D'Agostini et al. (2006), se constitui em uma metodologia que visa avaliar a efetividade de sistemas de tratamento de água. Assim, a partir da sistematização de informações referentes a mensurações de qualidade, quantidades e regularidades na qualidade e quantidade de água, podemos apontar o desempenho de uma Estação de Tratamento de Água (ETA) na recomposição do potencial ambiental da água processada.

Portanto, na construção deste indicador os autores partiram do pressuposto de que todo tratamento de água visa à recomposição de um potencial de possibilidades de usos a partir do potencial existente na água captada. Desta maneira, através deste indicador pode-se obter uma nota para o desempenho geral de diferentes sistemas de tratamento de água, o que permite a auto-avaliação ou até mesmo a comparação do desempenho humano no tratamento de água nestes sistemas. O resultado do IETA é uma expressão numérica entre 0 (zero) e 1 (um), em que quanto mais próximo de 1 (um), melhor o desempenho do sistema de tratamento de água, ou seja, maior é a efetividade deste sistema, como será detalhado mais adiante neste trabalho.

### Dados de qualidade e quantidade de água necessários para aplicação do IETA

Para calcular o IETA é necessário atribuir valores objetivos (quantitativos) às qualidades e quantidades de água que entram e saem de uma ETA. Estes valores devem ser expressos de forma a

assegurar compatibilidade dimensional para que o IETA resulte em uma expressão numérica contida em um intervalo fechado de 0 (zero) a 1 (um).

Para tanto, a parte experimental da pesquisa, referente à obtenção do IETA foi desenvolvida com a colaboração da CASAN - Companhia Catarinense de Águas e Saneamento. A CASAN disponibilizou dados referentes aos parâmetros de qualidade e quantidade de água do monitoramento realizado diariamente na ETA José Pedro Horstmann, que está localizada no Morro dos Quadros, município de Palhoça. Esta ETA foi inaugurada em 1986 e processava diariamente entre os anos de 2003 e 2005 uma quantidade aproximada de 156.900 m<sup>3</sup> de água, provenientes dos rios Cubatão do Sul e do Braço (Pilões) (CASAN, 2005).

Dentre as informações monitoradas pela ETA-CASAN José Pedro Horstmann (ETA-CASAN-JPH), foram disponibilizados os dados referentes à *água bruta* (água proveniente dos mananciais de captação sem ter sido submetida a processos de tratamento), na qual são analisados a cada seis horas os seguintes parâmetros: pH, cor, turbidez, alcalinidade, coliformes fecais e matéria orgânica; e *água tratada* (após segundo tratamento físico-químico), na qual são analisados a cada seis horas pH, cor, turbidez, alcalinidade, matéria orgânica, carbonatos, bicarbonatos, flúor, cloro residual, alumínio residual e coliformes fecais. Além destes dados, também foram disponibilizadas as informações referentes à quantidade de entrada de água bruta e saída de água tratada, medidas a cada 12 horas.

É importante salientar que os dados antes citados foram obtidos a partir da água que entrou e foi processada pela ETA-CASAN-JPH para o período de 12 meses do ano de 2003 e de três meses do ano de 2005. Durante o período de 2003 esta estação processava água bruta proveniente do sistema de captação Cubatão/Pilões, que compreende a captação de água dos rios Vargem do Braço e Cubatão do Sul, localizados no município de Santo Amaro da Imperatriz (SC). Já durante o período considerado em 2005, o sistema de captação de água do sistema Pilões foi ampliado, e com isso não se utilizou mais água proveniente do Rio Cubatão do Sul. Desta maneira, foi determinado o IETA para os dois períodos, o que permitiu verificar se ocorreram mudanças na efetividade do tratamento de água em função da mudança do ponto de captação de água bruta. É importante ainda salientar que os dados referentes ao ano de 2004 não foram utilizados por serem semelhantes aos observados em 2003 (mesmo ponto de captação em Cubatão/Pilões). Já o menor período

de avaliação utilizado em 2005 é decorrente da menor disponibilidade de informações no momento da pesquisa.

Para a atribuição de valores aos parâmetros de qualidade de água, utilizou-se o critério de notas adotada por Porto (1991) e amplamente utilizada pela Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental de São Paulo - CETESB na obtenção do Índice de Qualidade da Água (IQA). Através deste método, e seguindo as adaptações feitas por D'Agostini (2002), foi atribuída uma nota Q (tal que  $0 \leq Q \leq 1$ ) ao parâmetro *i* de acordo com o valor obtido nas análises de monitoramento da qualidade de água realizadas diariamente pela CASAN na ETA José Pedro Horstmann.

Dentre os parâmetros de qualidade de água monitorados diariamente pela ETA-CASAN-JPH para água bruta e para água tratada, foram selecionados os parâmetros pH, cor, turbidez, alcalinidade e coliformes fecais, já que estes eram monitorados na entrada e na saída da ETA. Contudo, para obtenção do IETA houve ainda a necessidade de se atribuir um único valor para os parâmetros de qualidade de água na entrada ( $Q_E$ ) e qualidade de água na saída ( $Q_S$ ) da ETA, que foram obtidos através do cálculo da média ponderada diária adotando a equação (1) proposta por D'Agostini (2002):

$$Q_{MP} = 1 - (\sqrt{\sum \delta_i^2 \cdot n}) \quad (1)$$

Em que:

$Q_{MP}$  = Média ponderada para os parâmetros de qualidade de água;

$\delta_i$  = Desvio padrão das notas Q para *i* parâmetros considerados;

*n* = Peso atribuído a cada parâmetro *i* que apresenta desvio (para os fins deste trabalho, os parâmetros foram considerados com pesos iguais, (PESO = 1)).

A importância em se determinar à média ponderada e não a média simples decorre de dois fatores. O primeiro diz respeito a possibilidade de existir diferentes pesos para os parâmetros de qualidade de água estudados, enquanto que o segundo é fruto do entendimento de que quanto mais próximo da condição de qualidade de água ideal, proporcionalmente mais significantes serão as implicações da unidade de desvio  $\delta$  em um parâmetro.

Da mesma forma como ocorreu para qualidade de água, os dados referentes à vazão de entrada de água bruta ( $V_E$ ), e à saída de água tratada ( $V_S$ ) da ETA-CASAN-JPH, foram obtidos

junto a CASAN através do seu sistema de monitoramento. Este sistema contabiliza a quantidade total de água bruta que entra e de água tratada que sai do sistema diariamente. No entanto, para determinar o IETA, além da quantidade de água que entra e sai do sistema ETA-CASAN-JPH, é fundamental também identificar a quantidade necessária ( $V_N$ ) de água a ser tratada diariamente pela ETA. Como o sistema de distribuição de água da CASAN na região da Grande Florianópolis é integrado, a quantidade necessária a tratar foi obtida através de estimativas que levam em consideração a população total residente na área de abrangência do sistema de distribuição de água no qual a ETA-CASAN-JPH faz parte (o que totaliza um montante de 660.000 habitantes), a produção média de água tratada em todas as unidade de tratamento do sistema integrado (que é de 5.340.000 m<sup>3</sup>/mês), bem como a produção média da ETA-CASAN-JPH (que é de 4.300.000 m<sup>3</sup>/mês), considerando um consumo médio de 295 l/hab/dia. Todas estas informações foram obtidas junto a CASAN. Ou seja, relacionando as informações anteriores foi possível determinar a quantidade necessária ( $V_N$ ) de água a ser tratada diariamente pela ETA- CASAN-JPH, que é de aproximadamente 157.000 m<sup>3</sup> de água por dia.

#### Definindo regularidade na qualidade e na quantidade de água que entra e que sai da ETA

Para obtenção do IETA, além dos dados de qualidade e quantidade de água é necessário definir também a regularidade na qualidade e na quantidade dessa água. Em sistemas de tratamento de água para o consumo humano, a regularidade na quantidade e qualidade de água é importante pela necessidade de regularidade de suprimento de água com determinadas características e com o menor armazenamento possível. Conforme D'Agostini et al. (2006), quanto mais regular no tempo for o resultado desejado para um sistema de tratamento de água, maior será sua efetividade em termos de sustentação de fluxos de possibilidades.

Para caracterizar o grau de regularidade da quantidade de água a partir de um regime de vazão, é necessário identificar valores limites permitidos para a amplitude de flutuação dessa vazão. Segundo D'Agostini et al. (2006), a amplitude de flutuação de vazão é mínima (nula) quando a vazão de saída ( $V_s$ ) do sistema de tratamento for constante e máxima se a quantidade de água envolvida em um processo de tratamento fluir totalmente em uma única unidade de duração de tratamento. Desta maneira a amplitude e a duração de uma flutuação de vazão de

água tratada podem caracterizar desvios. Assim, estes mesmos autores determinaram a regularidade na quantidade de água através de desvios  $\Delta$  do regime do produto entre duração e amplitude de uma flutuação de vazão, como pode ser observado nas equações (2) e (3):

$$\Delta = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (D_i \times V_{Si} - D_i \times V_{SM})^2}{n}}}{\sqrt{\frac{\left(\sum_{i=1}^n D_i \times V_{Si} - D_i \times V_{SM}\right)^2}{n} + (n-1)(-D_i \times V_{SM})^2}} \quad (2)$$

$$R_V = 1 - \Delta \quad (3)$$

em que  $\Delta$ , tal que  $0 \leq \Delta \leq 1$ , é desvio do regime,  $D_i$  é a  $i$ -ésima unidade de duração unitária ao longo da qual ocorre uma vazão  $V_{Si}$ , e  $V_{SM}$  é vazão média no período de  $n$  unidades de duração. Já  $R_V$  é o grau de regularidade na quantidade de água.

Conforme propõem D'Agostini et al (2006), para a regularidade na qualidade de água a amplitude máxima é dada pela diferença entre a qualidade de água considerada como máxima e a qualidade de água a tratar. Então, desde que a qualidade de entrada de água ( $Q_E$ ) seja menor que um, é possível expressar um grau de regularidade a partir da razão entre um desvio médio verificado e o maior desvio médio possível, de forma que podemos determinar a regularidade na qualidade de água através da equação (4) proposta por estes autores:

$$R_Q = 1 - \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^K (Q_{Si} - Q_{SM})^2}{K}}}{(1 - Q_{EM}) \frac{1}{2}} \quad (4)$$

em que  $R_Q$  é o grau de regularidade de qualidade de água,  $k$  é a  $k$ -ésima unidade de duração unitária ao longo da qual se considera ocorrer uma qualidade de água  $Q_{Si}$ , e  $Q_{Em}$  e  $Q_{Sm}$  são, respectivamente, qualidade média de água que entra e que sai do sistema de interesse no período considerado.

Assim, ainda de acordo com D'Agostini et al. (2006), a regularidade total do sistema de tratamento de água pode ser calculada relacionando

a regularidade na quantidade e na qualidade de água, através da equação (5):

$$R = R_Q^{0,5} \cdot R_V^{0,5} \quad (5)$$

Em que:

R = Regularidade total para qualidade e quantidade de água;

$R_Q$  = Regularidade na qualidade de água;

$R_V$  = Regularidade na quantidade de água.

#### Sistematização de relações para obtenção do Indicador de Efetividade de Tratamentos de Água - IETA

A utilização de dados de qualidade, quantidade e regularidade de água referentes a todo o ano de 2003 e aos meses de abril, maio e junho do ano de 2005, foram importantes por permitirem avaliar o desempenho da ETA-CASAN-JPH na recomposição do potencial ambiental de água para dois momentos distintos e com a utilização de diferentes locais de coleta de água bruta. Para tanto, os dados de qualidade e quantidade de água foram subdivididos em dados diários, semanais e mensais. Assim, aplicando a metodologia anteriormente apresentada, determinamos para cada período a média ponderada da qualidade de água que entra ( $Q_E$ ) na ETA e a média ponderada da qualidade de água que sai ( $Q_S$ ) da ETA, além da qualidade de água necessária a tratar ( $Q_N$ ). Obtivemos também os valores para a quantidade de água que sai ( $V_S$ ) da ETA e a quantidade de água que é necessária tratar ( $V_N$ ). Na seqüência, foi definido um valor diário para regularidade na qualidade de água ( $R_Q$ ) e regularidade na quantidade ( $R_V$ ) de água.

Portanto, o IETA foi obtido a partir da substituição dos termos acima citados, na equação (6) proposta por D'Agostini et al. (2006):

$$IETA = \frac{(Q_S - Q_E)}{(Q_N - Q_E)} \cdot \frac{V_S}{V_N} \cdot R \quad (6)$$

Em que:

$Q_N$  = qualidade de água necessária;

$Q_E$  = qualidade de água que entra no sistema de tratamento;

$Q_S$  = qualidade de água que sai melhorada do sistema de tratamento;

$V_N$  = quantidade de água que é necessário tratar;

$V_S$  = quantidade de água que sai com qualidade  $Q_S$  do sistema de tratamento;

R = regularidade de fluxos e de características da água.

Vale ainda lembrar que, para determinar o IETA também foi necessário determinar um valor para qualidade de água necessária ( $Q_N$ ), que para este trabalho foi definido como sendo igual a 1, ou seja, a qualidade de água máxima possível, que pode ser considerada como sendo a qualidade de água ideal ( $Q_I$ ) que se deseja obter em um sistema de tratamento de água.

## APLICAÇÃO DO IETA E ANÁLISE DOS RESULTADOS

### Dados de qualidade e quantidade de água

Conforme apresentado no item “metodologia adotada”, as notas correspondentes para qualidade de água de entrada ( $Q_E$ ) e saída ( $Q_S$ ) da ETA-CASAN-JPH foram obtidos diariamente para cada parâmetro físico-químico selecionado (pH, cor, turbidez, alcalinidade e coliformes fecais) através das curvas correspondentes, assim como a média ponderada das notas dos parâmetros analisados. Os dados de qualidade de água de entrada e de saída para o ano de 2003 estão apresentados na Figura 1.

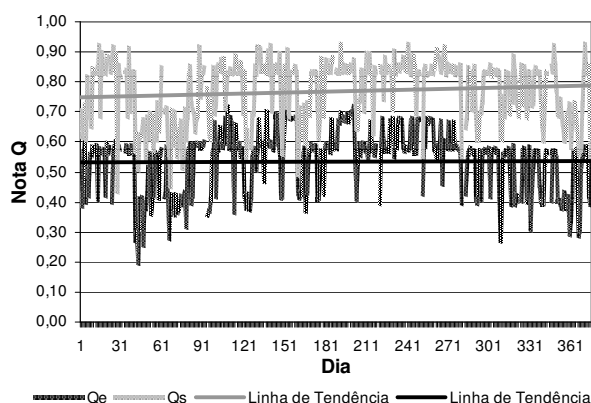
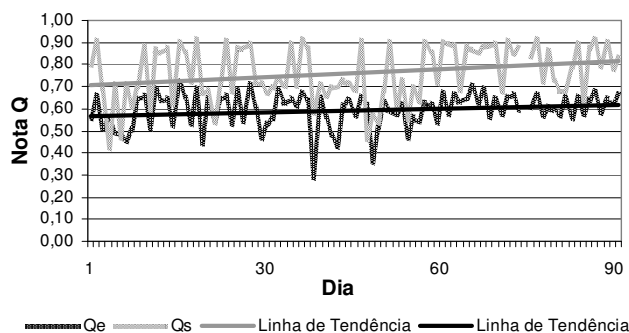


Figura 1- Variação da qualidade de água na entrada ( $Q_E$ ) e na saída ( $Q_S$ ) da ETA-CASAN-JPH com as respectivas linhas de tendência para o ano de 2003. Florianópolis, 2006.

Analisando a Figura 1 pode-se perceber que, de maneira geral, as oscilações de qualidade de água na entrada foram percebidas também para a

qualidade de água na saída (água tratada). No entanto, o que se esperaria era uma menor variação na qualidade de água de saída da ETA, já que a ETA deveria exercer um efeito tampão, na medida em que receberia água de diferentes qualidades, a trataria e a distribuiria melhorada com qualidade atendendo às exigências legais.

As informações coletadas em 2003 foram novamente monitoradas no ano de 2005, para os meses de abril, maio e junho, como pode ser observado na Figura 2. Neste período o manancial de captação de água bruta passou a ser exclusivamente Pilões (Rio Vargem do Braço), devido à melhor qualidade da água bruta. Como já foi salientado anteriormente, o Rio Cubatão do Sul recebe muita influência dos diferentes usos do meio físico que se dão ao longo da bacia.

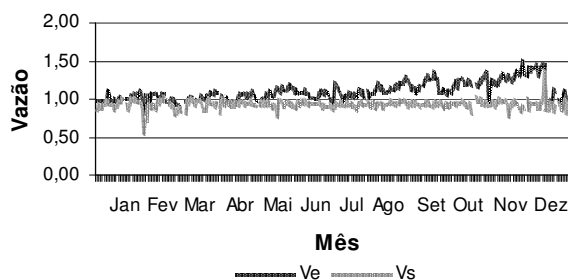


**Figura 2 - Variação da qualidade de água na entrada ( $Q_e$ ) e na saída ( $Q_s$ ) da ETA-CASAN-JPH com as respectivas linhas de tendência para os meses de abril, maio e junho do ano de 2005. Florianópolis, 2006.**

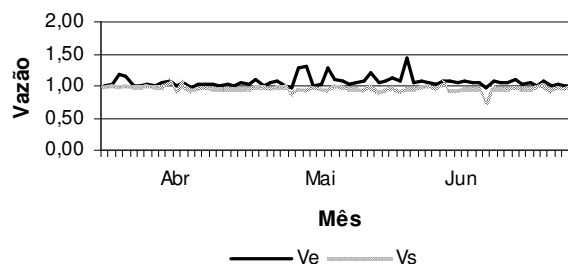
Analisando a Figura 2 e comparando-a com a Figura 1, fica evidente que a qualidade de água de entrada na ETA apresentou uma ligeira melhora para este período, bem como mostrou-se mais regular comparativamente ao ano de 2003. Esta maior regularidade na qualidade de água de entrada é justificada pelo maior isolamento do manancial de tomada de água bruta, e conseqüentemente menor ação antrópica. Contudo, a maior regularidade na qualidade de água de entrada (água bruta) na ETA não foi verificada na qualidade de água na saída (água tratada) da ETA, o que reforça a preocupação com a efetividade da ETA-CASAN-JPH e compromete a justificativa dos técnicos da ETA-CASAN-JPH de que o problema das grandes flutuações para qualidade de água de saída estaria ligado à qualidade de água de entrada.

Já os dados de quantidade de água na entrada ( $V_e$ ) e na saída ( $V_s$ ) da ETA, para o ano de

2003 e parte do ano de 2005 encontram-se representados nas Figuras 3 e 4, respectivamente. É importante salientar que o  $V_e$  e o  $V_s$  foram transformados em índices para facilitar a visualização. Sendo assim, que o que se deseja é uma vazão de entrada e saída mais próxima possível de 1,00, já que este valor caracteriza a quantidade necessária ( $V_N$ ) de entrada e saída de água do sistema.



**Figura 3 - Variação da quantidade de água na entrada ( $V_e$ ) e na saída ( $V_s$ ) da ETA-CASAN-JPH para o ano de 2003. Florianópolis, 2006.**



**Figura 4 - Variação da quantidade de água na entrada ( $V_e$ ) e na saída ( $V_s$ ) da ETA-CASAN-JPH para os meses de abril, maio e junho do ano de 2005. Florianópolis, 2006.**

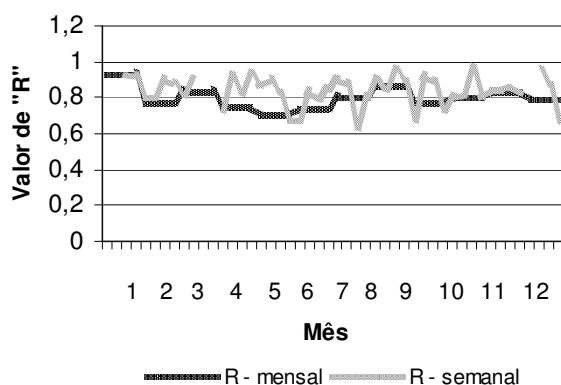
Comparando-se as Figuras 3 e 4 percebe-se que a quantidade de água na entrada e na saída do sistema estiveram sempre próximas de 1,00, o que aponta para uma bom desempenho da ETA no que se refere a vazão. Contudo, nestas figuras ainda é possível observar uma menor oscilação nos fluxos de entrada e saída de água do sistema para o ano de 2005, o que pode ser explicado pela mudança no ponto de captação de água bruta.

### Regularidade na qualidade e na quantidade de água que entra e que sai da ETA-CASAN-JPH

De posse dos dados de qualidade e quantidade de água devidamente sistematizados,

conforme apresentado nos itens anteriores, determinamos o valor para regularidade na quantidade e na qualidade da água do sistema ETA-CASAN-JPH para os diferentes períodos considerados. É importante frisar que o termo regularidade só pode ser obtido para um determinado intervalo de tempo. Desta maneira, além do resultado do IETA diário, em que não está incluída a regularidade, calculamos também o IETA para os períodos semanal e mensal. A regularidade para a quantidade de água que entrou e foi processada pela estação de tratamento de água ETA-CASAN-JPH foi obtida aplicando-se as equações (3) e (4), enquanto que para determinar a regularidade na qualidade de água utilizamos a equação (5). A regularidade total para a estação de tratamento de água ETA-CASAN-JPH foi obtida relacionando a regularidade na quantidade e na qualidade de água, através da equação (6).

Na Figura 5 encontram-se os valores obtidos para regularidade na quantidade e na qualidade de água que foi processada pela ETA-CASAN-JPH, tanto para o período semanal como para o período mensal durante o ano de 2003. É importante lembrar que o que se deseja é a maior regularidade possível, ou seja,  $R = 1,00$  (um), já que quanto mais regular for a quantidade e a qualidade de água processada na ETA-CASAN-JPH melhor será a regularidade no suprimento de água à população e menor será a necessidade de armazenamento. Conseqüentemente, teremos uma maior efetividade no tratamento de água pela estação.



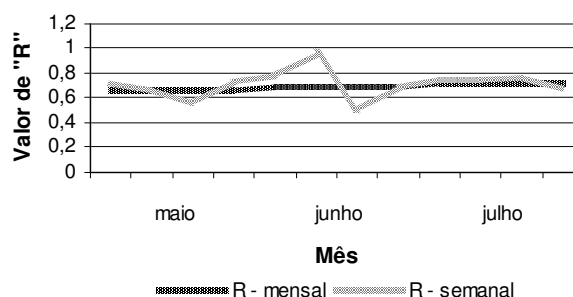
**Figura 5 - Caracterização da variação da regularidade total para o período mensal e semanal durante o ano de 2003. Florianópolis, 2006.**

Analisando a Figura 5 percebe-se uma maior variação na regularidade para os períodos mais

curtos (semanais). Estes fatos apontam a semana como período ideal para avaliar a regularidade na qualidade e quantidade de água da ETA-CASAN-JPH. É importante frisar que o entendimento de que o período semanal deve ser o mais adequado decorre da maior oscilação da regularidade neste período comparativamente ao período mensal. Nos dois casos os dados usados são os mesmos, mas como no período mensal o conjunto de dados analisados simultaneamente é maior, a oscilação detectada é menor e detalhes referentes ao desempenho da ETA-CASAN-JPH acabam sendo perdidos, não permitindo a identificação e intervenção imediata no sistema de tratamento de água para amenizar o problema.

É importante ainda observar que a regularidade na quantidade de água ( $R_v$ ) sofreu pouca oscilação devido ao fluxo com poucas variações tanto na entrada quanto na saída de água, conforme pode ser verificado nas Figuras 3 e 4. Já quanto à regularidade na qualidade de água, foram observadas maiores oscilações, que estão bem caracterizadas nas Figuras 1 e 2.

Na Figura 6 encontram-se os valores obtidos para a regularidade na quantidade e na qualidade de água que foi processada na ETA-CASAN-JPH, tanto para período semanal como para o período mensal, para os meses de abril, maio e junho do ano de 2005.



**Figura 6 - Caracterização da variação da regularidade total para o período mensal e semanal durante os meses de maio, junho e julho do ano de 2005. Florianópolis, 2006.**

Comparando a regularidade para os dois períodos (semanal e mensal) e para os anos de 2003 e 2005 percebe-se uma queda na regularidade da ETA para os períodos analisados em 2005. Contudo, esta queda foi ocasionada pela maior oscilação na qualidade da água de saída da ETA, embora a qualidade de entrada de água tenha melhorado

devido à mudança do ponto de captação. Esta observação vem ao encontro do já observado para o ano de 2003, em que se percebe uma priorização na ETA-CASAN-JPH da quantidade de água produzida em detrimento da qualidade desta água.

### Resultados da aplicação do Indicador de Efetividade de Tratamentos de Água - IETA

O IETA foi obtido pela substituição dos termos da equação (7) pelas informações de qualidade, quantidade e regularidade de água, anteriormente apresentadas. Portanto, na seqüência deste trabalho serão apresentados e discutidos o IETA diário, semanal e mensal para os diferentes períodos estudados nos anos 2003 e 2005.

Na Figura 7 encontram-se os resultados obtidos para o IETA diário durante o ano de 2003, considerando a qualidade ideal de água ( $Q_i$ ), sendo que os pontos de captação para este período encontravam-se tanto no Rio Cubatão do Sul quanto no Rio do Braço (Pilões).

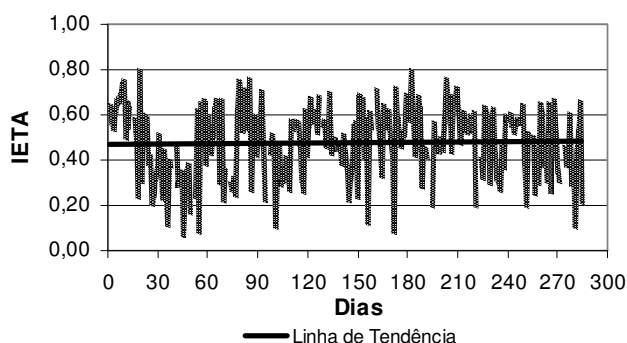


Figura 7 - Variações do IETA diário com a respectiva linha de tendência para o ano de 2003. Florianópolis, 2006.

Analisando-se a Figura 7 percebe-se grandes oscilações nos resultados, como já foi observado anteriormente para a qualidade de água na entrada e na saída da ETA-CASAN-JPH (Figura 1). Contudo, esta semelhança de comportamento não é mera coincidência, de maneira que o resultado do IETA aqui apresentado foi diretamente influenciado pelas grandes variações na qualidade de água de entrada e de saída da ETA. Como pode ser observado na equação geral do IETA (equação 7), a qualidade de água é uma das principais variáveis, juntamente com a quantidade e a regularidade na qualidade e na quantidade de água. A regularidade na quantidade de água apresentou pouca variação, conseqüentemente interferindo pouco no IETA. Já

a regularidade na qualidade de água apresentou grande variação, de maneira que a regularidade total acabou influenciando o IETA final. Ou seja, como a regularidade total sempre foi menor do que 1,00 ( $R_T < 1,00$ ), conseqüentemente, e de acordo com o que está previsto na equação geral do IETA, o resultado final foi um IETA menor. Ainda com relação à Figura 7, vale lembrar que não estão incorporados nos resultados do IETA os efeitos da regularidade tanto para a qualidade como para a quantidade de água, já que o que está sendo demonstrado são valores diários. Percebe-se também que o desempenho da ETA está bem aquém do que definimos neste trabalho como o ideal, visto que a linha de tendência traçada na Figura 7 fica próximo de 0,5, enquanto o ideal seria 1,00.

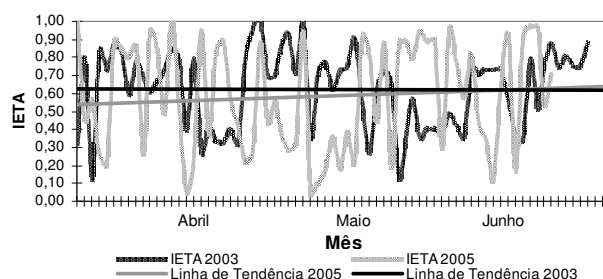


Figura 8 - Comparação das variações do IETA diário com as respectivas linhas de tendência nos meses de abril, maio e junho para o ano de 2003 e 2005. Florianópolis, 2006.

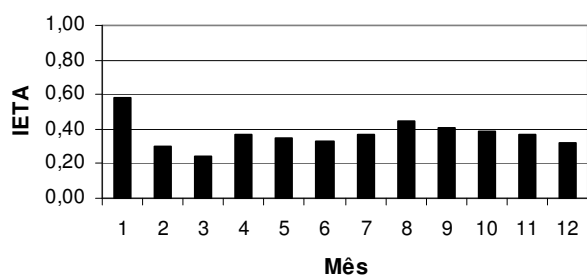
Ao repetir a aplicação do IETA para o ano de 2005, quando a captação da água passou a ser realizada somente no Rio do Braço (Pilões) devido a melhor qualidade de água deste manancial, observamos que a melhora na qualidade de água de entrada da ETA não resultou em um IETA superior. Estes resultados estão apresentados na Figura 08 e podem ser explicados pelos pressupostos incorporados no desenvolvimento do indicador, visto que o IETA avalia a efetividade da ETA, ou seja, em quanto a ETA desempenha bem o papel que se propõe a desempenhar. Como a qualidade de água de entrada ( $Q_e$ ) na ETA melhorou em 2005 em relação a 2003 e a qualidade de água de saída permaneceu semelhante, a efetividade da ETA necessariamente foi menor em 2005. Ou seja, como após o processamento da água a ETA conseguiu elevar a qualidade desta água apenas a patamares semelhantes aos obtidos pela estação quando a água de entrada tinha qualidade inferior, fica claro que a



melhora ocorrida foi no meio físico e não na efetividade da ETA.

Vale lembrar que a ETA em questão opera em sua capacidade máxima. Com isto, como já apontado anteriormente, em muitos momentos a ETA acaba por priorizar o suprimento de água em quantidade em relação ao suprimento de água com qualidade, a fim de atender a demanda. Este fato fica mais evidente a partir de 2005 quando a ETA-CASAN-JPH passou a dispor de uma água de entrada de melhor qualidade, o que a possibilita tratar mais água com qualidade de saída semelhante à qualidade de saída de quando dispunha de uma água de entrada de qualidade inferior. Vale lembrar também que o IETA resulta da sistematização de relações que atribuem importância semelhante entre qualidade, quantidade e regularidade de água. Assim, não basta apresentar um bom desempenho em apenas uma das variáveis. Esta observação não abona o baixo desempenho da ETA, reflete, porém, um problema que vai além da capacidade técnica da estação, que é atender uma demanda superior à capacidade ótima do sistema.

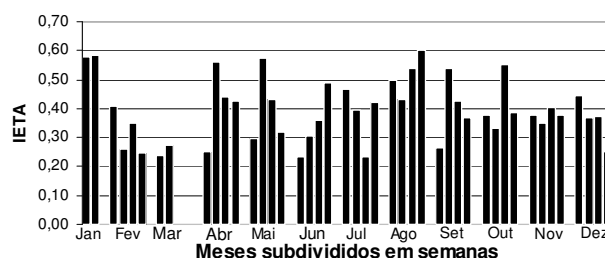
Até este momento foram apresentados os resultados do IETA diário, com o objetivo de dar uma idéia geral do comportamento da ETA-CASAN-JPH. Contudo, outros fatores como regularidade e períodos de avaliação são importantes para determinar a efetividade da ETA. A Figura 9 apresenta o IETA mensal para o ano de 2003, enquanto que na Figura 10 encontra-se o IETA semanal para o mesmo ano.



**Figura 9 - IETA mensal para o ano de 2003.**  
Florianópolis, 2006.

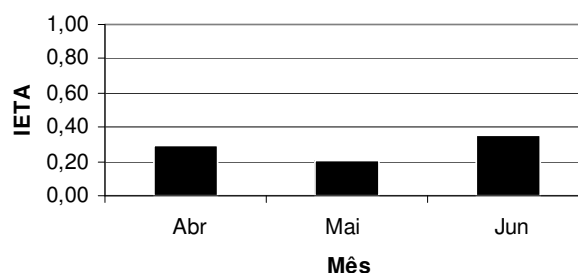
A análise das Figuras 9 e 10 confirma que o período semanal mostra-se mais adequado à aplicação do IETA, o que pode permitir que sejam tomadas as providências para intervir e corrigir as falhas no sistema, e o IETA pode ser empregado, assim, como uma ferramenta para a gestão da ETA.

É importante salientar porém, que à medida que o sistema de tratamento de água melhorar sua efetividade, os períodos de aplicação do IETA poderão ser aumentados sem prejuízos à gestão.

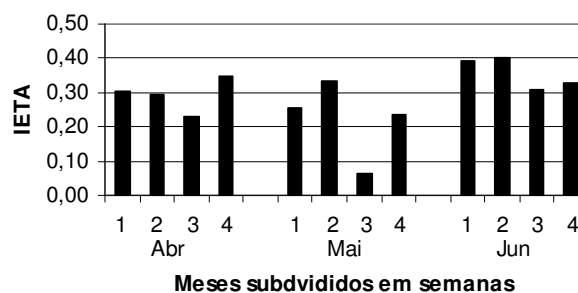


**Figura 10 - IETA semanal para o ano de 2003.**  
Florianópolis, 2006.

As Figuras 11 e 12 apresentam o resultado do IETA semanal e mensal para o ano de 2005. O comportamento do IETA seguiu padrão semelhante ao observado para o ano de 2003, mas as notas obtidas para o IETA em 2005 foram em geral mais baixas que as notas obtidas para o IETA em 2003.



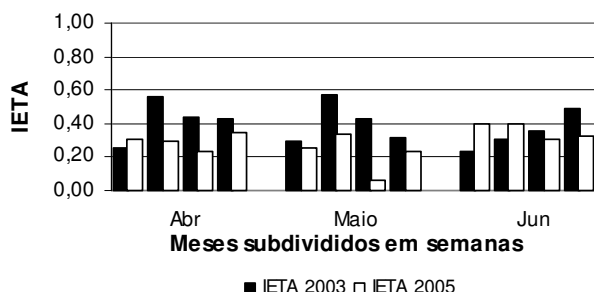
**Figura 11 - IETA mensal para o ano de 2005.**  
Florianópolis, 2006.



**Figura 12 - IETA semanal para o ano de 2005.**  
Florianópolis, 2006.

A diferença com relação aos valores obtidos para o IETA entre 2003 e 2005 pode ser melhor

analisada através da Figura 13, que faz um comparativo entre os meses de abril, maio e junho de 2003 e 2005. Como foi concluído que o período semanal é o mais adequado para obtenção do IETA, esta figura exclui as avaliações mensais.



**Figura 13 - IETA semanal calculado para os meses de abril, maio e junho do ano de 2003. Florianópolis, 2006.**

Comparando o resultado do IETA semanal para os anos de 2003 e 2005 percebe-se que em apenas 3 das 12 semanas avaliadas o resultado do IETA mostrou-se melhor em 2005, o que ratifica as observações feitas anteriormente de que mesmo a ETA recebendo uma água de melhor qualidade, a efetividade do tratamento de água de maneira geral piorou. Portanto o aumento da quantidade de água tratada ocorrido em 2005 não foi acompanhado pela melhoria na qualidade de água tratada, o que resultou em uma piora na efetividade da ETA-CASAN-JPH no tratamento de água. Desta forma, podemos concluir que, no sistema de tratamento de água da ETA-CASAN-JPH o gerenciamento é pouco eficiente e não se vale de ferramentas que poderiam auxiliar na análise de dados para a tomada de decisão. Contudo, reportando-se ao indicador aqui estudado percebe-se que o mesmo atende os requisitos apontados neste trabalho quanto às qualidades exigidas para um indicador, visto que é capaz de fornecer mensagens de fácil entendimento e interpretação que podem auxiliar no planejamento e operação da ETA, permitindo identificar e corrigir possíveis problemas.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mediante os resultados apresentados neste trabalho podemos concluir que a construção metodológica aqui discutida e aplicada permitiu

diagnosticar o desempenho humano no uso da água no sistema de interesse composto pela Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão do Sul e a ETA-CASAN-JPH. O Indicador da Efetividade de Tratamentos de Água (IETA) constitui-se em uma metodologia de fácil aplicação, sendo que pode mostrar-se de grande utilidade para avaliar a efetividade de sistemas de tratamento de água, públicos ou privados.

Como já demonstrado, esse indicador permite, através da análise de dados relativos à qualidade, quantidade e regularidade de água, sistematizar uma nota objetiva para o desempenho humano no uso da água, possibilitando aos gestores dos recursos hídricos a identificação de fatores responsáveis pela redução do potencial ambiental da água. A identificação destes fatores pode auxiliar no processo de gestão do uso dos recursos hídricos, visto que aponta possíveis elementos para a tomada de decisão na promoção de melhorias sobre as formas de uso dos mesmos.

Portanto, a elevada relevância deste indicador para a gestão de recursos hídricos não se restringe apenas ao que estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos, já que o IETA apresenta-se também como uma ferramenta de grande utilidade para auxiliar na gestão de Estações de Tratamento de Água, principalmente a partir da publicação do Decreto nº 5.440, de 4 de maio de 2005, que estabelece definições e procedimentos sobre o controle de qualidade da água em sistemas de abastecimento e institui mecanismos e instrumentos para divulgação de informações ao consumidor sobre a qualidade da água para consumo humano. Como o IETA permite estabelecer, a partir de dados de quantidade, qualidade e regularidade de água, uma nota objetiva para o sistema de tratamento de água, pode assim atender o que estabelece o Decreto nº 5.440.

Além disso, a quantificação da qualidade das relações ambientais no uso da água através do IETA pode ser aplicada para além das estações de tratamento de água, sendo úteis para avaliar o desempenho no uso da água de qualquer sistema de interesse cujas entradas e saídas de água (indústrias, repartições públicas, condomínios, residências, etc.) possam ser bem caracterizadas.

Por fim, como se pode perceber, as observações até então apresentadas estão sustentadas em estudos que constataram, através do IETA, que a efetividade do sistema de tratamento de água ETA-CASAN-JPH encontra-se aquém do esperado, demandando uma avaliação mais cuidadosa dos processos desenvolvidos na ETA por

parte dos gestores da mesma. Desta forma, destacamos a necessidade dos gestores públicos e privados, assim como os diferentes interessados no uso da água, repensarem as relações de uso estabelecidas na Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão do Sul, a fim de alcançar um bom desempenho humano no uso da água.

## AGRADECIMENTOS

O primeiro autor agradece a CAPES pela bolsa de pós-graduação, a CASAN pela colaboração na realização da investigação e aos Professores Sandro L. Schlindwein e Luiz Renato D'Agostini.

## REFERÊNCIAS

- CASAN - COMPANHIA CATARINENSE DE ÁGUAS E SANEAMENTO. **Saúde pública: importância da água**. Florianópolis, 2005. Disponível em: <<http://www.casan.org-sc.br>>. Acesso em: 20 jul. 2005.
- D'AGOSTINI, L. R. **Qualidade do uso da água: indicador de desempenho ambiental**. Florianópolis: Editora UFSC. 2002 (no prelo).
- D'AGOSTINI, L. R.; FANTINI, A. C.; SALIM, N. Indicador da efetividade de tratamentos de águas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, 2006 (no prelo).
- GRECCO, D. O planeta está secando. **Globo Ciência**. Rio de Janeiro, v. 8, n. 85, p. 54-60, 1998.
- INTERNATIONAL WATER MANAGEMENT INSTITUTE - IWMI. **Defining the world's water situation in 2025**. . Disponível em: <<http://www.iwmi.cgiar.org/pubs>>. Acesso em: 27 fev. 2006, 11:00.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS –ONU. **Falta água potável para 1,1 bilhão no mundo**. Paris, 2006. Disponível em: < [http://www.onu-brasil.org.br/vi-ew\\_news.php](http://www.onu-brasil.org.br/vi-ew_news.php) >. Acesso em: 27 fev. 2006, 10:00.
- PORTO, R. L. L. (Org.). **Hidrologia ambiental**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, v. 3, 1991, 441p.
- SILVA, N. A. S.; LUVIZOTTO, E. **Indicadores de gestão para sistemas de abastecimento de água**. São Paulo, 1999. Disponível em: <<http://www.lrh.ct.ufpb.br/sereia/trabalhos>>. Acesso em: 15 jul. 2005.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Global water supply and sanitation assessment 2000 report**. New York, 2001. Disponível em: < <http://www.who.int/publications/en> >. Acesso em: 25 jul. 2005, 16:00.

## *Use of an indicator to Diagnose Effective Water Treatment at a Public Supply Plant*

### ABSTRACT

*Water resources management in Brazil is undergoing a transition process, incorporating new elements, while it lacks instruments that allow evaluating and guiding human beings in their relations with water use. Therefore it is necessary to develop and study the applicability of tools that can help the management process of these resources. Among the existing tools, this study looked at the applicability of the Indicator of Effective Water Treatment (IETA-Indicador da Efetividade de Tratamentos de Água) methodology to evaluate performance in using water from a Water Treatment Plant (WTP). The experimental part of the study was developed with the cooperation of the Santa Catarina Company for Water and Sanitation (CASAN-Companhia Catarinense de Águas e Saneamento ) which made data available regarding the quality, quantity and regularity of the water processed at ETA José Pedro Horstmann( WTP), also indicating that the IETA could be used in the management and decision-making process in public water supply systems.*

*Key-words: indicators, quality in the use of water resources, environmental performance, effective water treatment.*