

## II-105 – INDICADOR DE QUALIDADE DE EFLUENTE – A EXPERIÊNCIA DA CETREL

**José Gilson Santos Fernandes<sup>(1)</sup>**

Químico Industrial, Mestre em Engenharia Sanitária pela Universidade Federal da Paraíba – Engenheiro de Processo da ETE-Camaçari.

**Brasília Maria Lofiego Sampaio**

Engenheira Química, Foz do Brasil.

**Eduardo P. da Cunha Lima**

Químico Industrial, doutorando do Programa de Pós-Graduação de Engenharia Industrial da Universidade Federal da Bahia.

**Demosthenes M. de Carvalho Filho**

Químico Industrial, pela Universidade Federal da Bahia – Diretor de Produtos da Cetrel.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Via Atlântica, km 9 - Pólo Industrial - Camaçari - BA - CEP: 42810-000 – Brasil -Tel.:+55 (0\*\*71) 3634-6888 – Fax: +55 (0\*\*71) 3634-6949 - e-mail: [fernandes@cetrel.com.br](mailto:fernandes@cetrel.com.br) ou [jgsfernandes@terra.com.br](mailto:jgsfernandes@terra.com.br)

### RESUMO

Em 2005, a Cetrel desenvolveu um Índice de Qualidade do Efluente Tratado Final, a ser calculado com base na série histórica dos principais parâmetros de controle operacional da estação de tratamento de efluentes.

A perspectiva do Índice de Qualidade do Efluente - IQE é proporcionar uma forma de avaliar a qualidade do efluente tratado final, resumindo em um único modelo todos os padrões de lançamento oceânico, de acordo com as recomendações do IMA portaria 12064/09 – Anexo IV.

A construção do IQE foi realizada com a participação de equipe multidisciplinar de técnicos da Cetrel e consultoria especializada. Procedimentos estatísticos e matemáticos, associados a uma avaliação crítica desses especialistas, foram utilizados metodologias para a obtenção de um índice que representasse com fidelidade a qualidade do tratamento biológico por lodos ativados.

**PALAVRAS-CHAVE:** Indicador, qualidade, efluentes, legislação, lodos ativados.

### INTRODUÇÃO

A Cetrel trata os efluentes do Pólo Petroquímico de Camaçari e, para tanto, opera um dos maiores sistemas de lodo ativado do mundo com uma capacidade de aeração instalada de aproximadamente seis MW.

A Cetrel fica localizada em uma área próxima ao litoral norte da Bahia, a aproximadamente 50 km de Salvador. Para tratamento dos resíduos líquidos, utiliza a tecnologia de Lodos Ativados, monitorando 64 parâmetros físico-químicos e biológicos no efluente tratado final antes do seu lançamento no oceano.

O projeto de geração do Índice de Qualidade do Efluente (IQE) da ETE – Cetrel surgiu da necessidade de reunir todas as variáveis monitoradas no efluente final em um único parâmetro indicativo de qualidade.

O IQE é obtido a partir da normalização individual, para valores qualitativos e quantitativos entre 0 e 100 %, dos 64 parâmetros monitorados, obtendo posteriormente um valor único resultante da média ponderada dessas normalizações, adotando-se pesos específicos para cada parâmetro. A normalização é proveniente de uma modelagem matemática exponencial dos parâmetros monitorados e os pesos foram obtidos a partir de uma matriz de interação para a qual foram utilizados critérios ambientais e estatísticos.

### MATERIAIS E METODOS

De forma a construir o Índice de Qualidade de Efluente - IQE, procedimentos metodológicos foram adotados e divididos em etapas: (a) Coleta e análise estatística dos parâmetros selecionados; (b) Levantamento

bibliográfico e formulação das premissas a serem adotadas; (c) Desenvolvimento do Modelo de Cálculo para o IQE; (d) Procedimento para avaliação do IQE.

### Premisas para construção do IQE





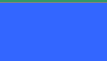
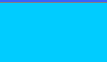
O IQE deve ser sensível a todos os parâmetros considerados em seu cálculo, principalmente se os parâmetros forem maior que o limite legislado.

O IQE será um valor entre 0 e 100 % obtido a partir da média ponderada dos índices individuais dos parâmetros legislados, adotando pesos específicos para cada um deles.

Os índices individuais serão obtidos a partir de um modelo matemático considerando as médias mensais de cada parâmetro.

A partir do valor numérico obtido no cálculo do IQE o efluente será qualificado de acordo com a Tabela 1.

**Tabela 1 - Qualidade do Efluente Tratado**

Faixa	Perfil do IQE	Qualidade ETF	Cor
$0 < \text{IQE} \leq 45\%$		Ruim	
$45\% < \text{IQE} \leq 55\%$		Regular	
$55\% < \text{IQE} \leq 75\%$		Bom	
$75\% < \text{IQE} \leq 90\%$		Ótimo	
$90\% < \text{IQE} \leq 100\%$		Excelente	

O valor numérico do índice de 50 % equivale ao valor da concentração do parâmetro legislado. Valores inferiores a este representam que a qualidade do efluente não satisfaz as condições descritas no Anexo IV da Portaria IMA 12064.

O valor numérico do índice de 100 % equivale ao valor do limite mínimo de detecção dos procedimentos analíticos adotados, quando os valores históricos tiverem atingido o mesmo. Quando o LMD nunca tiver sido alcançado historicamente utilizar-se-á como LMD como menor valor médio histórico do parâmetro.

A função exponencial será adotada para o cálculo dos índices individuais dos parâmetros, sendo ajustada através de uma regressão. A escolha de uma função exponencial está fundamentada a partir da avaliação do comportamento do impacto ambiental que os parâmetros podem vir a provocar no corpo receptor.

Apenas para o parâmetro pH a modelagem exponencial será particionada em duas equações uma para valores menores que 7,5 e outra para os valores superiores. Esta necessidade surgiu pelo fato do pH apresentar dois limites padrões de lançamento (6,5 - 8,5).

A equação de cálculo dos pesos deve ser sensível ao grau de afastamento que cada parâmetro apresentado em relação ao limite definido pela portaria ima 12064/2009, de modo a proporcionar maiores pesos aos parâmetros que mais se afastam. Esta sensibilidade foi obtida a partir de uma equação exponencial que leva em consideração: o número de parâmetros utilizados e a ação impactante de cada parâmetro.

Na equação de cálculo dos pesos, além da ação impactante e do número de parâmetros, também são considerados os seguintes critérios: (1) quanto maior for à capacidade da ETE de remover o poluente mais significativo este será no cálculo do índice e (2) quanto maior for à precisão do método e a frequência de análise mais significativa este será no cálculo do índice.

### Modelo de cálculo para o índice de parâmetros individuais:

A primeira etapa no cálculo do IQE é a determinação dos índices individuais para cada um dos parâmetros que compõem o IQE. Este cálculo foi realizado através da análise de regressão para cada um dos parâmetros considerando os seguintes pontos conforme Tabela 2.

**Tabela 2– Pontos para ajustar o modelo de regressão**

Valor do parâmetro	Índice (%)
Limite mínimo de detecção do método de análise	100
Limites das concentrações (Portaria IMA 12064)	50

O modelo de equação escolhido para ajustar os dados foi exponencial da forma:

$$II = ae^{bP} \quad (\text{equação 1})$$

Onde II é o valor do índice individual do parâmetro, a e b são os coeficientes ajustados pela regressão e P o valor do parâmetro individual, obtido através do método de análise.

### Determinação dos pesos:

No procedimento de determinação dos pesos, considerando as premissas estabelecidas, foi construída uma matriz de interação entre os critérios escolhidos. Classificando cada critério com valores entre 1 e 4.

Os pesos foram obtidos a partir de uma equação empírica que considera os critérios definidos como sendo a ação impactante e o número de parâmetros utilizados, conforme apresentada abaixo:

$$W = k \times a_w \times e^{b_w \frac{P}{L}} \quad (\text{equação 2})$$

Onde:

W = Peso do parâmetro;

K = constante obtida a partir do produto dos critérios adotados na matriz de pesos;

P/L= Razão entre o valor da concentração do parâmetro analisado e o valor descrito no Anexo IV da portaria IMA 12064/09;

$a_w$  e  $b_w$  = são constantes da função exponencial obtida a partir do número de parâmetros utilizados e da ação impactante;

### Cálculo do IQE:

Uma vez definidos os modelos de cálculo dos índices individuais, o cálculo do IQE é realizado através das médias ponderadas dos índices individuais por seus respectivos pesos, conforme equação 3.

$$IQE = \frac{\sum_{i=1}^{NP} I_i W_i}{\sum_{i=1}^{NP} W_i} \quad (\text{equação 3})$$

Onde  $I_i$  é o valor do índice para o parâmetro  $i$ ,  $W_i$  é o valor do peso atribuído ao parâmetro  $i$  e  $NP$  é o número de parâmetros considerados no modelo de cálculo de IQE.

No cálculo do IQE, são consideradas as médias mensais dos parâmetros. Para o caso de pH a medida de tendência central é calculada a partir da concentração de  $H^+$ .

O IQE é calculado a partir de um software de informações de processo e visualizado em uma IHM denominada de integra conforme figura abaixo.

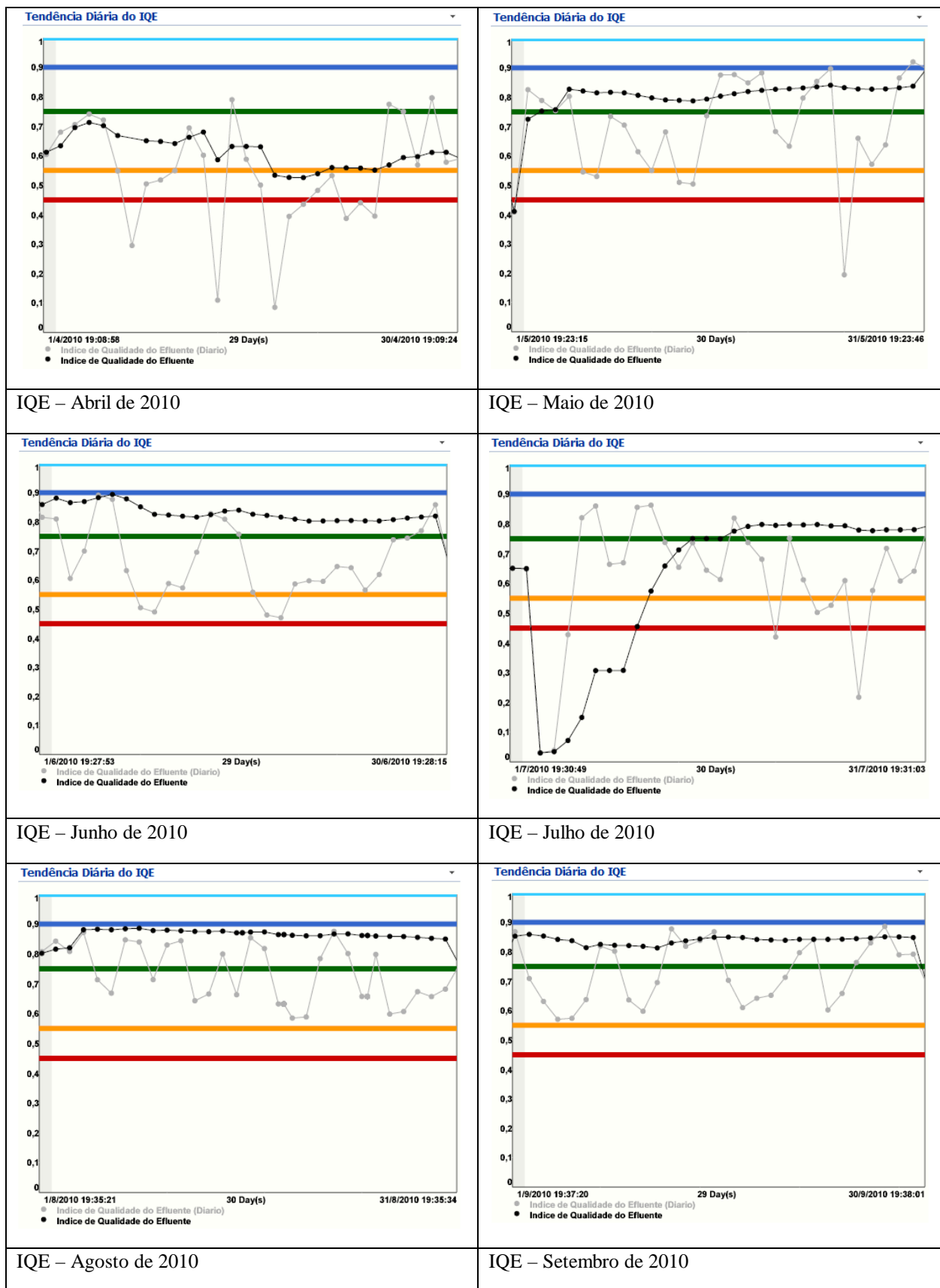
Figura 1 – Índice de Qualidade do Efluente Tratado

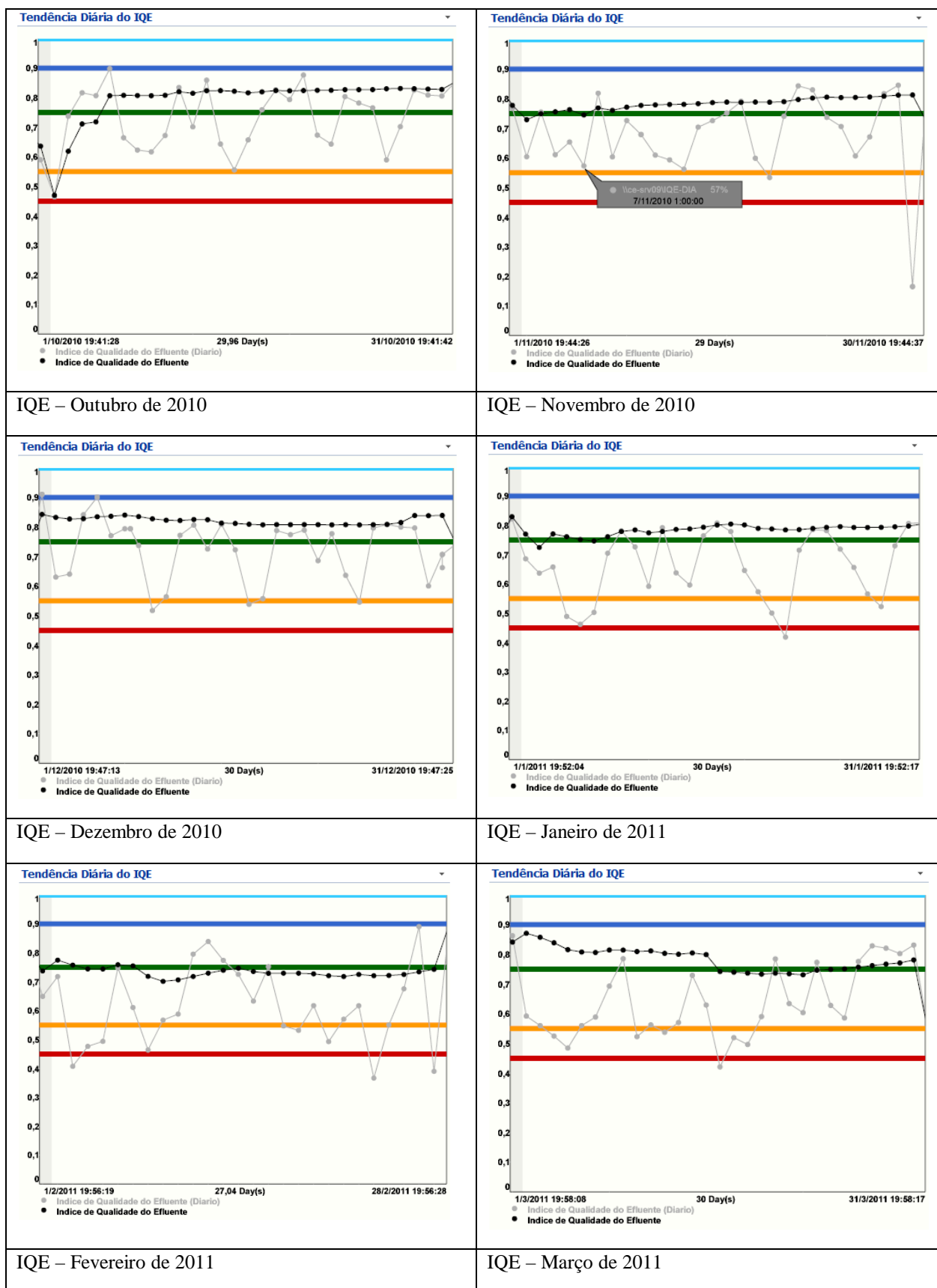


## RESULTADOS

Uma avaliação preliminar do IQE foi validado a partir de uma série histórica dos anos 2003 a 2005 e com simulações diversas atribuindo valores aos parâmetros analisados. As simulações revelaram uma grande sensibilidade do índice, reduzindo significativamente seu valor quando um ou mais parâmetros estão acima do legislado. Atualmente, após 6 anos de uso o IQE é um instrumento indicador de qualidade bastante consolidado. A Figura 2 ilustra o IQE de doze meses com perfil diário e tendência mensal.

Figura 2 – Índice de Qualidade do Efluente Tratado





## **CONCLUSÕES**

A consolidação do modelo do IQE foi realizada a partir da sua operacionalidade, sensibilidade quanto às características do efluente tratado e estudos de ecotoxicidade.

O IQE é acompanhado continuamente por técnicos da Cetrel e disponível para avaliação dos órgãos ambientais, verificando a relação do IQE com os padrões de lançamento oceânico descritos no anexo IV da portaria 12064/2009.

Os procedimentos metodológicos adotados para a construção IQE visaram buscar uma alternativa coerente da obtenção de um índice que traduzisse a qualidade do efluente tratado para lançamento no oceano seguindo as recomendações do IMA portaria 12064. Dessa forma, para se alcançar este objetivo, o modelo de obtenção do IQE deverá ser atualizado à medida que mudanças significativas ocorrerem nas características do afluente recebido pela ETE – Cetrel.

O IQE é uma alternativa transparente de divulgação e avaliação qualitativa do efluente tratado da ETE. A Cetrel considera importante e fundamental o aspecto de transparência da qualidade do nosso sistema de tratamento efluente.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. HAANDEL, A. C. V.; MARAIS, G. V. R.. O comportamento do sistema de lodo ativado. 1. ed. Campina Grande: EpGraf, 1999. v. 1. 486 p.
2. APHA, AWWA e WEF (1995). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 19th ed. American Public Health Association, American Water Works Association e Water Environment Federation, Washington, D.C. USA.
3. DOLD, P. L., EKAMA, G.A. e MARAIS, G. v R. (1980). A General Model for the Activated Sludge Process. Prog. Wat. Techn., v. 12, pp. 47-77.
4. ECKENFELDER, W. W. and GRAU (1992). Activated Sludge Process Design and Control: Theory and Practice. Water Quality Management Library. Technomic Publishing Company, Lancaster, v I, 268 p.