



## XII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

### **SIMULAÇÃO DA CAPACIDADE DE AUTODEPURAÇÃO EM DIFERENTES CENÁRIOS DE VAZÃO DE UM TRECHO DO RIO CACHOEIRA, SUL DA BAHIA.**

*José Wildes Barbosa dos Santos,<sup>1</sup> ; Neylor Alves Calasans Rêgo,<sup>2</sup>*

**RESUMO** – Os cursos d’água da Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira localizados no sul da Bahia são impactados continuamente pelo aporte de efluentes. Itabuna, município banhado pela referida bacia coleta 64% dos esgotos, onde, 86% são dispostos *in natura*, constituindo em fonte de poluição dos cursos d’água. O presente trabalho avaliou a capacidade de autodepuração do rio Cachoeira, em um trecho de 30 km, entre as cidades de Itabuna e Ilhéus, considerando diferentes cenários de vazão fluvial. Os resultados mostram que vazões inferiores a 4 m<sup>3</sup>/s promovem significativo processo de degradação da qualidade das águas do rio. O maior déficit de oxigênio dissolvido (OD) são nas vazões de 1,99 m<sup>3</sup>/s e 3,55m<sup>3</sup>/s, situado a 10 km, onde se observa que as zonas de degradação e decomposição ativa estão localizadas no centro urbano da cidade de Itabuna. A zona de reaeração está localizada a 15 km a jusante do centro urbano em função de uma significativa diminuição da carga poluidora.

**ABSTRACT**– The rivers of the Rio Cachoeira watershed, located in southern Bahia, are continuously impacted by inflow of effluents. The county of Itabuna collects 64% of the sewers, where 86% are disposed without any treatment and constitutes a great source of pollution in the watershed. This study evaluated the ability of the self-purification of the Rio Cachoeira in a stretch of 30 km, between the cities of Ilhéus and Itabuna and considers different scenarios of the river discharge. The results show that flow rates below 4 m<sup>3</sup>/s promote meaningful degradation process of the river quality of the river. The largest deficit of dissolved oxygen (DO) was with flow rates of 1.99 m<sup>3</sup>/s and 3.55 m<sup>3</sup>/s, 10 km away, where it is observed that areas of active degradation and decomposition are located in the urban center of Itabuna. The reaeration zone is located 15 km downstream from the city center due to a significant reduction of the pollutant load.

**Palavras-Chave** – Autodepuração, urbanização, qualidade das águas fluviais.

---

1) Afiliação: Doutor em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Professor Assistente /Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia –UESB. Pça Primavera S/N, Bairro Primavera, Itapetinga – Ba. CEP: 47600-000, fone: xx 77 32618609. e-mail: [wildesbarbosa@yahoo.com.br](mailto:wildesbarbosa@yahoo.com.br)

2) Afiliação: Doutor em Engenharia de Água e Solo, Professor Pleno/Universidade Estadual de Santa Cruz –UESC. Rod Ilhéus-Itabuna, km 16. Distrito de Salobrinho, Ilhéus – Bahia. CEP 45662-900, fone: xx 73 3680 5018, e-mail: [neylor@uesc.br](mailto:neylor@uesc.br)

## 1- INTRODUÇÃO

O forte crescimento da urbanização e as mudanças nos padrões de vida da sociedade geraram o aumento do consumo por recursos naturais, e conseqüentemente na produção de resíduos domésticos e industriais. Os resíduos líquidos domésticos são na maioria das vezes lançados nos cursos d'água sem prévio tratamento, constituindo uma importante fonte de poluição, alterando as características naturais (Teles e Silveira, 2006).

A origem de um dos principais problemas de poluição das águas é a presença matéria orgânica no esgoto. Além de comprometer a saúde da população, pode causar o aumento do número de microrganismos ocasionando um consumo excessivo do oxigênio dissolvido (Cunha, 2006). Segundo Von Sperling (1996, 2007), o oxigênio dissolvido (OD) é o principal parâmetro de caracterização dos efeitos da poluição das águas por despejos orgânicos. Por outro lado, estes possuem a capacidade de promover a estabilização de determinada carga poluidora orgânica recebida, por um processo conhecido por autodepuração.

Assim como nos demais municípios brasileiros, os municípios banhados pela bacia hidrográfica do rio Cachoeira, localizada no sul da Bahia, impactam continuamente os corpos d'água com a deposição de efluentes não tratados; dentre os municípios está Itabuna que coleta 64% dos esgotos e, desse total somente 14% são tratados, o restante é dispostos *in natura*.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a capacidade de autodepuração, o consumo de OD e remoção da DBO de um trecho do rio Cachoeira de aproximadamente 30 km entre as cidades de Itabuna e Ilhéus, após lançamentos pontuais de efluentes.

## 2- MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1- Descrição da área

O estudo foi realizado em um trecho do rio Cachoeira, com uma extensão de aproximadamente 30 km. A bacia hidrográfica do rio Cachoeira situa-se no sudeste da Bahia, entre as coordenadas 14° 42'/15° 20' S e 39° 01'/40° 09' W. A sua área de drenagem é de 4.600 km<sup>2</sup>, banhando doze municípios: Firmino Alves, Floresta Azul, Jussari, Itaju do Colônia, Ibicaraí, Itapé, Buerarema, Itabuna, Ilhéus, Santa Cruz da Vitória, Itororó e Itapetinga (SRH, 2001).

Essa bacia hidrográfica origina-se nas nascentes do rio Colônia, numa altitude de 800 m, na Serra da Ouricana (em Itororó) e Itambé e atinge o seu patamar mais baixo na superfície litorânea do município de Ilhéus. O rio Colônia, após estender-se por 100 km, banhando os municípios de Itororó, Itapetinga e Itaju do Colônia, tem sua confluência com o rio Salgado no município de Itapé, passando então a receber o nome de rio Cachoeira. O rio Salgado tem sua nascente no município de

Firmino Alves e possui um curso de 64 km pelos municípios de Santa Cruz da Vitória, Floresta Azul, Ibicaraí e Itapé, onde desemboca no rio Colônia. O rio Cachoeira, após percorrer 50 km nos municípios de Itapé, Itabuna e Ilhéus, tem a sua foz no local conhecido como Coroa Grande no município de Ilhéus (SRH, 2001).

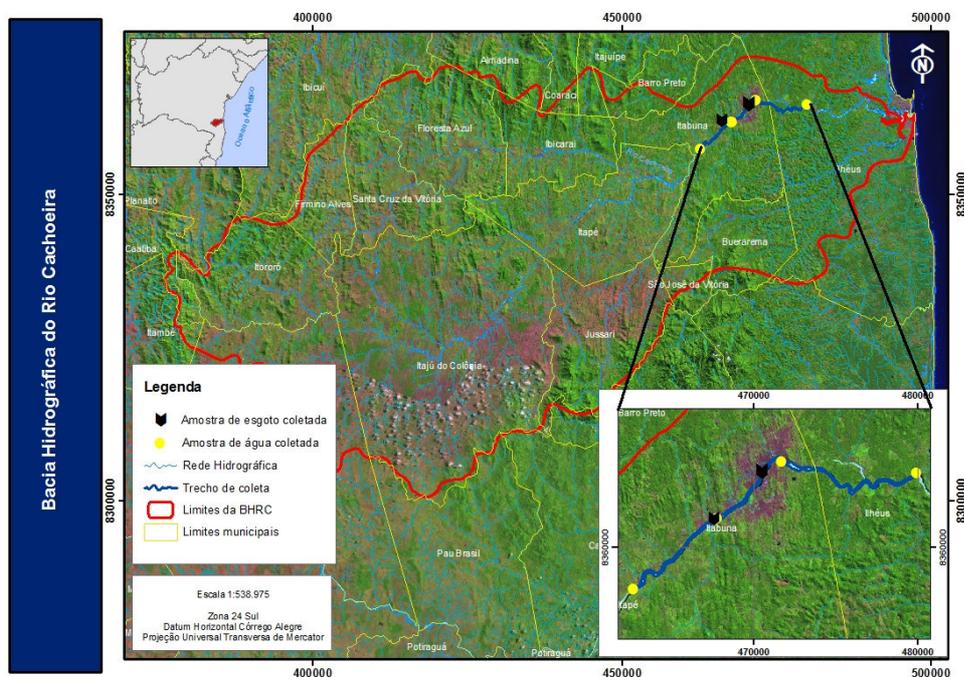


Figura 1 – Localização da bacia hidrográfica do rio Cachoeira.

## 2.2- Amostragem

O procedimento amostral adotado considerou a localização dos despejos de efluentes doméstico da rede coletora municipal, entre os bairros de Nova Ferradas e São Judas Tadeu, onde foi previamente definido quatro pontos de coleta de amostras de água do rio, e dois pontos de coleta de amostras de esgoto (Figura 2). As coletas foram realizadas no dia 20 de abril de 2011 entre os horários 7:00 h e 16:00 h.

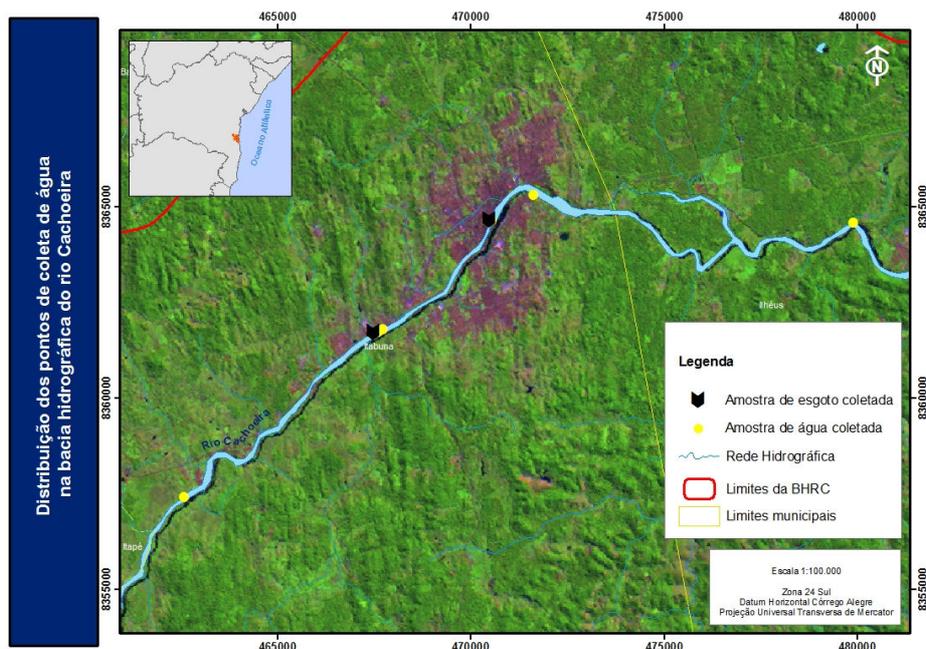


Figura 2 – Pontos de coleta de amostras.

Nesse estudo foram considerados o aporte de esgoto doméstico, os efluentes do canal de macro drenagem da periferia oeste (Bairro Nova Itabuna), sendo este o primeiro *input*, como também os efluentes domésticos do sistema misto de coleta e transporte de efluentes sanitários e águas pluviais dos 18 bairros da região central da cidade, envolvendo uma população de aproximadamente 67 mil pessoas, segundo *input* do aporte de esgoto.

### 2.2.1- Procedimentos para coleta de amostras

As amostras para análise de DBO foram coletadas em quatro pontos do rio, em cada ponto, foram coletadas amostras sub-superficiais, entre 30 e 40 cm evitando-se a interferência da margem, tendo sido utilizados frascos de polietileno (1.000 mL) de boca larga previamente lavados.

Para a coleta dos dados físico-químicos ( $O_2$  e temperatura) foram utilizados eletrodos portáteis. A realização das coletas e os cuidados com a preservação das amostras para as análises, até sua chegada ao laboratório, seguiram as indicações descritas no Guia de Coleta e Preservação de Amostras de Água da CETESB (2011).

### 2.3- Determinação das vazões simuladas

Para a determinação das vazões foi utilizada a série histórica gentilmente cedida pela Agência Nacional das Águas (ANA). Foram simuladas quatro vazões para o estudo de autodepuração do rio Cachoeira. A vazão de  $1,99 \text{ m}^3/\text{s}$  é referente a mínima histórica dos para o período de 1966 a 2003. A vazão de  $3,55 \text{ m}^3/\text{s}$  foi obtida através da média mínima do período 1966 a 2003. A vazão de  $8,6 \text{ m}^3/\text{s}$  foi obtida através das observações das vazões médias mensais em um

período de 38 anos ou 455 meses no rio Cachoeira (Figura 3) que representam 57% das observações. Nesse sentido simulou-se a autodepuração com a referida vazão.

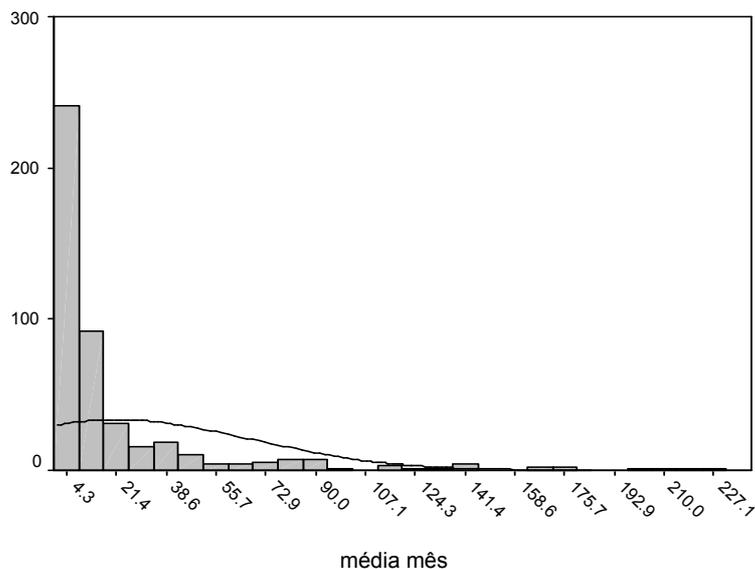


Figura 3 – Histograma das vazões médias mensais em um período de 38 anos no rio Cachoeira

A vazão de 13,4 m<sup>3</sup>/s é referente ao dia da coleta das amostras. Para a sua determinação foi observada a altura da régua liminimétrica instalada na área de estudo, sendo esta de responsabilidade da Agência Nacional de Águas (ANA), cujo valor de 220 cm, foi utilizado para o cálculo da vazão através da curva chave.

## 2.4- Determinação da DBO<sub>5</sub> nas amostras de água do rio e dos efluentes

### 2.4.1- Preparo da amostra - DBO<sub>5</sub> água do rio

Inicialmente foi oxigenada água destilada por 30 min. Em seguida adicionou 1 ml/L de Fe Cl<sub>3</sub>-6H<sub>2</sub>O a 0,25g/L, mais 1ml/L de CaCl<sub>2</sub>-2H<sub>2</sub>O a 0,25g/L com 1ml/L de MgSO<sub>4</sub>-7H<sub>2</sub>O a 0,25g/L e; 1ml/L solução tampão DBO para cada 1000 mL de água destilada previamente oxigenada. Na seqüência, em vidro de DBO adicionou 150 mL da solução e 150 mL da amostra. O recipiente foi envolvido em papel alumínio e preservado na geladeira a 20°C por cinco dias. Na segunda etapa, foi efetuada nova leitura de OD em mg/L após 5 dias.

### 2.4.2- Detrminação da DBO<sub>5</sub> das águas do rio Cachoeira

Partindo dos valores de OD (mg/L) no dia<sub>j</sub>, e o OD (mg/L) medida após 5 dias de incubação, foi calculada a DBO<sub>5</sub> através da equação abaixo (Von Sperling, 1996):

$$DBO_5 (mgO_2 / L) = \left[ (OD_i - OD_5) \cdot \frac{VF}{VA} \right] \quad \text{eq. (1)}$$

Onde:

$OD_i$  = Oxigênio dissolvido da amostra diluída imediatamente após a sua preparação (mg  $O_2/L$ );

$OD_5$  = Oxigênio dissolvido da amostra diluída após incubação durante 5 dias a 20° C, a sua preparação (mg  $O_2/L$ );

$OD_c$  = Oxigênio dissolvido do controle da semente antes da incubação (mg  $O_2/L$ );

$OD_5$  = Oxigênio dissolvido do controle da semente após incubação durante 5 dias a 20°C, (mg $O_2/L$ );

VA= Volume da amostra (mL);

VF= volume do frasco de DBO (mL).

### 2.4.3- DBO<sub>5</sub> do esgoto

Os procedimentos para determinação da DBO<sub>5</sub> dos efluentes lançados no Rio foram os descritos por Branco & Rocha (1977) e Von Sperlin (1996).

Branco & Rocha (1977) afirmam que a contribuição *per capita* de DBO em uma população é da ordem de 54 g de DBO<sub>5</sub> por habitante por dia. Para Von Sperling (1996), a concentração da DBO<sub>5</sub> dos esgotos domésticos brutos tem um valor médio da ordem de 250-350 mg/L (mg/L = g/m<sup>3</sup>). Nesse sentido, pode-se estimar também a DBO dos esgotos domésticos através da divisão entre a carga de DBO (kg DBO/dia) e a vazão de esgotos (m<sup>3</sup>/d). A carga de DBO é estimada pelo produto da população (hab) com a carga per capita de DBO (da ordem de 0,045 a 0,060 kg DBO<sub>5</sub>/hab.dia, usualmente adotada como 0,054 kg DBO<sub>5</sub>/hab.dia. Desta forma, adotou-se 54 g de DBO hab.dia neste trabalho, onde as populações utilizadas na estimativa da DBO dos efluentes foram 1.718 habitantes e 66.933 habitantes (EMASA, 2009) considerando o primeiro e segundo input respectivamente.

### 2.5- Análises dos dados

A Modelagem Matemática para autodepuração foi realizada com auxílio do programa AD'Água (Santos, 2010) cuja fundamentação teórica está fundamentada no modelo de *Streeter-Phelps*. As variáveis utilizadas na aplicação do modelo foram: vazão do rio; Vazão do lançamento de efluente; DBO e OD do rio; DBO do efluente; Coeficiente de Desoxigenação (K1) e o Coeficiente de Reaeração (K2); Características da bacia hidrográfica de estudo; Temperatura (água).

## 3- RESULTADOS E DISCUSSÃO

A simulação inicial foi para a vazão fluvial de 1,99 m<sup>3</sup>/s. Para a amostra coletada a montante do canal de macro drenagem da periferia oeste da cidade a concentração crítica de  $O_2$  é de 5,51 mg/L e uma distância crítica de 2,24 km, a DBO da mistura foi de 4,16 mg/L. Com o input dos efluentes do canal de macro drenagem (Ponto 2 de lançamento de esgoto) do centro da cidade de Itabuna, a 10 km do primeiro lançamento, a concentração crítica de  $O_2$  passou a 0,0 mg/L e uma distância crítica de 3,42 km, a DBO da mistura foi de 24,29 mg/L. Observando-se que o aporte do

segundo ponto de lançamento de efluente compromete de significativamente a qualidade da água no trecho estudado. A simulação ilustrada na Figura 4 demonstra que após 20 km do lançamento atribuído ao ponto 1 é os níveis de O<sub>2</sub> ultrapassam os valores de 6mg/L.

A simulação para a vazão do rio de 3,55 m<sup>3</sup>/s a concentração critica de O<sub>2</sub> é de 5,83 mg/L e uma distância critica de 2,75 km, a DBO da mistura foi de 3,58 mg/L. Com o input dos efluentes do canal de macro drenagem do centro da cidade concentração critica de O<sub>2</sub> passou a 2.02 mg/L e uma distância critica de 4,99 km, a DBO da mistura foi de 15,47 mg/L, . Neste cenário com o aporte do segundo ponto de lançamento de efluente a simulação demonstra (Figura 4) que a aproximadamente 15km do lançamento atribuído ao ponto 2 os níveis de O<sub>2</sub> ultrapassam os valores de 4mg/L, e aproximadamente 25 km é os valores de O<sub>2</sub> retornam aos níveis acima de 6 mg/L.

A simulação efetuada para a vazão 8,66 m<sup>3</sup>/s Com o *input* dos efluentes do canal de macro drenagem do centro da cidade concentração critica de O<sub>2</sub> não foi inferior a 5mg/L com uma distância critica de 9,65 km, a DBO da mistura foi de 8,62 mg/L, com um tempo critico de 1.24 dias. Neste cenário com o aporte do segundo ponto de lançamento de efluente a simulação demonstrou que os níveis de O<sub>2</sub> atingiram valores próximos a 4 mg/L, abaixo do estabelecido pela resolução CONAMA 375/2005, que é de 5 mg/L O<sub>2</sub>.

Para a vazão do rio de 13,4 m<sup>3</sup>/s nas mesmas condições de aporte de efluentes como nas simulações anteriores, a concentração critica de O<sub>2</sub> não foi inferior a 4,5mg/L com uma distância critica de 4,99 km, a DBO da mistura foi de 6.84 mg/L. Neste cenário com o aporte do segundo ponto de lançamento de efluente a simulação demonstrou que com esta vazão os níveis de O<sub>2</sub> não atingem níveis inferiores a 4,5 mg/L. Muito embora nesta condição o rio apresentou valores de O<sub>2</sub> mais elevados em relação as demais simulações, as concentrações acima 5 mg/L O<sub>2</sub> só foram observados após 30 km do primeiro input de efluentes (Figura 4).

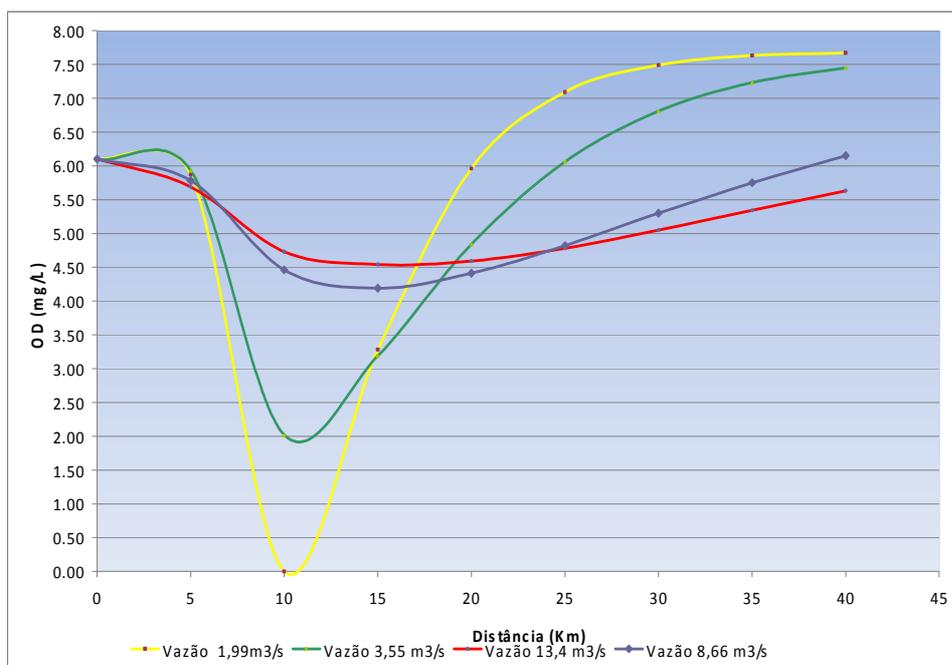


Figura 4 – Simulações da autodepuração do rio Cachoeira para diferentes cenários de vazão.

#### 4- CONCLUSÃO

Os resultados encontrados nas simulações indicaram que *input* de efluentes dos canais de macro drenagem da periferia oeste e o da região central da cidade de Itabuna promovem um significativo processo de degradação da qualidade das águas do rio Cachoeira, quando as vazões apresentam valores abaixo de 4 m<sup>3</sup>/s.

Muito embora com o aumento das vazões simuladas para 8,66 m<sup>3</sup>/s e 13,4m<sup>3</sup>/s os valores críticos de O<sub>2</sub> não tenham sido inferiores a 4mg/L e 4,5 mg/L respectivamente, conclui-se que os impactos causados pelos esgotos domésticos e industriais são significativos, pois tais vazões apresentaram um padrão de ocorrência da ordem de aproximadamente 21% das vazões medias mensais, considerando a serie histórica de 38 anos de observações. Desta forma, a carga de efluentes contabilizada neste trabalho é potencialmente poluidora, depreciando a qualidade das águas do rio Cachoeira no trecho analisado.

Na análise de OD e DBO nas simulações efetuadas, observa-se que as zonas de degradação e decomposição ativa estão localizadas no centro urbano. Tal característica reflete que o corpo receptor (curso d água), está em intensa desordem devido ao forte *input* de efluentes sem tratamento. A área de autodepuração ocorre a aproximadamenre 15 km do centro urbano onde observa-ae uma significtiva dimimuição da carga poluidora. Persistindo as condições atuais, a tendência é um progressivo agravamento da poluição das águas do rio Cachoeira, em virtude da intensidade das emissões de egotodoméstico sem prévio tratamento.

As simulações para a modelagem levaram em consideração a variável vazão, tal escolha foi motivada devido ao fato de se estar sendo proposta a construção de uma barragem a montante do trecho simulado. Tal empreendimento potencializa uma série de impactos no ambiente, dentre estes, significativas mudanças no regime fluvial. O estudo aqui realizado demonstrou que em relação a frequência de ocorrência, 57% dos valores observados das vazões médias mensais do rio Cachoeira em uma série de 38 anos, estão abaixo de 8,66m<sup>3</sup>/s, isto implica em um aumento da probabilidade da extensão desse limite em se construindo o barramento, possibilitando a ocorrência de vazões médias cada vez menores, limitando desta forma a capacidade de autodepuração do rio em persistindo o intenso lançamento de efluentes domésticos bem com industriais sem tratamento.

## 5- BIBLIOGRAFIA

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (ANA). *Superintendência de Informações Hidrológicas*: <http://hidroweb.ana.gov.br/>. Acesso em 23 de abr. de 2011.

CETESB. *Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos*. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo; Organizadores: Carlos Jesus Brandão; Marcia Janete Coelho Botelho; Maria Inês Zanoli Sato; Marta Condé Lamparelli. - São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011.

CUNHA, CYNARA DE LOURDES DA NÓBREGA e FERREIRA, ALDO PACHECO. *Modelagem matemática para avaliação dos efeitos de despejos orgânicos nas condições sanitárias de águas ambientais*. Cad. Saúde Pública [online]. 2006, vol.22, n.8, pp. 1715-1725.

Blücher/CETESB, 1977.

Empresa Municipal de Águas e Saneamento S/A (EMASA). *Relatório Anual de Atividade – Exercício 2009*. DIRTEC – Diretoria Técnica, Itabuna-BA, 2009.

BRANCO, S. M. e ROCHA, A. A. *Poluição, proteção e usos múltiplos de represas*. São Paulo: Edgard Blücher/CETESB, 1977.

SANTOS, ALEXANDRE ROSA DOS (org). *AD'Água 2.0, Sistema para Simulação da Autodepuração de Cursos D'água*. Manual do Usuário. Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Vitória-ES, 2010.

SECRETÁRIA DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DA BAHIA – SRH. *Plano Diretor de Recursos Hídricos*. Bacias do Leste, Vol II–tomo I.Salvador,Bahia.2001

TELES, RAFAEL BALDINI E SILVEIRA A. (2006). “*Autodepuração de escoamentos naturais de água Estudo de caso: aplicação de modelagem matemática em um trecho do Ribeirão Preto.*” Ribeirão Preto-SP. In: XXX - Congresso da Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental - AIDIS 2006, Punta del Este – Uruguai.

VON SPERLING, M. *Princípios do tratamento biológico de águas residuárias*. Vol. 1. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG. 2<sup>a</sup> ed. Revisada, 1996. 243 p.

VON SPERLING, M. *Estudos e modelagem da qualidade da água de rios*. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (DESA), Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, 2007.