



# Revista AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:  
Investigación, desarrollo y práctica

Volúmen 1, número 3, año 2007 ISSN 0718-378X  
PP

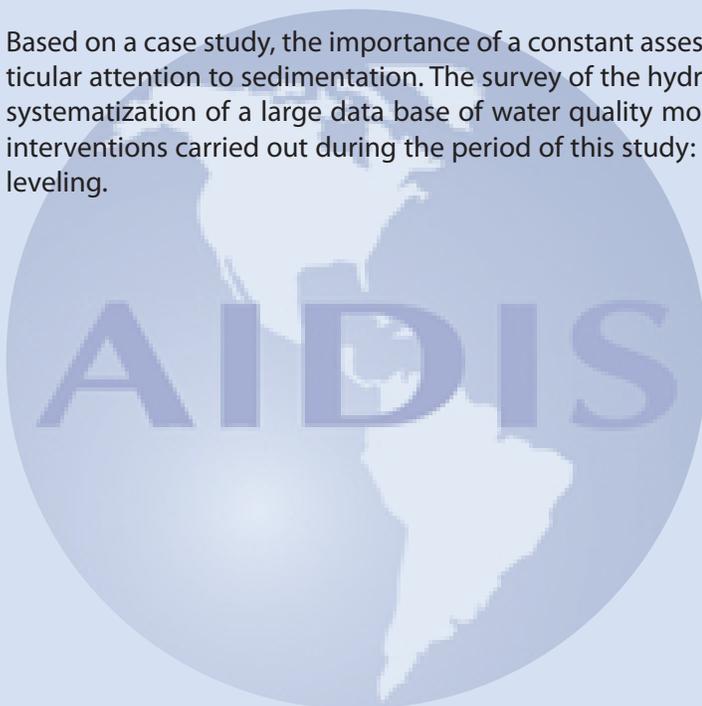
## **AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE UMA UNIDADE DE DECANTAÇÃO CONVENCIONAL: LEVANTAMENTO DOS PARÂMETROS HIDRÁULICOS E SUA INFLUÊNCIA NA QUALIDADE DA ÁGUA DECANTADA**

Performance evaluation of a sedimentation unit: Hydraulic parameters  
and their influence sediment water quality

Daniel Cobucci de Oliveira  
Rafael K.X. Bastos  
João Francisco de Paula Pimenta  
Nayara Batista Borges  
Adiéilton Galvão de Freitas

### ABSTRACT

Based on a case study, the importance of a constant assessment of water treatment processes is emphasized, with particular attention to sedimentation. The survey of the hydrodynamic characteristics of the sedimentation basin and the systematization of a large data base of water quality monitoring, allowed the confirmation of beneficial effects from interventions carried out during the period of this study: procedures of sludge removal and the sedimentation basin's leveling.



## **AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE UMA UNIDADE DE DECANTAÇÃO CONVENCIONAL: LEVANTAMENTO DOS PARÂMETROS HIDRÁULICOS E SUA INFLUÊNCIA NA QUALIDADE DA ÁGUA DECANTADA.**

### **Daniel Cobucci de Oliveira (1)**

Engenheiro Ambiental (UFV).

### **Rafael K.X. Bastos**

Engenheiro Civil (UFJF), Especialização em Engenharia de Saúde Pública (ENSP/FIOCRUZ), PhD em Engenharia Sanitária (University of Leeds, UK), Professor Adjunto - Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa (UFV), Chefe da Divisão de Água e Esgotos da UFV.

### **João Francisco de Paula Pimenta**

Graduando em Engenharia Ambiental (UFV)

### **Nayara Batista Borges**

Graduanda em Engenharia Ambiental (UFV)

### **Adiéliton Galvão de Freitas**

Engenheiro Ambiental (UFV), Mestrando em Saneamento Ambiental (UFV).

**Endereço (1):** Universidade Federal de Viçosa, Divisão de Água e Esgotos. 36570-000, Viçosa-MG, Brasil. Fone: (31) 3899 2352; Fax: (31) 3899 2819; e-mail: danielcobuccideoliveira@yahoo.com.br

### **ABSTRACT**

Based on a case study, the importance of a constant assessment of water treatment processes is emphasized, with particular attention to sedimentation. The survey of the hydrodynamic characteristics of the sedimentation basin and the systematization of a large data base of water quality monitoring, allowed the confirmation of beneficial effects from interventions carried out during the period of this study: procedures of sludge removal and the sedimentation basin's leveling.

### **RESUMO**

Com base em um estudo de caso procura-se enfatizar a importância da constante avaliação de desempenho de processos de tratamento de água, em particular da decantação. O

levantamento das características hidrodinâmicas do decantador e a sistematização do banco de dados do monitoramento de rotina da qualidade da água, permitiram verificar os efeitos benéficos de intervenções realizadas durante o período de estudo: operações de limpeza e nivelamento do decantador.

**PALAVRAS CHAVE:** Água para consumo humano, tratamento, decantação, avaliação de desempenho.

### INTRODUÇÃO/ OBJETIVO

Avaliação de desempenho de uma estação de tratamento de água (ETA) é um procedimento em que se busca aferir a adequação e eficiência dos diversos processos unitários de tratamento; genericamente, devem ser analisados os fatores hidráulicos e operacionais que poderiam concorrer para um desempenho insuficiente, tais como: possíveis falhas de projeto, discrepância entre parâmetros ótimos, de projeto e de funcionamento real, a capacidade instalada de operação e controle (recursos humanos e materiais) e o efetivo controle operacional realizado; buscam-se enfim subsídios para eventuais intervenções de melhoria (BASTOS *et al.*, 2000).

Em sintonia com o conceito de múltiplas barreiras na produção de água segura para consumo humano, a etapa de decantação cumpre um papel fundamental, ao preparar a água para uma das últimas etapas do tratamento, a filtração.

Uma boa decantação, em termos de eficiência e estabilidade, depende, naturalmente, do sucesso dos processos unitários antecedentes (coagulação, floculação) e de uma série de fatores e parâmetros próprios, tais como: a taxa de aplicação superficial, a hidrodinâmica do decantador, a ocorrência de curtos circuitos e ou zonas mortas, a existência de dispositivos adequados de entrada e saída de água, as operações de limpeza do decantador.

A partir de um estudo de caso destaca-se neste trabalho a importância da avaliação de desempenho de decantadores, perpassando as seguintes situações: seguidas operações de limpeza e uma intervenção de nivelamento do decantador através da instalação de bordas vertedouras.

## METODOLOGIA

A ETA em estudo emprega o tratamento em ciclo completo: mistura rápida em calha Parshall, floculação hidráulica em seis câmaras, decantador circular com alimentação central e fluxo radial, dois filtros rápidos de fluxo descendente. Em junho de 2004, na intenção de nivelamento do decantador foram instaladas bordas vertedouras ajustáveis (Figura 1).



**Figura 1-Instalação de bordas vertedouras ajustáveis no decantador**

Entretanto, em 2006, a suspeita de falhas na instalação das bordas, e, ou de seu posterior desnivelamento, levou a uma verificação da distribuição de vazões e do possível desnivelamento. Para a determinação da vazão nos vertedores de coleta de água foram realizados ensaios de medição pelo método direto, antes e após o procedimento de lavagem do mesmo. O nivelamento do decantador foi aferido com equipamentos topográficos.

Para a determinação da hidrodinâmica do decantador foram realizados ensaios com trançador (sal de cozinha), antes e após as operações de limpeza e de nivelamento do decantador, permitindo avaliar a ocorrência de curtos circuitos e zonas mortas e a predominância de regimes de fluxo (CEPIS,1992).

Como rotina de controle, monitora-se, em frequência horária, a turbidez da água bruta e decantada. Estes dados foram sistematizados de forma a comparar a qualidade da água decantada antes e após as intervenções realizadas.

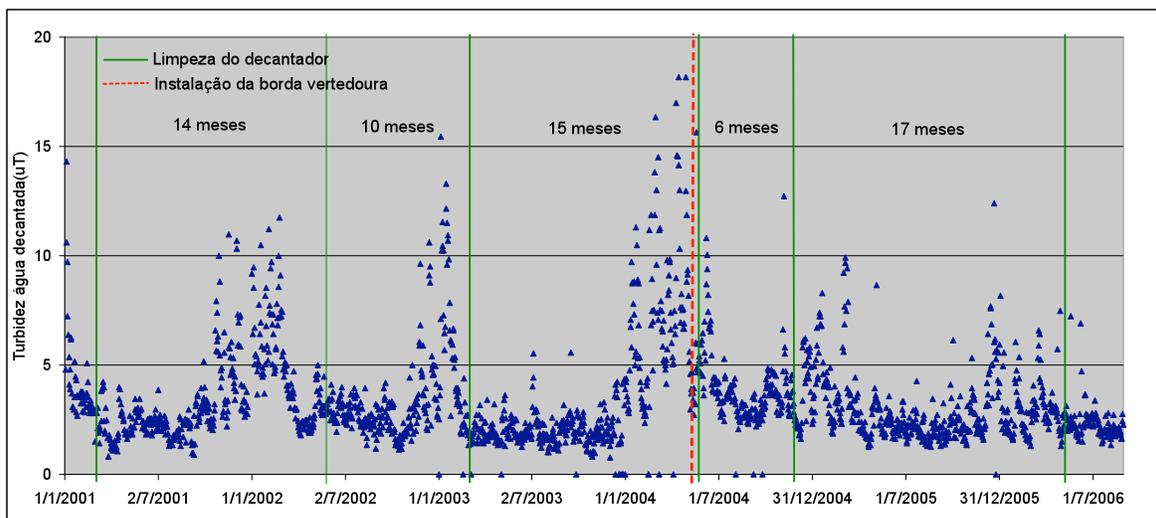
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2 estão apresentados os valores de turbidez da água decantada no período de janeiro de 2001 a agosto 2006, os momentos de limpezas do decantador, (linhas verticais verdes cheias) e a data da instalação das bordas vertedouras (linha vertical vermelha tracejada). É de se notar a frequência de limpeza do decantador um tanto irregular e bastante espaçada, o que a princípio, não constitui boa prática. E, neste sentido, a julgar

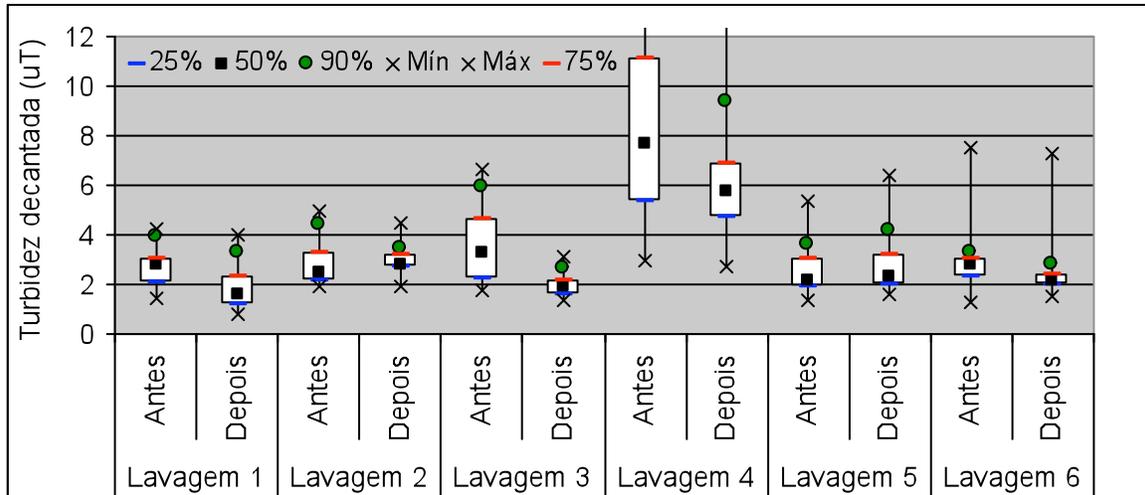
pela análise do banco de dados integral da qualidade da água decantada (Figura 2), notam-se, os efeitos (benéficos) da limpeza do decantador. Entretanto, é preciso relativizar esta afirmativa, levando em consideração que na Figura 2 o banco de dados inclui períodos de água bruta de qualidade muito distinta (épocas de chuva e seca).

Na busca de superar esta dificuldade de análise, o banco de dados foi rearranjado em termos de estatística descritiva (Gráficos Box Plot) dos valores de turbidez da água decantada, um mês antes e um mês após as limpezas do decantador (Figura 3). Neste caso, poder-se-ia inferir que, para os períodos após as lavagens, exceto na lavagem 5, há uma diminuição da distância entre os quartis, indicando maior estabilidade do processo, porém, de modo geral, a limpeza não trouxe grandes ganhos na qualidade da água decantada. Entretanto, por se tratar de períodos de apenas dois meses de análise (antes e após lavagem), não são registradas grandes variações entre os valores médios para turbidez de água bruta em torno de cada evento de limpeza. A limpeza 1 ocorreu no mês de março de 2001; a limpeza 2 em maio de 2002; a limpeza 3 em fevereiro de 2003; limpeza 4 em maio de 2004; limpeza 5 em novembro de 2004 e a limpeza 6 em abril de 2006.

Cabe também destacar que o ponto de captação localiza-se a jusante de dois barramentos consecutivos do manancial, absorvendo desta forma boa parte das variações sazonais de turbidez da água bruta. Desta forma, a turbidez da água bruta é relativamente baixa durante grande parte do ano e, com isso, a produção de lodo também, não interferindo sobremaneira na qualidade da água decantada mesmo com longos períodos entre lavagens. Vale ressaltar que a taxa de aplicação superficial, para as vazões mais usuais da ETA é de  $17 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{dia}$  para vazão de  $50 \text{ L} / \text{s}$  e de  $20 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{dia}$  para vazão de  $60 \text{ L} / \text{s}$ .



**Figura 2: Turbidez da água decantada no período de janeiro de 2001 a agosto de 2006**



**Figura 3: Estatística descritiva da turbidez da água decantada um mês antes e um mês após as limpezas do decantador**

Por outro lado, identifica-se que as limpezas do decantador propiciaram uma melhora na hidrodinâmica do mesmo (Figura 4 e Tabela 1): (i) tempo de detenção hidráulica real mais próximo do teórico, o que indica a diminuição de curtos-circuitos; (ii) diminuição de zonas mortas; (iii) predominância de fluxo em pistão.



**Figura 4: Resultados do ensaio com traçador antes e após a limpeza do decantador em abril de 2006.**

**Tabela 1: Características hidráulicas do decantador, antes e após a limpeza em abril de 2006**

Parâmetro	Antes <sup>(1)</sup>	Depois <sup>(2)</sup>
TDH real (h)	3,57	3,69
TDH teórico (h)	4,57	3,80
Fluxo pistão (%)	47	57
Fluxo mistura completa (%)	53	43
Zonas mortas (%)	22	3

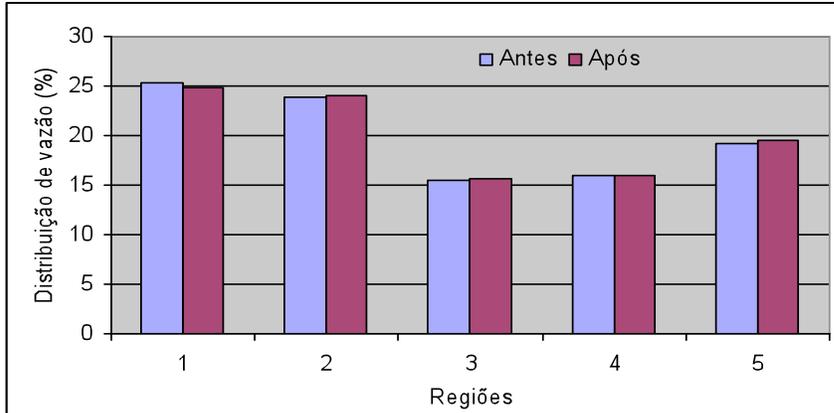
(1) Vazão de 50L/s; (2) Vazão de 60L/s

Para a aferição dos efeitos obtidos com a instalação das bordas vertedouras foram realizados ensaios com traçador em dois momentos distintos: (i) antes da instalação, quando foram encontrados 50% de fluxo em pistão, 50% de fluxo em mistura completa e 51% de zonas mortas; (ii) após a instalação, encontrando-se 53% de fluxo em pistão, 47% de fluxo em mistura completa e 2% de zonas mortas. Portanto, parece que instalação das bordas vertedouras trouxe como principal benefício na hidrodinâmica do reator a redução do percentual de zonas mortas. A julgar pelas informações das figuras 2 e 3, a instalação das bordas pode também ter acarretado melhora na qualidade da água decantada; entretanto, aqui podem estar considerados simultaneamente os efeitos do nivelamento e da limpeza 4 do decantador, visto que estas duas intervenções ocorreram em momentos bem próximos.

Porém, a persistência da alguma má distribuição do fluxo no decantador, mesmo com a instalação das bordas ajustáveis, foi atestada pela medição de vazão em todo o perímetro do mesmo, sendo que para tanto o decantador foi dividido em cinco regiões (Figura 5). Esta medição foi realizada em dois períodos, antes e após a limpeza 6 (abril de 2006) e, nestes períodos, a vazão da ETA era de 50 L/s e 60 L/s, respectivamente. Percebe-se a ocorrência de fluxos preferenciais (regiões 1 e 2) e zonas mortas (regiões 3 e 4) (Figura 6). Entretanto, as vazões por metro de calha coletora permanecem todas em faixas aceitáveis: região 1 - 1,01 L/s . m antes e 1,22 L/s . m depois; região 2 - 0,96 L/s . m antes e 1,17 L/s . m depois; região 3 - 0,63 L/s . m antes e 0,77 L/s . m depois; região 4 - 0,64 L/s . m antes e 0,78 L/s . m depois; região 5 - 0,77 L/s . m antes e 0,96 L/s . m depois. Registre-se que as recomendações para que não ocorra arraste de flocos é de que a vazão por metro de vertedor seja no máximo de 1,8 L/s . m ou, mais precisamente,  $q = 0,018 H \cdot V_s$  (sendo H a profundidade do decantador e  $V_s$  a velocidade de sedimentação, determinada em ensaios de tratabilidade) (VIANNA, 1997).

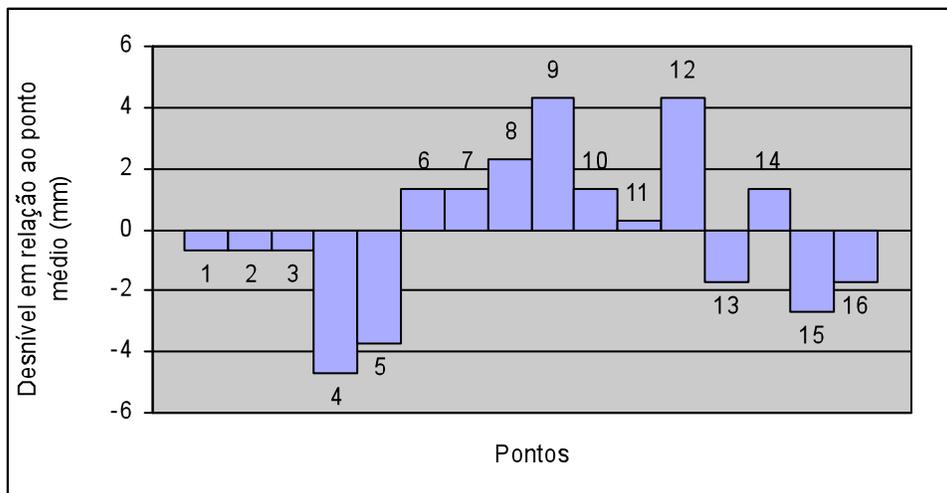


**Figura 5: Vista do decantador, com a representação das cinco regiões de medição de vazão**



**Figura 6: Distribuição de vazão na borda vertedoura, antes e após a limpeza de abril de 2006**

Após esta constatação procurou-se identificar as causas do problema. Inicialmente foi realizado um levantamento topográfico em 16 pontos ao longo da borda, sendo encontrado um desnível máximo de 9,5 mm entre as bordas (desnível entre os pontos 4 e 9), portanto, nada considerável (Figura 7). Por outro lado, nas regiões 1 e 2 foram detectados vazamentos entre a borda vertedoura e a parede do decantador (Figura 8 b), fato este não verificado nas demais regiões (Figura 8a). No caso da região 1, pontos 1, 2 e 3, o fator preponderante são os vazamentos, já que seu desnível em relação ao nível médio é menos acentuado, enquanto que na região 2, pontos 4 e 5, há ocorrência dos dois fatores, pontos mais baixos e vazamentos. Em contrapartida, nas regiões 3 (pontos 6, 7, e 8) e 4 (pontos 9, 10, 11 e 12), encontram-se pontos mais elevados e a não ocorrência de vazamentos. Já a região 5, pontos 13, 14, 15 e 16, onde ocorre a vazão esperada, próxima de 20%, apresenta tanto pontos mais elevados quanto pontos mais baixos e a não ocorrência de vazamentos.



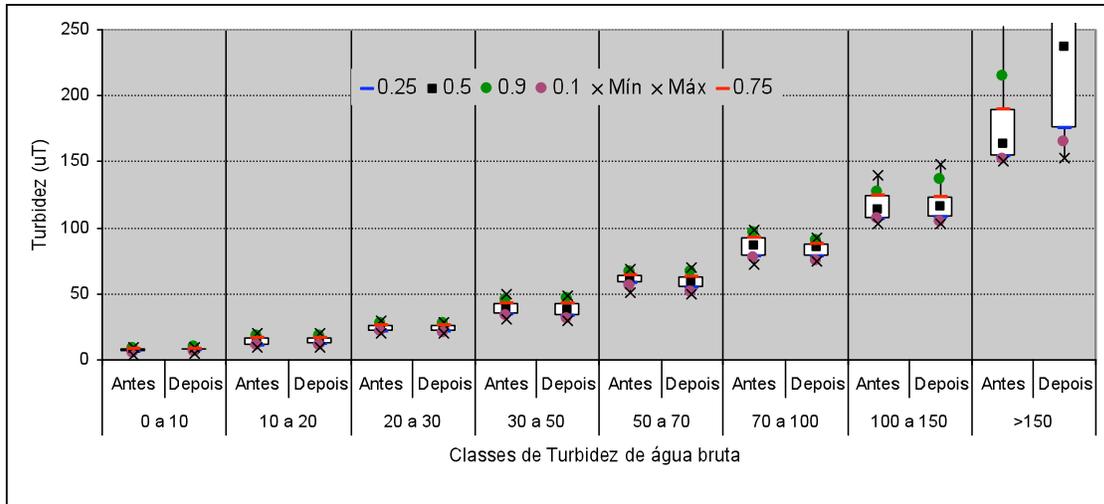
**Figura 7: Levantamento topográfico ao longo da borda vertedoura do decantador**



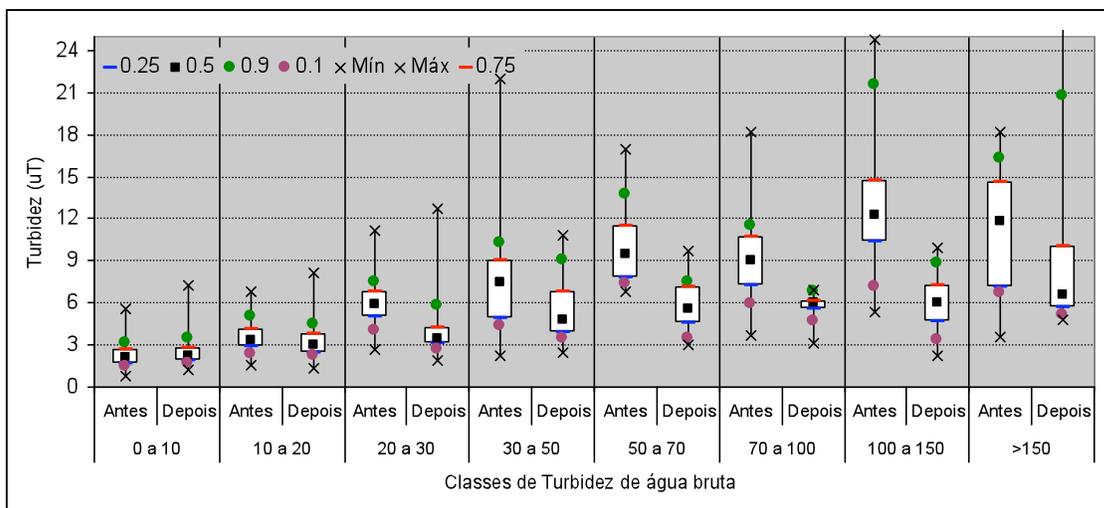
**Figura 8: Detalhes da coleta de água decantada nas bordas vertedouras do decantador, regiões 4 (a) e 2 (b).**

Com intuito de verificar em maiores detalhes os efeitos da instalação das bordas na qualidade da água decantada, o banco de dados da água bruta foi organizado por faixas de valores de turbidez e por períodos, antes (maio de 2002 a abril de 2004) e após (junho de 2004 a maio de 2006) a instalação (Figura 9). A mediana da turbidez da água bruta em todo o período considerado é de 9,0 uT e o primeiro e o terceiro quartis, 6,7 uT e 16,2 uT, respectivamente, indicando que valores mais elevados ocorrem em baixa frequência.

A análise da Figura 10 (estatística descritiva dos dados de turbidez da água decantada, por classe de turbidez da água bruta, antes e depois da instalação das bordas) confirma a sugestão de ganhos obtidos com a instalação das bordas vertedouras, mais nitidamente para as classes de turbidez da água bruta acima de 20 uT: (i) maior estabilidade do processo de decantação, verificado através da diminuição da distância entre os quartis; (ii) redução das diferenças proporcionais entre os valores de turbidez da água bruta e decantada, (iii) valores das medianas de água decantada abaixo de 6 uT após a instalação das bordas para todas as classes, valor este considerado bastante adequado como afluente a filtros rápidos de fluxo descendentes (CEPIS, 1992).



**Figura 9: Classes de turbidez da água bruta, antes (maio de 2002 a abril de 2004) e depois (junho de 2004 a maio de 2006) da instalação das bordas vertedouras.**



**Figura 10: Turbidez da água decantada para as diferentes classes de água bruta, antes (maio de 2002 a abril de 2004) e depois (junho de 2004 a maio de 2006) da instalação das bordas vertedouras.**

## CONCLUSÕES

Este trabalho evidencia a necessidade da constante avaliação de desempenho dos processos unitários de tratamento e, neste particular, da decantação. Tal procedimento permite identificar falhas que podem comprometer o processo de sedimentação, facilitando a tomada de medidas corretivas.

Sugere-se que a metodologia aqui apresentada, em termos de monitoramento, sistematização e organização de banco de dados, possa servir de orientação quanto às necessidades de limpeza de decantadores.

Os resultados demonstram claramente (ainda que neste estudo em particular, nem tanto ou nem sempre em ordem de grandeza mais notável) os ganhos de desempenho da unidade de decantação, em termos de hidrodinâmica e qualidade da água decantada.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BASTOS, R.K.X.; VARGAS, L. C.; MOISÉS, S. S.; SILVA, H. C.A. Avaliação de desempenho de estações de tratamento de água. desvendando o real. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, XXVII. Porto Alegre-RS, 2000. *Anais...* Rio de Janeiro: ABES, 2000 (CD ROM)
2. CEPIS - CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE. *Ciclo: Tratamiento, Serie: Filtración rápida. Evaluación*. Lima, Peru: CEPIS, 1992 (Programa Regional HPE/OPS/CEPI de Mejoramiento de La Calidad del Agua para Consumo Humano, Manual IV).
3. VIANNA, M. R. *Hidráulica aplicada às estações de tratamento de água*. 3ª ed. Belo Horizonte: Imprimatur. 1997. 576p.