

# ESTUDO PRELIMINAR DA RELAÇÃO ENTRE A CONCENTRAÇÃO DE LODO E ATIVIDADE BACTERIANA<sup>1</sup>

Helene Maria Pauliny<sup>2</sup>  
Edwin Auza Villegas<sup>3</sup>

## Resumo

O presente trabalho envolve a determinação do grau de atividade dos microrganismos e do volume de sólidos totais presentes num reator biológico de coqueria, usando o método de Respirimetria. Para tal, várias amostras foram retiradas de três regiões distintas do reator e utilizando um respirômetro procedeu-se à detecção da atividade microbiana pelo consumo de oxigênio dissolvido. Os resultados mostraram que a atividade do lodo diminui com a presença de substâncias encontradas nos efluentes de coqueria, devido às altas concentrações de compostos químicos provenientes da produção de coque. Ensaio repetidos em triplicata mostraram que nas diferentes regiões as concentrações de sólidos sedimentados em trinta minutos variam entre 0,12 e 0,67L/L. Os resultados também mostraram que existem regiões no Reator Biológico onde há uma franca recuperação das atividades bacterianas.

**Palavras-chave:** Lodo ativado; Toxicidade; Coqueria.

## PRELIMINARY STUDIES ON THE RELATIONSHIP BETWEEN CONCENTRATION OF ACTIVATED SLUDGE AND BIOACTIVITY

### Abstract

The present work deals with microorganisms degree of activity and total suspended solids determination in a Biological Reactor that processes effluents from a cokemaking plant, using the Respirometry technique. To meet this aim several samples were taken from three different sectors of the reactor. Measurements of the dissolved oxygen consumption, using a respirometer, were carried out in order to determine bacterial activity in the sludge. It was observed that sludge activity diminishes with the presence of substances found in the coke oven effluents due to high concentrations of chemical compounds derived from the coke processes. The results showed that detected suspended solids concentrations in all sectors studied were between 0.12 and 0.67 L per liter of sludge. It was also observed that there are particular reactor regions where optimum bacterial activity recoveries were detected.

**Key words:** Activated sludge; Toxicity; Cokemaking

---

<sup>1</sup> Contribuição técnica ao 62º Congresso Anual da ABM – Internacional, 23 a 27 de julho de 2007, Vitória – ES, Brasil.

<sup>2</sup> D.Sc. Pesquisadora UFMG

<sup>3</sup> PhD., Professor associado, UFMG

## 1 INTRODUÇÃO

Nos reatores biológicos de coqueria existe sempre uma grande carga de substâncias orgânicas e inorgânicas que devem ser removidas através do lodo ativado. Algumas destas substâncias são consideradas inibidoras ou tóxicas para as bactérias autotróficas nitrificantes. Estas bactérias são muito sensíveis a alguns compostos orgânicos presentes nos efluentes, possuem um crescimento lento quando comparado às bactérias carbonáceas, (aquelas que degradam os hidrocarbonetos alifáticos), diminuindo a eficiência da nitrificação, nos reatores biológicos.<sup>(1,2)</sup> Por isso, não raras vezes, a carga ou a concentração com que estes compostos entram nos reatores biológicos causam a inibição e/ou a morte celular dos microrganismos presentes.<sup>(3)</sup> A percepção deste fato, somente se faz após um contato prolongado dessa massa celular morta que também pode ter um efeito tóxico sobre as bactérias ativas, prejudicando, deste modo, o tratamento dos efluentes.<sup>(4)</sup>

O objetivo deste trabalho foi determinar em que região do reator existe recuperação ou regeneração das bactérias devido ao "stress" de contato com o efluente e se haveria alguma influência do volume de sólidos suspensos sobre a atividade registrada. Até agora não se verificou na literatura a existência de estudos nesta área.

## 2 METODOLOGIA

Para a determinação da atividade dos microrganismos empregou-se o método da respirometria desenvolvida pelos autores descrita em Paulinyi e Villegas.<sup>(5)</sup>

O Reator Biológico cujas dimensões foram: comprimento, 48,00 m; largura, 21,00 m e profundidade, 6,00 m, com um volume útil de cerca de 5000 m<sup>3</sup>, é esquematizado na Figura 1.

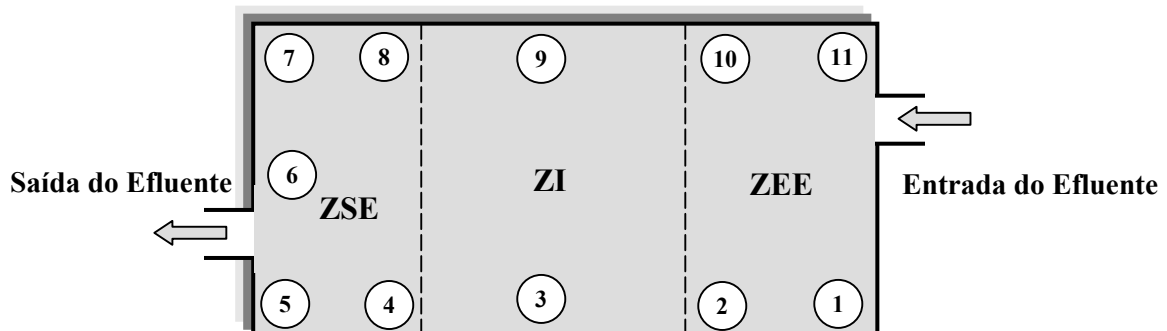


Figura 1. Representação esquemática do Reator Biológico

Como pode ser observado na Figura 1, o reator foi dividido em 3 zonas onde foram caracterizados 11 pontos de amostragem, com distâncias de 10,00 metros entre cada ponto e com 3 profundidades em cada ponto, determinadas por A (0,50 a 1,00m), B (3,00 a 4,00m) e C(5,00 a 6,00m). A distância da parede do Reator foi de 0,50 m. A zona de entrada do efluente foi denominada de ZEE, que corresponde à região onde entra o efluente pelo ponto 11. A segunda zona, zona Intermediária foi chamada de ZI e a região de saída do efluente para o clarificador secundário foi chamada de ZSE. Os pontos de amostragem correspondentes a cada zona são mostrados no seguinte quadro:

**Quadro 1.** Distribuição dos Pontos de amostragem no Reator Biológico

Zona	Pontos	Profundidade (m)	
		B	C
ZEE	1	3 - 4	5 - 6
	2	3 - 4	5 - 6
	10	3 - 4	5 - 6
	11	3 - 4	5 - 6
ZI	3	3 - 4	5 - 6
	9	3 - 4	5 - 6
ZSE	4	3 - 4	5 - 6
	5	3 - 4	5 - 6
	6	3 - 4	5 - 6
	7	3 - 4	5 - 6
	8	3 - 4	5 - 6

Em cada ponto foi testada a atividade bioquímica das bactérias autotróficas nitrificantes, por serem as mais sensíveis aos compostos tóxicos e possuírem um crescimento mais lento. A atividade bacteriana foi medida usando a técnica de respirometria, observando o consumo de Oxigênio Dissolvido (OD) quando se adiciona um substrato ao meio em função do tempo de reação (em minutos). Em cada ponto verificou-se o volume dos sólidos totais (VST) para um litro de amostra. A equação para a o cálculo da atividade é dada por:

$$A_m = \frac{(OD_i - OD_f)}{Rt \times VST} \quad (1)$$

onde  $A_m$  é a atividade do microrganismo que corresponde à respiração exógena pela oxidação do substrato;  $OD_i$  e  $OD_f$  são os valores inicial e final do oxigênio dissolvido;  $Rt$  é o tempo de reação de consumo de oxigênio em minutos e  $VST$  é o volume dos sólidos totais recolhidos durante meia hora em 1,00 litro de lodo.

A execução da técnica da medição de atividade segue os seguintes passos:

- a) inicia-se com um OD original
- b) injeta-se uma quantidade de cloreto de amônio ao meio
- c) registra-se o consumo de OD por 20 minutos
- d) restaura-se o OD original
- e) adiciona-se uma quantidade de efluente
- f) registra-se o consumo de OD
- g) restaura-se o OD original
- h) adiciona-se a mesma quantidade de cloreto de amônio como no item a
- i) registra-se o consumo de OD

Os sinais de toxicidade se mostram quando há redução ou ausência de consumo de oxigênio por parte dos microrganismos. A equação da toxicidade é dada por:

$$\% \text{ de inibição} = \frac{A_{m1} - A_{m2}}{A_{m1}} \times 100 \quad (2)$$

Sendo  $A_{m1}$  a taxa de respiração exógena, isto é, aquela utilizada na oxidação do substrato antes da adição do efluente na amostra;  $A_{m2}$  a taxa de respiração exógena após a adição do efluente na amostra.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 mostra os resultados de distribuição do VST, volume total de sólidos medida em litros de sólidos por litro de lodo, para cada zona do reator considerado nesta pesquisa:

**Tabela 1** - Distribuição do Volume de Sólidos Totais (VST em L/L) por Zona, por Pontos de Amostragem e por Profundidade

Zona	Pontos	VST [L/L]	
		B	C
ZEE	1	*0,40	*0,17
	2	*0,39	0,26
	10	0,27	0,28
	11	0,28	0,26
ZI	3	0,25	0,25
	9	0,26	0,27
ZSE	4	0,25	0,26
	5	0,24	0,25
	6	*0,67	0,26
	7	*0,35	0,27
	8	0,24	0,25

Observa-se que na zona ZEE existem concentrações baixas (0,17 L/L) e altas (0,40L/L) de Volume de Sólidos Suspensos; na zona ZI as concentrações são uniformes (0,24 - 0,28L/L) e na zona ZSE, no ponto 6, quase triplicou-se o volume da concentração de lodo (0,67 L/L) e um aumento no ponto 7 (0,35 L/L) , mantendo-se concentrações uniformes nos outros pontos.

Na zona ZEE tomaram-se 2 exemplos dados nos gráficos das Figuras 2 e 3, os pontos 1B e 1C, mostrando nestes dois pontos o aumento do VST (0,40) e num outro ponto a diminuição do VST(0,17) com uma queda na inibição da atividade para 22% e um aumento de inibição (100%) para o valor baixo de VST.

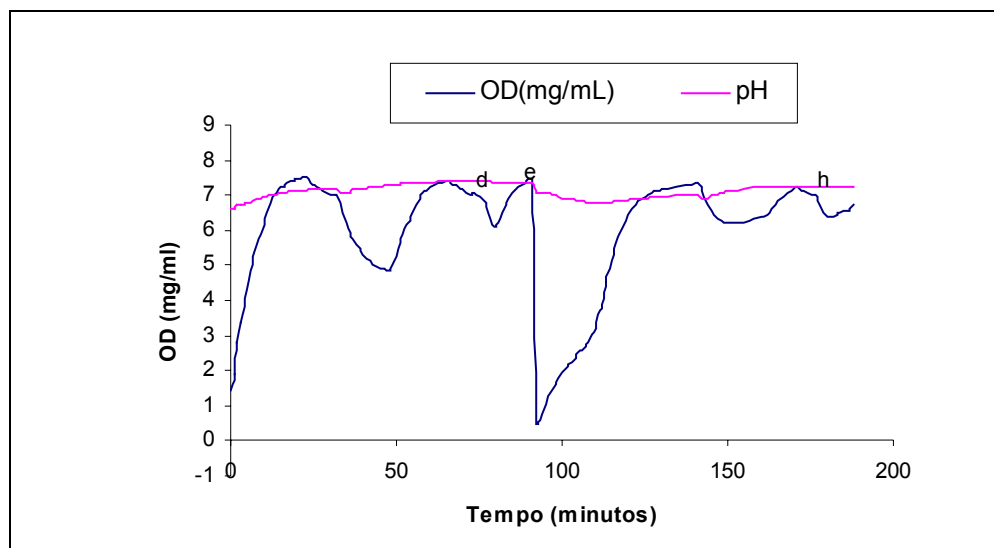
Pontos na zona ZI onde existem valores constantes do VST (0,25) com valores de inibição 100% não foram mostrados em gráfico, pois os gráficos se sobrepõem com os valores de 100% de inibição. Porém os dados todos estão resumidos na Tabela 5 com os valores das atividades e dos VST.

O terceiro exemplo do gráfico da Figura 3 foi tirado da zona ZEE em que o valor de VST triplicou para 0,67L/L e a atividade nitrificante aumentou em 55%.

#### ZONA DE ENTRADA DE EFLUENTE (ZEE)

##### Ponto 1B

O gráfico da Figura 2 mostra a atividade dos nitrificantes no ponto 1B, utilizando cloreto de amônio (0,26 mg), como substrato e adição de 20,00 mL do efluente à amostra, com inibição de apenas 22% dos nitrificantes.



**Figura 2 – Avaliação da Atividade no Ponto 1B.**

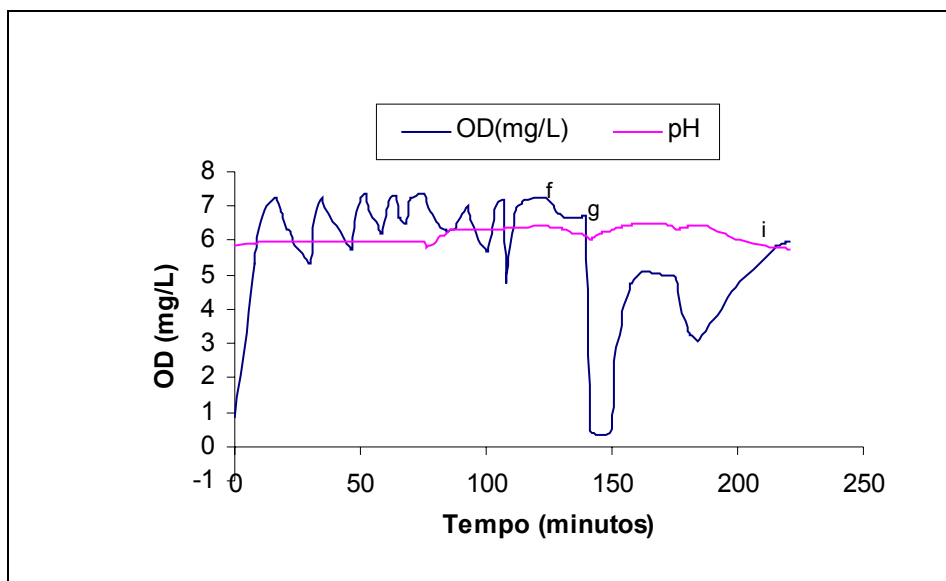
Com a amostra do ponto 1B determinou-se o VST cujo valor foi de 0,40 L/L. No ponto d do gráfico foi adicionado 0,26 mg de cloreto de amônio cuja atividade  $A_2$  foi de 0,41mg/L-min, conforme Tabela 1. No ponto e do gráfico foram adicionados 20,00 mL de efluente e no ponto h do gráfico foi adicionado 0,26 mg de cloreto de amônio cuja atividade  $A'_2$  foi de 0,32 mg/L-min, conforme a Tabela 1 a inibição dos nitrificantes foi de somente 22%.

**Tabela 2 – Atividade dos microorganismos no ponto 1B.**

	t min	75	76	77	78	79	80
d	OD mg/L	7,0	6,9	6,8	6,5	6,2	6,1
	t min	176	177	178	179	180	181
h	OD mg/L	7,0	6,9	6,7	6,5	6,4	6,4

### Ponto 1C

Na Figura 3 obteve-se a atividade dos nitrificantes no ponto 1C, usando cloreto de amônio (0,26 mg) como substrato e adicionando 20,00 mL de efluente à amostra, obtendo uma inibição de 100% por parte dos nitrificantes.



**Figura 3 – Avaliação da Atividade no Ponto 1C.**

Com a amostra do ponto 1C, determinou-se o VST que foi de 0,17 L/L. No ponto f do gráfico adicionou-se 0,26 mg de cloreto de amônio como substrato e determinou-se a atividade  $A_2$  que foi de 0,43 mg/L-min conforme Tabela 3. No ponto g do gráfico adicionaram-se 20,00 mL do efluente e no ponto i do gráfico adicionou-se 0,26 mg de cloreto de amônio, não obtendo resposta de atividade por parte dos nitrificantes.

**Tabela 3 – Atividade dos microorganismos no ponto 1C.**

f	t min	123	124	125	126	127	128	129	130	131
	OD mg/L		7,2	7,1	7,1	7,0	6,9	6,8	6,7	6,7

## ZONA DE SAÍDA DE EFLUENTE (ZSE)

### Ponto 6B

Na Figura 4, avaliou-se a atividade no ponto 6B, utilizando cloreto de amônio (0,26 mg) como substrato e determinando a atividade das bactérias nitrificantes após adição de 20,00 mL de efluente, com 55% de aumento de atividade nitrificante, após a adição do efluente.

Uma amostra do ponto 6B foi coletada e determinada o seu VST cujo valor foi de 0,67 L/L. De acordo com a figura 4, no ponto b do gráfico, adicionou-se 0,26 mg de cloreto de amônio e determinou-se a atividade  $A_2$  que foi de 0,13 mg/L-min. Adicionaram-se 20,00 mL do efluente no ponto c do gráfico e no ponto d adicionou-se 0,26 mg de cloreto de amônio cuja atividade  $A'_2$  foi de 0,29 mg/L-min. Aqui os valores de atividade e VST duplicaram, indicando que há uma franca recuperação de nitrificantes no Reator Biológico.

Os valores de tempo e oxigênio dissolvido nas reações de atividade se acham na Tabela 4.

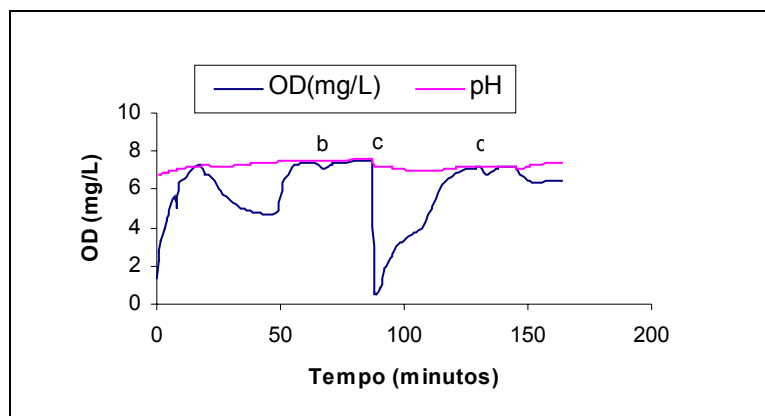


Figura 4 – Avaliação da Atividade no Ponto 6B.

Tabela 4 – Atividade dos microorganismos no ponto 6B.

b	t min	63	64	65	66	67
	OD mg/L	7,4	7,4	7,3	7,2	7,1
d	t min	134	136	138	140	144
	OD mg/L	7,2	7,0	6,7	6,5	6,4

Tabela 5 - Resumo das Atividades e dos Volumes dos Sólidos Totais por Zona

Zona (ZEE)								
Ponto	Prof.	VST L/L	NH4 mg	A <sub>2</sub> mg/L-min	TK-01 mL	A' <sub>2</sub> mg/L-min	Nitrificantes	
							% Inibição	% Aumento
11	B	0,28	0,53	0,76	20	s/r	100	
	C	0,26	0,53	1,06	20	s/r	100	
10	B	0,27	0,53	0,78	20	s/r	100	
	C*	0,28	0,26	0,88	10	0,13	85	
1	B*	0,40	0,26	0,41	20	0,32	22	
	C	0,27	0,53	0,43	20	s/r	100	
2	B*	0,39	0,26	0,31	20	0,08	74	
	C	0,26	0,53	1,05	20	s/r	100	
Zona (ZI)								
Ponto	Prof.	VST L/L	NH4 mg	A <sub>2</sub> mg/L-min	TK-01 mL	A' <sub>2</sub> mg/L-min	Nitrificantes	
							% Inibição	% Aumento
9	B	0,26	0,15	s/r	20		inib. Total	
	C	0,27	0,26	1,37	1	s/r	100	
3	B	0,25	0,26	1,02	20	0,086	93	
	C	0,25	0,26	0,89	20	s/r	100	
Zona (ZSE)								
Ponto	Prof.	VST L/L	NH4 mg	A <sub>2</sub> mg/L-min	TK-01 mL	A' <sub>2</sub> mg/L-min	Nitrificantes	
							% Inibição	% Aumento
8	*B	0,24	0,53	1,45	20	0,13	91	
	C	0,25	0,26	0,89	20	s/r	100	
7	B	0,35	0,26	0,63	20	0,24	33	
	C	0,27	0,26	1,53	1	s/r	inib. Total	
6	*B	0,67	0,26	0,13	20	0,29		55
	C	0,26	0,26	0,82	2	s/r	100	
5	B	0,24	0,53	1,20	20	0,12	90	
	C	0,25	0,26	1,32	2	s/r	100	
4	B	0,25	0,53	1,03	20	s/r	100	
	C	0,26	0,26	1,20	2	0,13	89	

Os resultados deste trabalho são provenientes de uma metodologia nova, testada e publicada como parte da tese de doutorado de Paulinyi<sup>(6)</sup> que difere da respirometria usada por Ros<sup>(7)</sup> ou de qualquer outra metodologia baseada em respirômetros, tais como o Método de Emde,<sup>(8)</sup> o Método de Eckenfelder<sup>(9)</sup> ou o Método de Kayser.<sup>(10)</sup>

A técnica usada por Ros avalia o DBO de um dia, com um respirômetro que determina o consumo de oxigênio do tanque de 50L montado em laboratório, o que o autor chama de  $DBO_R$ , com uma adição contínua do efluente por meio de uma bomba, e ar comprimido adicionado ao tanque e controlado por meio de um medidor de vazão.

A técnica desenvolvida por Paulinyi revela a atividade dos microrganismos existentes no lodo ativado da coqueria testando substratos que são sensíveis a cada microrganismo em 1L de lodo ativado. Esta atividade pode ser avaliada de 60 a 100 minutos por meio do consumo de oxigênio das bactérias ao mineralizarem os substratos adicionados ao lodo ativado. É uma técnica muito mais rápida, segura e simples e pode ser testada em efluentes não somente industriais mas também em efluentes domésticos. Não requer conhecimentos sobre a velocidade de fluxo do efluente no reator biológico ( $m^3/dia$ ), o volume do Reator Biológico ( $m^3$ ), a taxa de respiração específica do lodo ativado ( $kg/kg.dia$ ), a quantidade de sólidos suspensos voláteis do lodo ativado ( $kg/m^3$ ). Precisa-se tão somente ter substratos para serem adicionados à amostra de lodo e um oxímetro para medir o consumo de oxigênio do reator.

#### **4 CONCLUSÕES**

As conclusões da presente pesquisa são as seguintes:

As experiências realizadas neste trabalho demonstram que o lodo industrial tem bactérias nitrificantes que oxidam os sais amoniacais,

1. o consumo de oxigênio dissolvido foi facilmente detectável pelo oxímetro, somente quando o substrato usado para a oxidação da amônia pelos nitrificantes foi o cloreto de amônio,
2. na zona de entrada do efluente, embora esperados valores de 100% de inibição, existem pontos com inibições baixas até de 22% que correspondem a valores elevados de VST,
3. nas outras regiões existem também valores baixos de inibição como esperado,
4. na saída do efluente existe um aumento significativo na atividade dos microrganismos nitrificantes aparentemente relacionada com o aumento do VST,
5. existe uma franca recuperação das atividades bacterianas somente na região de saída dos efluentes do reator biológico.

#### **Agradecimentos**

À Companhia Siderúrgica de Tubarão (CST) pela disponibilidade técnica e financeira para o desenvolvimento deste trabalho.



## REFERÊNCIAS

- 1 HOCKENBURY, M.R., GRADY Jr., C.P.L. Inhibition of nitrification - effects of selected organic compounds. **Journal of Water Pollution Control Federation**, p.768 -777, may. 1977.
- 2 BECCARI, M.; PASSINO, R.; RAMADORI, R.; TANDOI, V. Inhibitory effects on nitrification by typical compounds in coke plant wastewaters. **Environmental Technology Letters**, v.1, p.245-252, 1980.
- 3 PANDEY, R.A.; PARHAD, N.M.; KUMARAN, P. Biological treatment of low temperature carbonization wastewater by activated sludge process - a case study. **Water Research**. v.25, n.12, p.1555-1564, 1991.
- 4 HERRICKS, E.E.; RITTMANN, B.E.; GRADY. Jr.; PASCOE, D.; SOMLYÓDY, L.; FLEIT, E.; OLAH, J.; van der GAAG, M.; van de GUCHTE, C.; VERSTRAETE, W.; DRIES, D.; SCHOWANEK, D. Advancements in toxicity testing applied to design and control of biological processes. **Water Science and Technology**. v.23, Kyoto, p.271-282, 1991.
- 5 PAULINYI, H.M., VILLEGAS, E.A. Evaluation of microbiological activities in biological reactors processing coke oven wastes. **Proceedings of the International Disaster Reduction Conference**, Davos, Switzerland, august 27th - september 1st, v.1, short abstracts, p.132; v.2; extended abstracts, p.420-421, 2006.
- 6 PAULINYI, H.M. Otimização Tecnológica de Estações de Tratamento Biológico (ETB) de Águas Residuárias de Coqueria. Tese de Doutorado. Engenharia de Minas e Metalurgia. UFMG, Maio de 2005.
- 7 ROS, M, DULAR, M., FARKAS, P.A Measurement of respiration of activated sludge, **Water Research**, v. 22, (11), p.1405-1411, 1988.
- 8 EMDE, W. Modern use of activated sludge processes at wastewater treatment of domestic and industry wastewater (in Serbian), **University of Sarajevo**, Faculty of Constructions and Institute for Hydrotechnics of Sarajevo, Sarajevo, 1973.
- 9 ECKENFELDER, W.W. Scale-up of biological wastewater treatment reactors, **Advanced Biochemistry and Engineering**, v. 2, p.146-180, 1972.
- 10 KAYSER, R. Measurement of oxygen transfer in clean water and under process conditions, **Progress in Water Technology**, v. 11, p. 23-36, 1979.