

## **II-075 - AVALIAÇÃO DA DQO INERTE SOLÚVEL DE LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO COM USO DE BIOMASSA FÚNGICA E BACTERIANA**

**Gabriela Cristina Barbosa Brito<sup>(1)</sup>**

Bacharel em Biologia e Pós-graduada em Gestão Ambiental pelo Centro Universitário UNA. Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Analista Ambiental da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento de Minas Gerais (SEMAD- MG).

**Míriam Cristina Santos Amaral<sup>(2)</sup>**

Engenheira Química, Doutora em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos pela Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Profª. do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) em Belo Horizonte, MG, Brasil.

**Lisete Celina Lange<sup>(3)</sup>**

Química, Doutora em Tecnologia Ambiental pela Universidade de Londres - Inglaterra. Profª. do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) em Belo Horizonte, MG, Brasil.

**Rafael Campos Ávila<sup>(4)</sup>**

Graduando em Engenharia Ambiental, Bolsista no Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, MG, Brasil.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Delegado Paulo Olegário, 21 - Ipê - Belo Horizonte - MG - CEP: 31930-055 - Brasil - Tel: (31) 91585857 - e-mail: gabrielacbrito@gmail.com

### **RESUMO**

A caracterização da matéria orgânica de lixiviados de aterros sanitários é uma ferramenta que pode subsidiar na escolha de projetos de sistemas de tratamento, bem como auxiliar na avaliação da eficiência do processo. A avaliação e quantificação da fração de DQO inerte podem demonstrar as limitações de um determinado efluente ao tratamento biológico. Além disto, esta fração pode ser variável de acordo com a biomassa microbiana escolhida para o tratamento. Este trabalho tem como objetivo determinar e comparar a fração de DQO inerte solúvel presente em lixiviados de aterro sanitário, sob condições aeróbias, com uso de biomassa fúngica e bacteriana. Foi realizada a caracterização físico-química do lixiviado após remoção de amônia por *air stripping* de um aterro sanitário em operação desde 2007. As frações de DQO inerte aeróbia do lixiviado, com uso de biomassa fúngica e bacteriana, foram determinadas pelo método proposto por Germirli *et al.* (1991) modificado. A biomassa bacteriana utilizada foi proveniente do lodo de uma Estação de Tratamento de Esgotos de Belo Horizonte. Já a biomassa fúngica foi originada do lodo de um biorreator com membranas (BRM) para tratamento de lixiviado, o qual foi inicialmente inoculado com a levedura *Saccharomyces cerevisiae*. Apesar de ser proveniente de um aterro novo, o lixiviado originado apresentou características compatíveis aos lixiviados de aterros em estado avançado de estabilização. Os resultados obtidos indicaram que a fração de matéria orgânica inerte do lixiviado pode ser variável de acordo com o grupo microbiano. O ensaio realizado com o lodo bacteriano resultou em torno de 13% a mais de fração de DQO inerte, em relação aos ensaios realizados com o lodo fúngico. O que demonstra a maior capacidade de degradação dos fungos dos compostos presentes no lixiviado.

**PALAVRAS-CHAVE:** DQO Inerte, caracterização, Lixiviado, Fungos.

### **INTRODUÇÃO**

Os lixiviados de aterros sanitários apresentam alto potencial poluidor, podendo causar efeitos prejudiciais ao solo, às águas superficiais e subterrâneas, o que o torna foco de intensa preocupação ambiental. O monitoramento contínuo dos aterros, bem como sistemas de tratamento de lixiviado eficazes são fundamentais para a proteção à saúde humana e ao meio ambiente.

A caracterização da matéria orgânica de lixiviados de aterros sanitários é uma ferramenta que pode subsidiar na escolha de projetos de sistemas de tratamento, bem como auxiliar na avaliação da eficiência do processo. A

DQO e a DBO são os parâmetros coletivos mais amplamente utilizados para avaliação da matéria orgânica dos lixiviados de aterros sanitários.

Embora a DQO seja preferida por prover um balanço de elétrons e energia entre o substrato orgânico, biomassa e oxigênio utilizado, ela não diferencia a matéria orgânica biodegradável da inerte, nem mesmo a matéria orgânica presente no afluente daquela produzida pelo sistema de tratamento biológico (AMARAL *et al.*, 2007).

A avaliação e quantificação da fração de DQO inerte podem demonstrar as limitações de um determinado efluente ao tratamento biológico. Além disto, esta fração pode ser variável de acordo com a biomassa microbiana escolhida para o tratamento. Desta forma, se a fração de DQO inerte a processos aeróbios e anaeróbios, para um determinado lodo microbiano, for elevada, é um indicativo de que sistemas de tratamento biológico, que utilizam este lodo, apresentarão baixas eficiências de remoção de matéria orgânica.

A fração de material inerte solúvel (SI) e particulada (XI) passa pelo sistema de tratamento inalterada. Por sua vez, a fração de produtos metabólicos residuais solúveis ( $S_p$ ) e particulada ( $X_p$ ) que são gerados durante o processo metabólico pode constituir fração significativa do efluente de sistemas de tratamento biológico (GERMIRLI *et al.*, 1991). Segundo Barker e Stuckey (1999), estes produtos microbianos solúveis (SMP) residuais são liberados no meio por diversos fatores, que podem estar associados aos mecanismos de crescimento e/ou decaimento microbiano, provavelmente ambos ocorrendo ao mesmo tempo, mas um predominando sob o outro, dependendo da idade do lodo, relação alimento/microrganismo e concentração de biomassa adotadas para a operação do sistema (AQUINO, 2003).

A literatura demonstra alguns métodos para a determinação da fração de DQO inerte, destacando Orhon *et al.* (1989) e Germirli *et al.* (1991), bem como os desdobramentos de seus trabalhos como, Orhon *et al.* (1994, 1997, 1999) e Germirli *et al.* (1993, 1998). Segundo Amaral (2007), a desvantagem do método proposto por Orhon *et al.* (1989) é a dificuldade operacional, uma vez que envolve o monitoramento de uma série de reatores com diferentes valores de concentração inicial de substrato facilmente biodegradável.

O método proposto por Germirli *et al.* (1991) é mais simples e consiste de monitorar dois reatores em paralelo inoculados com a mesma DQO inicial, um alimentado com o efluente em questão e outro com glicose. Assumindo que a fração de DQO inerte da glicose é nula, a DQO inerte do efluente é a diferença da DQO residual do efluente ( $SRt_{efl}$ ) e da solução de glicose no final do experimento ( $SRt_{gl}$ ), em que a atividade biológica já foi encerrada, conforme apresentado pelas equações abaixo:

$$SRt_{efl} = S_I + S_p \quad (1)$$

$$SRt_{gl} = S_p \quad (2)$$

$$S_I = SRt_{efl} - SRt_{gl} \quad (3)$$

Germirli *et al.* (1991) testou este método com o mesmo efluente com diferentes diluições, e os resultados obtidos indicaram que todos os testes apresentaram a mesma quantidade de DQO inerte, porém com diferentes tempos de incubação. Para Amaral (2007) a principal vantagem deste método é a praticidade operacional, no entanto, está sujeito a problemas de adaptação da cultura microbiológica.

Este trabalho tem como objetivo determinar e comparar a fração de DQO inerte solúvel presente em lixiviados de aterro sanitário, sob condições aeróbias, com uso de biomassa fúngica e bacteriana. A literatura demonstra que o lodo bacteriano, comumente utilizado nos processos de tratamento biológicos, apresenta limitações para a degradação dos compostos recalcitrantes do lixiviado (KURNIAWAN *et al.*, 2010). Desta forma, a utilização de outros grupos de microrganismos pode apresentar resultados diferentes. Os fungos e leveduras apresentam alta capacidade de quebra e assimilação de poluentes de difícil degradação (HARMS *et al.* 2011).

## MATERIAIS E MÉTODOS

### AMOSTRAGEM

As amostras de lixiviado utilizadas para a realização dos estudos foram coletadas do reservatório de lixiviado de um Aterro Sanitário em operação desde 2007, localizado em um município vizinho de Belo Horizonte – MG. As amostras foram submetidas ao tratamento de remoção de amônia por *air stripping* realizado no

laboratório de tratamento de resíduos sólidos do departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - Escola de Engenharia/ UFMG. Atualmente, o aterro recebe cerca de 3.580 t por dia de resíduos sólidos urbanos (SLU/PBH, 2012), gerados por uma população de aproximadamente 2,3 milhões de habitantes (IBGE, 2010).

## CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO LIXIVIADO

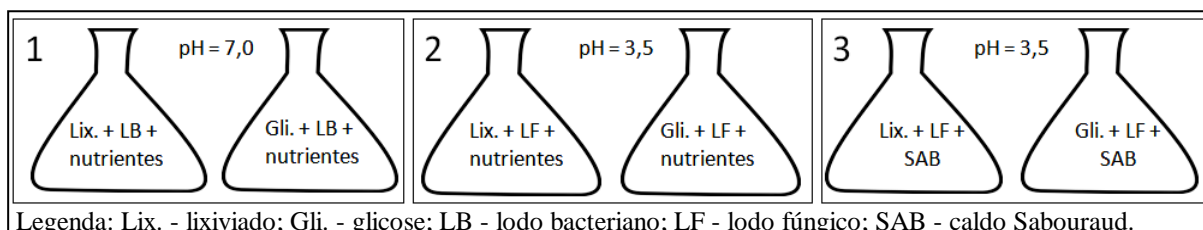
Foi realizada uma caracterização físico-química prévia das amostras selecionadas, devido à grande variabilidade de composição do lixiviado. Foram selecionados os seguintes parâmetros para a caracterização dos lixiviados: DQO, DBO, cor, pH, substâncias húmicas, alcalinidade, cloretos, sólidos totais, nitrogênio total e nitrogênio amoniacal. As análises de DQO, DBO, pH, alcalinidade, cloretos, sólidos totais e nitrogênio amoniacal foram realizadas em conformidade com as recomendações do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005) – métodos 5220, 5210, 4500-H<sup>+</sup>, 2320, 4500-Cl, 2540, 4500-NH<sub>3</sub>, respectivamente. Os parâmetros cor e nitrogênio total foram analisados através dos equipamentos Espectrofotômetro Hach DR 2800 e Analisador de NT Shimadzu TNM-1. A concentração de substâncias húmicas foi analisada por meio da metodologia de Lowry *et al.* (1951) modificada (FROLUND *et al.*, 1995). Todos os experimentos foram desenvolvidos nos laboratórios do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - Escola de Engenharia/ UFMG.

## TESTE DE DQO INERTE

As frações de DQO inerte aeróbia do lixiviado, com uso de biomassa fúngica e bacteriana, foram determinadas pelo método proposto por Germirli *et al.* (1991) modificado.

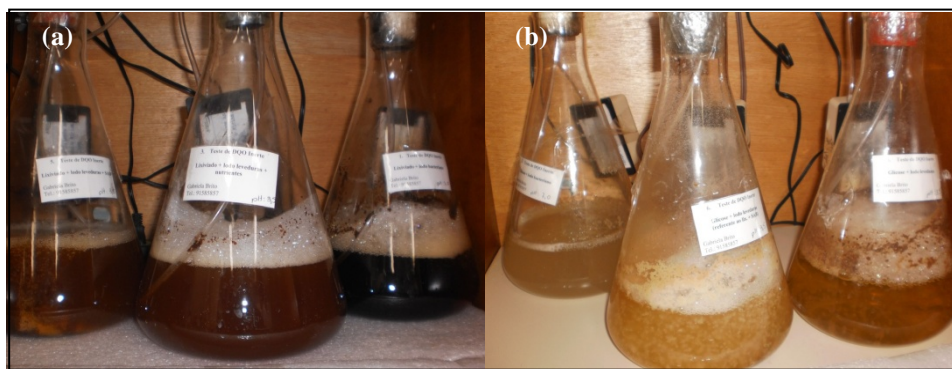
A biomassa bacteriana utilizada foi proveniente do lodo de retorno do sistema de lodos ativados convencional da Estação de Tratamento de Esgotos Arrudas de Belo Horizonte. Já a biomassa fúngica foi originada do lodo do tanque biológico de um biorreator com membranas (BRM) para tratamento de lixiviado, o qual foi inicialmente inoculado com a levedura *Saccharomyces cerevisiae*. No entanto, ao longo da operação do BRM foi verificada também uma grande presença de fungos filamentosos na caracterização do lodo.

Foram realizados três ensaios (fig. 1), em cada ensaio foram utilizados dois reatores de 2L em batelada, um alimentado com o lixiviado de concentração de DQO conhecida e o outro com solução de glicose com concentração equivalente ao lixiviado, sob as mesmas condições. Todos os seis reatores foram inoculados com 100 mg/L de lodo e mantidos sob aeração constante. O ensaio 1 foi com o lodo bacteriano, onde o pH foi mantido em torno de 7,0, e os ensaios 2 e 3 foram com o lodo do BRM, e o pH foi mantido cerca de 3,5. Os reatores do ensaio 1 e do ensaio 2 foram incrementados com uma dosagem de 2 ml de cada um dos nutrientes empregados na análise de DBO (CaCl<sub>2</sub>, FeCl<sub>3</sub>.7H<sub>2</sub>O, MgSO<sub>4</sub>) e tampão fosfato preparados em conformidade com o método de DBO (APHA, 2005). Já os reatores do ensaio 3 foram incrementados com 200 mg/L de Caldo Sabouraud (10g/L de peptona especial e 20 g/L de dextrose), meio de cultura indicado para cultivo de leveduras, bolores e microrganismos acidúricos.



**Figura 1: Desenho esquemático dos ensaios de DQO inerte.**

Na figura 2 é apresentada uma foto do aparato experimental empregado na avaliação da DQO inerte.



**Figura 2: Foto do aparato experimental do teste de DQO Inerte.**

Nota: (a) - reatores com lixiviado dos ensaios 2, 3 e 1 (da esquerda para a direita). (b) - reatores com glicose dos ensaios 1, 3 e 2 (da esquerda para a direita).

Ambos os reatores foram monitorados utilizando-se os parâmetros pH e DQO solúvel até que a atividade biológica fosse encerrada, determinada quando a concentração de DQO ficasse estável ou após 28 dias.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO LIXIVIADO

Na Tabela 1 são apresentados os valores obtidos dos parâmetros de caracterização do lixiviado.

**Tabela 1: Caracterização do lixiviado**

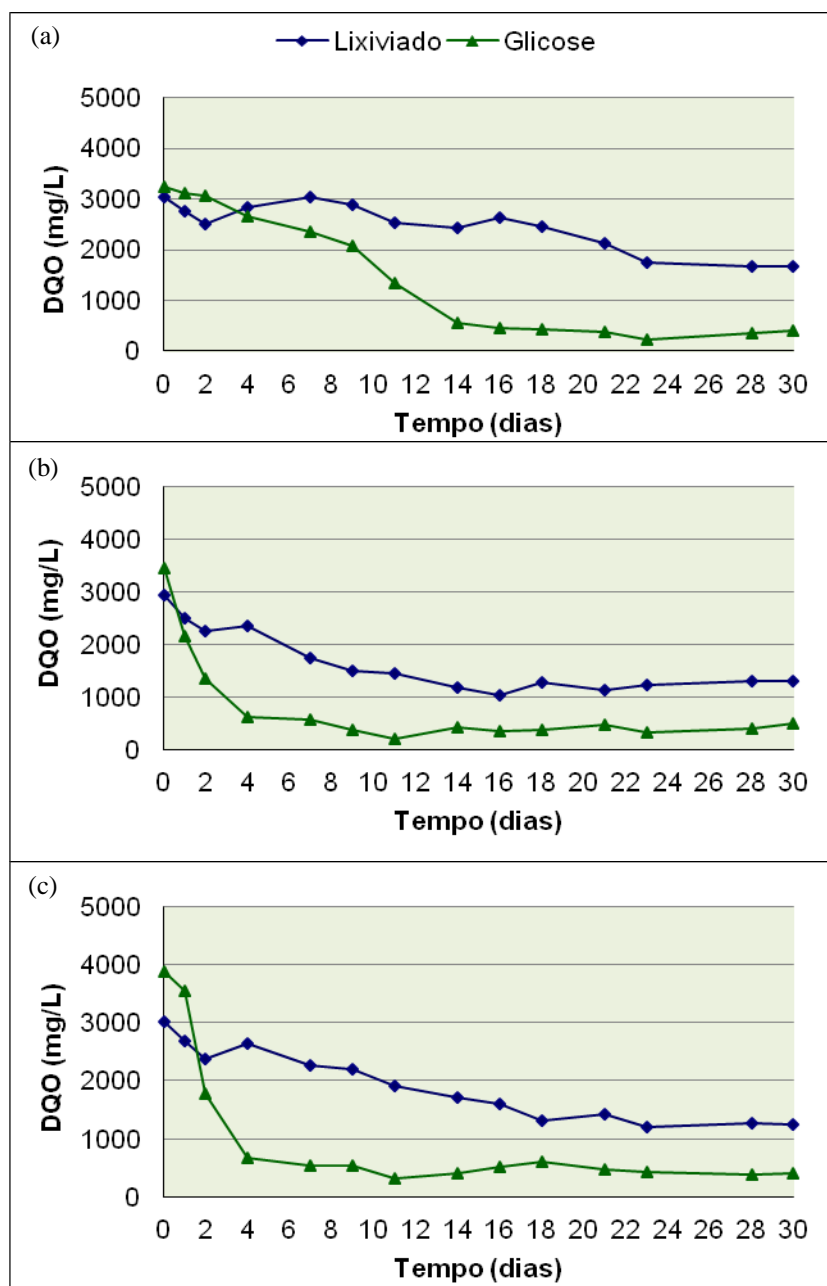
Parâmetros	Valores médios	
	Lixiviado Bruto	Lixiviado pós-stripping de amônia
DQO (mg/L)	3605	4210
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	386	-
DBO <sub>5</sub> /DQO	0,09	-
Cor (uH)	1804	2086
pH	8,51	7,78
Subst. húmicas (mg/L)	2078	-
Nitrogênio total (mg/L)	1810	-
Nitrogênio amoniacal (mg/L)	1311	569
Cloretos (mg/L)	2463	-
Sólidos totais (g/L)	8,5	-
Sólidos em suspensão totais (mg/L)	67	-

Como pode ser observado, apesar de ser proveniente de um aterro novo, o lixiviado originado apresenta características compatíveis aos lixiviados de aterros em estado avançado de estabilização, destacando os baixos valores de DBO<sub>5</sub>/DQO, que indicam baixa biodegradabilidade do lixiviado. Destaca-se também, a alta concentração de substâncias húmicas, o que demonstra uma elevada recalcitrância do lixiviado, corroborando com a baixa biodegradabilidade.

Também observa-se, uma alta concentração de nitrogênio amoniacal no lixiviado bruto. Entretanto, segundo Souto e Povinelli (2007) em lixiviados de aterros sanitários brasileiros, a faixa mais provável de concentração de nitrogênio amoniacal pode variar de 0,4 a 1800 mg/L. A opção pela utilização do lixiviado pós-remoção de amônia por *air stripping* foi devido ao alto potencial de toxicidade deste composto.

## DQO INERTE

Na Figura 3 são apresentados os valores de DQO solúvel obtidos durante o período de monitoramento.



**Figura 3: Perfil da DQO solúvel. (a) Ensaio 1 (b) Ensaio 2 (c) Ensaio 3.**

Nota-se ocorrências de decaimento e lise celular nos reatores de lixiviado dos três ensaios, uma vez que foi observado um aumento nos valores de DQO solúvel em determinados momentos. O ensaio bacteriano (ensaio 1) apresentou um maior aumento de DQO (528 mg/L), em relação aos ensaios fúngicos (ensaio 2: 112 mg/L; ensaio 3: 273 mg/L), no início da incubação (aproximadamente no 4º dia). Como o lodo fúngico foi previamente aclimatado ao lixiviado no BRM, possivelmente ele se adaptou melhor aos compostos presentes no lixiviado, o que propiciou menos condições adversas e resultou em baixa taxa de lise celular nos reatores com biomassa fúngica. Também nos três reatores, houve outro aumento de DQO no meio do período de incubação (entre o 16º e 18º dia).



Além disto, os reatores com solução de glicose tiveram leves ocorrências de elevação da DQO, uma vez que não havia condições adversas para os dois lodos nestes ambientes. Apesar disto, houve liberação de SMP nestes reatores, provavelmente decorrentes de mecanismos associados à utilização de substratos e ao crescimento microbiano.

Na Tabela 2 é apresentado o resumo dos resultados obtidos dos três ensaios.

**Tabela 2: Resultado dos três ensaios**

Parâmetro	Valores obtidos		
	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3
DQO inicial Lixiviado (mg/L)	3027	2941	3027
DQO final Lixiviado (mg/L)	1666	1312	1262
DQO final Glicose (mg/L)	353	404	379
DQO inerte (mg/L)	1312	909	883
DQO inerte (%)	43,4	30,9	29,2

Como pode ser observado, o lixiviado apresenta menores frações de DQO inerte, sob condições aeróbias, para os ensaios com o lodo fúngico (ensaios 1 e 2). Apesar do lodo fúngico ter sido previamente aclimatado ao lixiviado no BRM, a literatura demonstra que fungos em geral (leveduras e fungos filamentosos) apresentam alta capacidade de quebra e assimilação de poluentes de difícil degradação (HARMS *et al.*, 2011).

Segundo Raspor e Jure (2005) e Harms *et al.* (2011), os gêneros de leveduras *Saccharomyces*, *Candida*, *Rhodotorula*, *Pichia*, *Yarrowia* e *Hansenula*, entre outros, são relatados como capazes de degradar compostos orgânicos complexos, de difícil degradação como fenóis, petróleo bruto, benzenos, HPAs, Trinitrotolueno (TnT), etc. Os gêneros de fungos filamentosos *Penicillium*, *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Phanerochaete*, *Fusarium*, entre outros, também são conhecidos pela capacidade de degradação destes compostos, além de outros, como pesticidas, corantes têxteis, etc. (HARMS *et al.*, 2011). Possivelmente, o lodo fúngico conseguiu degradar alguns compostos recalcitrantes do lixiviado, para os quais o lodo bacteriano apresenta limitações.

Além disto, Amaral (2007) ao investigar a influência da aclimação no teste de DQO inerte (Germirli *et al.*, 1991) de lixiviados de aterro sanitário, com o lodo convencional, verificou que a aclimação prévia do lodo não é necessária, uma vez que a diferença entre os valores finais da DQO obtidos dos ensaios com e sem aclimação, é relativamente pequena. Além do mais, como a quantidade de inóculo é pequena e o tempo de ensaio é longo, a adaptação ocorre durante o próprio teste. Sendo assim, o fato do lodo bacteriano não ter sido aclimatado, ao contrário do lodo fúngico, não mascara os resultados obtidos, e uma comparação equivalente dos três ensaios pode ser feita.

Amaral *et al.* (2007) avaliaram a DQO inerte solúvel do lixiviado do Aterro Sanitário de Belo Horizonte, sob condições aeróbias e anaeróbias. O método utilizado foi o proposto por Orhon *et al.* (1989) e o lodo inoculado foi proveniente da ETE Arrudas de Belo Horizonte. Os resultados indicaram que o lixiviado apresentou fração de DQO inerte correspondente em média de 45% da DQO inicial sob condições aeróbias e 40% da DQO sob condições anaeróbias, o que corrobora com o resultado obtido neste trabalho para o ensaio com lodo bacteriano.

De toda forma, pode-se dizer, que o lixiviado apresenta fração de DQO inerte de, no mínimo, cerca de 30% da DQO inicial, sob condições aeróbias, para processos que demandam a degradação microbiana. Isto justifica a baixa biodegradabilidade, representada pela baixa relação  $DBO_5/DQO$ , sugerindo que lixiviados com estas características necessitam de sistemas de tratamento que conjuguem processos biológicos com físicos e/ou químicos para uma elevada remoção orgânica.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos com a avaliação da DQO inerte para o lodo fúngico e bacteriano indicaram que a fração de matéria orgânica inerte do lixiviado pode ser variável de acordo com o grupo microbiano. O ensaio realizado com o lodo bacteriano resultou em torno de 13% a mais de fração de DQO inerte, em relação aos ensaios

realizados com o lodo fúngico. O que demonstra a maior capacidade de degradação dos fungos dos compostos presentes no lixiviado. No entanto, mesmo para este grupo, a concentração de DQO inerte do lixiviado ainda é considerável. Desta forma, para alcançar alta eficiência de remoção da matéria orgânica presente em lixiviados de aterros sanitários é necessária a combinação do tratamento biológico com os processos físicos e/ou químicos.

## AGRADECIMENTOS

À FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais), ao CNPQ (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e à FINEP (Financiadora de estudos e projetos – Ministério da Ciência e Tecnologia) pela concessão de recursos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMARAL, M. C. S.; FERREIRA, C.F. A. ; LANGE, L.C. ; AQUINO, S.F. ; GONÇALVES, F.M. . Avaliação da DQO solúvel inerte a processos aeróbio e anaeróbio presente em lixiviados de aterro sanitário. In: 24<sup>a</sup> Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2007, Belo Horizonte, 2007.
2. AMARAL, M. C. S. *Caracterização de Lixiviados Empregando Parâmetros Coletivos e Identificação de Compostos*. 2007. 270p. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais (EE/UFMG), Belo Horizonte, 2007.
3. AQUINO, S. F. Caracterização da DQO efluente de sistemas de tratamento biológico. *Revista Engenharia Sanitária*, v. 8, p. 135-144, 2003.
4. BARKER, D.J. e STUCKEY, D.C. A review of soluble microbial products (SMP) in wastewater treatment systems. *Water Research*., v. 33, n. 14, p. 3063-3082, 1999.
5. GERMIRLI F.; INCE O.; ORHON D. e SIMSEK A. Assessment of the initial inert soluble COD in pulp and paper mill wastewater under anaerobic conditions. *Water Research*, v. 32, n.11, p.3490-3494, 1998.
6. GERMIRLI F.; ORHON, D.; ARTAN,N. Assessment of the initial inert soluble COD in industrial wastewaters. *Water Science and Technology*, v. 23, p. 1077-1086, 1991.
7. GERMIRLI F.; ORHON, D.; ARTAN,N.; UBAY, E.; GORGUN, E. Effect of two-stage treatment on the biological treatability of strong industrial wastes. *Water Science and Technology*, v. 28, n.2 p. 145-154, 1993.
8. HARMS, H.; SCHLOSSER, D.; WICK, L. Y. Untapped potential: exploiting fungi in bioremediation of hazardous chemicals. *Nature Reviews – Microbiology*, v. 9, p. 177-192, 2011.
9. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. *Dados do Censo 2010*. Diário Oficial da União, 2010. Disponível em: <[http://www.censo2010.ibge.gov.br/dados\\_divulgados/index.php?uf=31](http://www.censo2010.ibge.gov.br/dados_divulgados/index.php?uf=31)>. Acesso em: 23 de junho de 2012.
10. KURNIAWAN, T. A.; LO, W.; CHAN, G.; SILLANPAA, M. E. T. Biological process for treatment of landfill leachate. *Journal of Environmental Monitoring*, v. 12, p. 2032-2047, 2010.
11. ORHON, D.; ARTAN, N.; ATEŞ E. A Description of three methods for the determination of the initial inert particulate chemical oxygen demand of wastewater. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, v. 61, p. 73-80, 1994.
12. ORHON, D.; ARTAN, N.; CIMSIST.,Y. The concept of soluble residual product formation in the modelling of activated sludge. *Water Science and Technology*, v. 21, p. 339-350, 1989.
13. ORHON, D.; ÇOKGÖR, E. U. COD Fractionation in wastewater characterization: the state of the art. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, v. 68, n. 3, p. 283-293, 1997.
14. ORHON, D.; KARAHAN, Ö.; SÖZEN, S. The effect of residual microbial products on the experimental assessment of the particulate inert COD in wastewaters. *Water Research*, v. 33, n. 14, p. 3191-3203, 1999.
15. RASPOR, R. P.; JURE, Z. *Yeast in Extreme Environments*. In: ROSA, C. A. e GÁBOR, P. (Ed.). *Yeast Handbook: Biodiversity and Ecophysiology of Yeasts*. Berlin: Springer Verlag, 2005. cap. 15, p.371-418.
16. SOUTO, G. D. B.; POVINELLI, J. Características do lixiviado de aterros sanitários no Brasil. In: *Anais do 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*. Belo Horizonte, 2007.
17. SUPERINTENDÊNCIA DE LIMPEZA URBANA - Prefeitura de Belo Horizonte (SLU/PBH). Disponível em: <[portalpbh.pbh.gov.br](http://portalpbh.pbh.gov.br)> Acesso em: abril de 2012.