

# **BIOFLOTAÇÃO APLICADA A REMOÇÃO DE METAIS PESADOS DE EFLUENTES LÍQUIDOS**

**Aluno: Flávio Fernandes Molina**  
**Orientador: Mauricio Leonardo Torem**

## **Introdução**

Os metais pesados estão entre os poluentes mais ameaçadores a biota, não só por agredir a vida aquática, mas também por afetar a cadeia alimentar e, conseqüentemente, a saúde humana. O estabelecimento de normas rígidas, bem como a consciência ambiental estão apontando para a necessidade de pesquisas visando o desenvolvimento de novas tecnologias para remoção de metais pesados do ambiente.

Industrialmente o método mais empregado é a precipitação química, embora não seja suficientemente eficiente quando aplicado ao tratamento de efluentes com baixas concentrações de íons metálicos dissolvidos e muitas vezes não permita atingir os padrões exigidos pela legislação, sendo necessária a aplicação de um processo complementar para o polimento final do efluente.

Nesta segunda etapa, tecnologias de processos biossorbitivos apresentam um grande potencial na área, caracterizados pelo uso de materiais adsorvedores baratos, não tóxicos e biodegradáveis. O método de flotação em tratamento oferece varias vantagens para a separação sólido/líquido comparada com outros processos tais como filtração ou centrifugação. A flotação não é sensível à temperatura, é relativamente rápida, muito eficiente e requer um consumo relativamente baixo de energia.

Foram selecionados os metais Pb(II), Cr(III) e Cu(II) por apresentarem relevante impacto ambiental e por encontrem-se freqüentemente nos corpos receptores degradados por fontes antropogenicas. Os íons chumbo são encontrados em produtos solubilizados resultantes da decomposição parcial de materiais eletrodepositados e de baterias eletrônicas presentes em aterros sanitários e lixões. O íon cobre é resultante da decomposição parcial de produtos químicos utilizados como pesticidas e fungicidas, sendo freqüentemente encontrado no solo, e em menores concentrações em águas e nos corpos receptores de áreas agrícolas. O íon cromo é encaminhado ao ambiente através de efluentes despejados pelas indústrias químicas, pelos curtumes, pelo aço, pelo eletrorecobrimento, pelas tintas antioxidantes, podendo também entrar no sistema de água potável produto dos inibidores de oxidação nos tanques de água ou por contaminação da água subterrânea.

## **Objetivos**

O objetivo deste trabalho é dar continuidade ao processo de avaliação do microorganismo *R. Opacus* como potencial biossorbente para o tratamento de efluentes contaminados com metais tóxicos, por combinação dos processos de biossorção e a flotação por ar disperso como método de separação das fases sólido/líquido em escala de bancada. Na etapa anterior do projeto, avaliamos sua capacidade biossorbitiva, e agora, a flotação.

## **Metodologia**

Na etapa anterior deste trabalho, otimizou-se o processo de captação de Pb(II), Cr(III) e Cu(II) em solução pela biomassa *R. Opacus*, uma bactéria Gram-positiva não patogênica.

Neste trabalho, portanto, foram realizados ensaios de flotação sortiva em uma coluna de flotação feita em acrílico com as seguintes dimensões: 75 cm de comprimento e diâmetro

interno igual a 5,7 cm, constituído de cinco partes desmontáveis apresentada a seguir. A coluna foi construída de modo a permitir que alíquotas pudessem ser retiradas ao longo do ensaio.

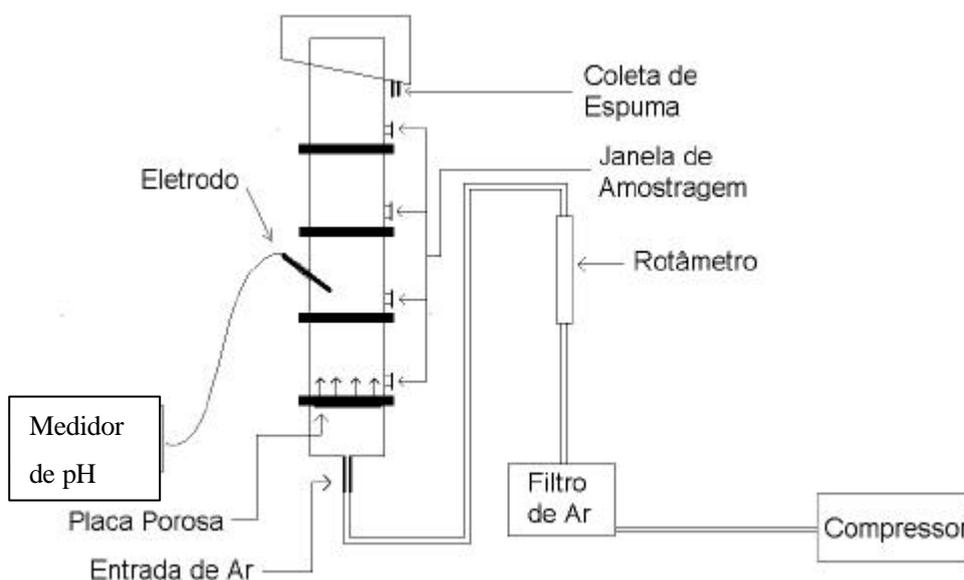


Figura 1 – Desenhos esquemático da montagem da Coluna de Flotação

Na parte superior da coluna foi adaptado um recipiente, também em acrílico, com o objetivo de suportar melhor a espuma gerada, com adaptação para drenagem da mesma.

O ar foi utilizado como fase gasosa e gerado através de um compressor. Para a geração de bolhas foi utilizada uma placa de vidro e uma placa porosa (porosidade 4/10-15  $\mu\text{m}$ ). A vazão de ar foi controlada por um rotâmetro.

Para cada ensaio, a solução teste estoque de Pb, Cr e Cu (1000 mg/L) foi preparada combinando as soluções estoque do sal do metal, biomassa e água destilada para fazer 500 ml de solução. Todas as soluções teste continham 20 mg/L de espécies metálicas (Pb, Cr e Cu). O pH da solução foi ajustado para 5,0 para os testes com Pb(II) e pH de 6,0 para os testes com Cr(III) e Cu(II), e a solução foi condicionada em um agitador magnético (marca-Fisatom) por um período de 4 horas para garantir que o processo de sorção alcance seu equilíbrio.

Inicialmente o tempo de flotação foi de 90 minutos e as alíquotas foram retiradas nos tempos de 0, 5, 10, 15, 20, 30, 60 e 90 minutos, através da janela de amostragem.

As amostras foram analisadas por Espectrometria de Absorção Atômica para verificar a concentração residual dos metais.

## Resultados

Seguindo os valores de otimização do processo de biossorção estudados previamente, são apresentadas a seguir as condições para avaliação da flotação:

Tabela 1 – Parâmetros de ensaios para avaliação da velocidade de flotação:

Parâmetro	Pb(II)	Cr(III)	Cu(II)
Vol. Solução metal (ml)	500	500	500
Conc. inicial (mg.l <sup>-1</sup> )	20	20	20
Conc. biomassa (g.l <sup>-1</sup> )	1	1	2
Vazão de ar (cm <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )	2,17	2,17	2,17
Temperatura (oC)	25±2	25±2	25±2

pH	5,0± 0.2	6,0± 0.2	6,0± 0.2
Tempo (h)	5,10,15,20,30,60,90	5,10,15,20,30,60,90	5,10,15,20,30,60,90

A remoção do metal em determinado tempo de flotação foi calculada baseando-se na concentração inicial do íon metálico, isto é:

$$R(\%) = \left(1 - \frac{C_f}{C_o}\right) \times 100$$

Onde:

C<sub>f</sub>: Concentração final do íon metálico

C<sub>o</sub>: Concentração inicial do íon metálico

R(%): Remoção da espécie metálica

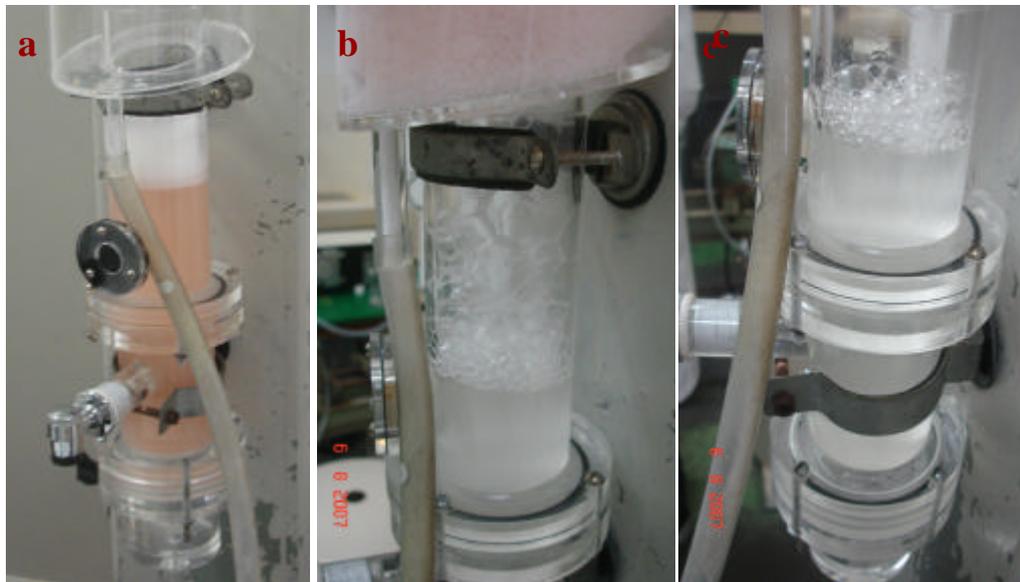


Figura 2 - Formação da espuma no processo de bioflotação de Pb(II) mediante *R.opacus*, numa coluna de flotação por ar disperso a pH 5,0, temperatura 25± 2°C, Coluna de Bioflotação de diâmetro interno 5,7 cm e comprimento 75 cm. a) Formação de espuma no início do processo. b) Formação de espuma depois dos primeiros 10 minutos de bioflotação. c) Formação de espuma no final do processo.

Na figura 3, mostra-se o efeito do tempo de flotação na separação da biomassa carregada com as espécies metálicas: Pb(II), Cr(III) e Cu(II), respectivamente, pode-se destacar que para todas as espécies metálicas estudadas a cinética do processo de flotação é muito rápida sendo atingido 86%, 50% e 43% de remoção nos primeiros 10 minutos para o Pb(II), Cr(III) e Cu(II), respectivamente; sendo obtida a maior remoção em 30 minutos (94%, 54% e 43%). Isto é uma vantagem específica do processo combinado de biossorção/bioflotação, pela rapidez da separação e relativamente menor custo, devido ao menor tempo de residência.

Esta boa remoção do metal da solução por flotação está relacionada à flotabilidade da biomassa carregada devido à presença de certas moléculas, principalmente ácidos micólicos na parede celular do *R. opacus* que dão as células propriedades hidrofóbicas, já constatada através da medida de ângulo de contato.

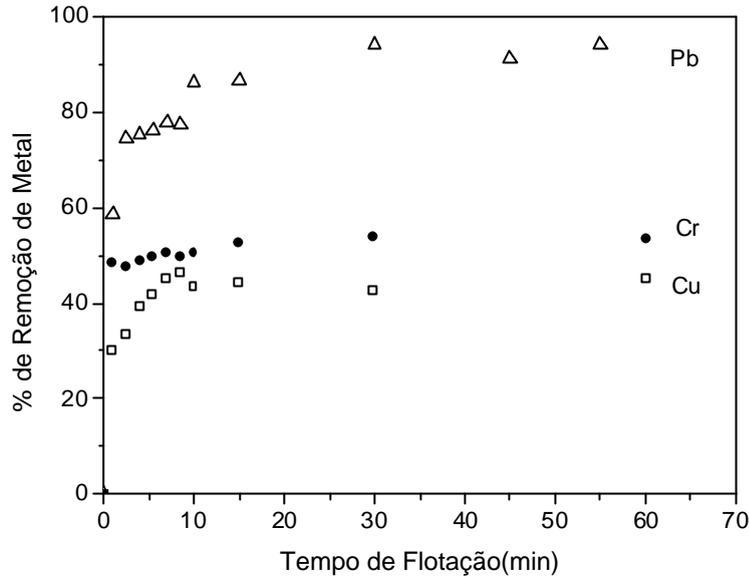


Figura 3- Influência do tempo de flotação na separação da biomassa carregada com metais por FAI. Concentração inicial dos íons metálicos: 20 mg.l-1; Concentração de biomassa: 1g.l-1; vazão:2,17 cm3.s-1.

Os ácidos micólicos são ácidos graxos com cadeias longas  $\alpha$ -ramificados e  $\beta$ -hidroxilados, com um número de átomos de carbono variando entre 22-90. No caso da espécie *R. opacus* esta faixa se encontra entre 44 e 56 átomos de carbono. Deve-se levar em consideração que quanto maior o número de átomos de carbono presentes nesta molécula, maior será a hidrofobicidade. A seguir, se apresenta a fórmula estrutural do ácido micólico. (Bell, 1998; Lang & Philp, 1998; Mesquita, 2000).

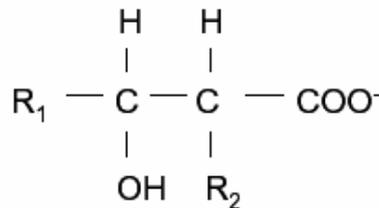


Figura 4 - Fórmula estrutural da molécula de ácido micólico presente na parede celular de *R. opacus*.

### Conclusões

Os resultados aqui apresentados mostram que *R. opacus* apresentou características importantes nos processos tanto de bioissorção estudados anteriormente como de bioflotação. Na bioflotação a biomassa se comportou como um excelente coletor, com propriedades espumantes sem haver necessidade de adição de outros reagentes, como foi observado por vários autores que estudaram a bioflotação para a remoção de metais pesados.

Pode-se destacar que para todas as espécies metálicas estudadas a cinética do processo de flotação é muito rápida sendo atingido 86%, 50% e 43% de remoção nos primeiros 10 minutos para o Pb(II), Cr(III) e Cu(II), respectivamente; sendo obtida a maior remoção em 30 minutos (94%, 54% e 43%). Isto é uma vantagem específica do processo combinado de bioissorção/bioflotação, pela rapidez da separação e relativamente menor custo, devido ao menor tempo de residência.

## **Referências**

- 1 - WASE, J; FORSTER, C. **Biosorption for Metals Íons**. Taylor&Francis. Ltd 1997.
- 2- Matis, K.A., Zouboulis, A.I. **Flotation of cádmium – loaded biomass**. Biotechnology and Bioengineering. 44, p. 354-360, 1994.
- 3 – STUMM, W; MORGAN, J.J. **Aquatic Chemistry**. 3<sup>a</sup> ed., John Wiley and Sons, New York, 1996
- 4 – TIPPING, E. **Cation Binding by Humic Substances**. Cambridge environmental chemistry series. 2002.
- 5 - Mesquita, L.M.S. Bioflotação de Hematita e Quartzito – Um Estudo de Seletividade. Tese de Doutorado, PUC-Rio, RJ, Brasil, 2000.
- 6 - Madigan, M.T.; Martinko, J.M. & Parker, J. 1997. **Brock biology of microorganisms**. 8a Ed. Caps. 15, 16 e 17. New Jersey: Prentice-Hall. p. 606-768.