

## 6

### Conclusões e Recomendações para trabalhos futuros

#### 6.1.

##### Conclusões

Este estudo avaliou a remoção a partir de soluções aquosas de duas espécies de metais pesados  $\text{Cu}^{2+}$  e  $\text{Co}^{2+}$  usando o microorganismo *Rhodococcus opacus* como biosorvente. Avaliou-se também nesse estudo a variação de porcentagem de remoção da biomassa *Rhodococcus opacus* através de um tratamento com NaOH. Diante dos resultados obtidos, apresentados e discutidos no presente trabalho, pode-se concluir que:

- A capacidade de captação do cobalto e cobre, pelo microorganismo *R. opacus* é dependente do pH do meio. Sua melhor eficiência opera em pH 7,0 para o  $\text{Co}^{2+}$  e pH 6,0 para o  $\text{Cu}^{2+}$  e concentrações iniciais dos metais também diferem entre si operando em  $5 \text{ mg.L}^{-1}$  para o Co e  $15 \text{ mg.L}^{-1}$  para o  $\text{Cu}^{2+}$ . A capacidade de captação do soluto em função da concentração de biomassa no meio também foi avaliada obtendo-se um resultado de  $3 \text{ g.L}^{-1}$  para ambos os metais Co e Cu. Foi observado também que após a adição da biomassa pré tratada não ocorreu nenhuma modificação dos valores das variáveis apresentadas para o  $\text{Co}^{2+}$  e  $\text{Cu}^{2+}$  e apenas um aumento na capacidade de remoção e captação da biomassa *R. opacus*.
- Para o estudo cinético do processo de biossorção em batelada verificou-se que as interações entre os metais e a biomassa é rápida, apresentado uma fase inicial rápida de 1 minuto para ambos os metais Co e Cu seguida de uma segunda etapa mais lenta. A máxima remoção foi atingida em 240 minutos para o íon metálico Co foi de 78%. Porém foi atingida a melhor remoção para o íon metálico  $\text{Cu}^{2+}$  em 180 min atingindo 70% de remoção. Verificou-se que a variação de remoção ao longo do tempo foi lenta a partir de 1min para  $\text{Co}^{2+}$  e  $\text{Cu}^{2+}$ .

- O modelo cinético de pseudo segunda ordem foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais para todas as espécies metálicas, apresentando uma constante cinética de 0,250 e 0,002 (g/mg.min<sup>-1</sup>) para Co<sup>2+</sup> e Cu<sup>2+</sup> em um coeficiente de correlação de 0,991 e 0,994
- As isotermas de adsorção de cobre e cobalto são regulares, positivas e côncavas ao eixo das concentrações. Considerando a faixa de concentração estudada, os dados experimentais de, Cu<sup>2+</sup> e Co<sup>2+</sup> foram mais bem ajustados ao modelo da Isoterma de Langmuir, com coeficientes de correlação de 0,998 para o Co<sup>2+</sup> e 0,978 para o Cu<sup>2+</sup>. A capacidade máxima de sorção foi de 8,29 e 15,43 (mg/g) para Co<sup>2+</sup> e Cu<sup>2+</sup>, respectivamente; a afinidade do biosorvente pelas espécies metálicas seguiu a ordem, 0,02 e 0,1 (L.mg<sup>-1</sup>) para Cu<sup>2+</sup> e Co<sup>2+</sup>. Essa diferença na afinidade do *R.opacus* pode ser atribuída às propriedades dos metais em questão, dentre elas peso atômico, raio iônico e eletronegatividade.
- As interações entre os íons metálicos e os grupos funcionais na superfície da parede celular da biomassa foram confirmadas pelas análises de FTIR, MEV/EDS. Os grupos funcionais envolvidos na biossorção das espécies metálicas incluíram os grupos aminas, amidas e álcool.
- As medições de potencial isoelétrico mostraram o grande potencial negativo da bactéria *Rodococcus opacus* in natura no pH de adsorção 6 e 7. Mostrou também a variação de carga na captação dos íons metálicos constatando que há uma diminuição da negatividade da partícula com a captação dos íons Cu<sup>2+</sup> e Co<sup>2+</sup> porém não o suficiente para a obtenção de uma carga positiva na biomassa.
- O modelo modificado da Isoterma de Langmuir representou os dados de equilíbrio para ambos os íons Co<sup>2+</sup> e Cu<sup>2+</sup> pela biomassa *R.opacus*. Os resultados mostraram que o íon Co<sup>2+</sup> tem uma maior afinidade pelos sítios da biomassa em relação ao íon Cu<sup>2+</sup>.
- As porcentagens de remoção de íons Co<sup>2+</sup> e Cu<sup>2+</sup> pela biomassa *R. opacus* verificadas nas melhores condições a 25 °C e foram de 78% e 70% .

- As porcentagens de remoção de íons  $\text{Co}^{2+}$  e  $\text{Cu}^{2+}$  pela biomassa *R. opacus* na temperatura de 35°C nas melhores condições foram, 80% e 72%.
- As porcentagens de remoção de íons  $\text{Co}^{2+}$  e  $\text{Cu}^{2+}$  pela biomassa *R. opacus* na temperatura de 45°C nas melhores condições foram, 80% e 78%.
- A endotermicidade de ambos os processos são demonstrados pelos dados, porém a endotermicidade do processo de bioissorção do  $\text{Cu}^{2+}$  é superior ao processo de exotermicidade do  $\text{Co}^{2+}$ .
- As porcentagens de remoção de íons  $\text{Co}^{2+}$  e  $\text{Cu}^{2+}$  pela biomassa *R. opacus* após o processo de pré tratamento, verificadas nas melhores condições a 25 °C, foram de 97% e 96%.
- O pré tratamento da biomassa bacteriana *Rodococcus opacus* com NaOH é um método promissor de aumento de porcentagem de remoção de íons metálicos.
- Os resultados apresentados conferem o grande potencial do *R.opacus* no processo de bioissorção para a remoção de metais pesados.

## 6.2.

### Recomendações para trabalhos futuros

Dando prosseguimento ao estudo de bioissorção visando à remoção de metais pesados através do microorganismo *R.opacus*, tanto no processo batelada quanto no processo contínuo, são sugeridos os seguintes trabalhos de pesquisa:

- Estudo experimental para um efluente real;
- Realização de um estudo aprofundado de variações de variáveis e modelagem matemática na potencialização da biomassa bacteriana com NaOH.