

## 8 Resultados e discussão

### 8.1. Metais totais no lodo de esgoto

Na realidade, o método empregado, baseado no procedimento da EPA 3050B, representa a fração dos metais extraíveis com ácido nítrico concentrado a quente e não uma dissolução total da amostra. No entanto, dada à natureza do lodo de esgoto, os teores obtidos devem ser próximos aos metais totais existentes nas amostras analisadas. Foram coletadas duas amostras em dias diferentes, sendo elas representadas por A e B. Os valores obtidos, para as respectivas amostras são apresentados nas Tabelas 12 e 13.

**Tabela 12:** Concentração total dos metais estudados na amostra “A” (base seca)

Metais	Concentração (mg kg <sup>-1</sup> )	D.P.	C.V. (%)	% em relação ao valor limite *
Cd	3,4	0,1	2,9	5,0
Cr	367,5	2,7	0,7	-
Cu	263,0	0,6	0,2	6,0
Ni	290,6	14,1	4,8	69,0
Pb	91,5	2,1	2,3	11,0
Zn	1324,9	19,5	1,5	18,0

\* Valor limite: Tabela 6 (p. 22)

**Tabela 13:** Concentração total dos metais estudados na amostra “B” (base seca)

Metais	Concentração (mg kg <sup>-1</sup> )	D.P.	C.V. (%)	% em relação ao valor limite
Cd	3,0	0,1	3,8	3,0
Cr	332,2	15,1	4,5	-
Cu	190,5	33,0	17,3	4,0
Ni	274,6	22,2	8,1	65,0
Pb	82,5	4,7	5,7	10,0
Zn	1284,2	138,8	10,8	17,0

Os teores totais dos metais estudados são bem semelhantes nas duas amostras analisadas. Comparando os limites permitidos dos elementos presentes no lodo de esgoto com as concentrações dos metais existentes nas amostras estudadas, pode-se dizer que as concentrações encontradas representam uma fração inferior a 20% do valor limite, com exceção do níquel. O teor de níquel encontrado representa cerca de 65% do máximo permissível neste tipo de amostra.

## 8.2. Metais extraíveis com DTPA

Dada uma potencial utilização do lodo de esgoto como adubo orgânico em solos, foi analisada a fração assimiláveis dos metais segundo procedimento adotado pela EMBRAPA-Solos. Os resultados obtidos são apresentados nas Tabelas 14 e 15.

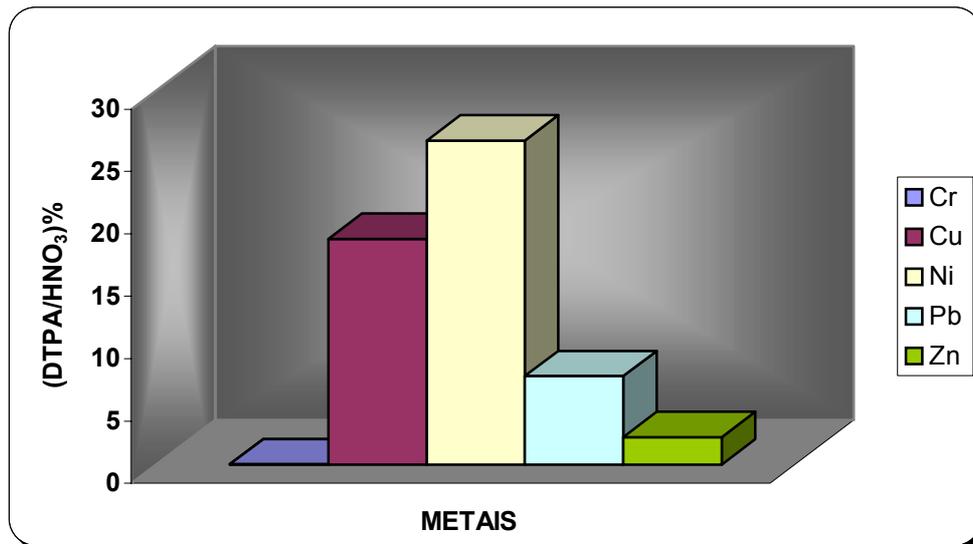
**Tabela 14:** Concentração dos metais assimiláveis encontrados na amostra “A”

Metais	Concentração (mg kg <sup>-1</sup> )	DESV.P	CV (%)
Cr	0,05	0,00	0,00
Cu	11,10	0,02	0,20
Cd	0,01	0,00	0,00
Pb	4,50	0,50	11,10
Zn	20,10	0,70	3,50
Ni	55,20	0,70	1,30

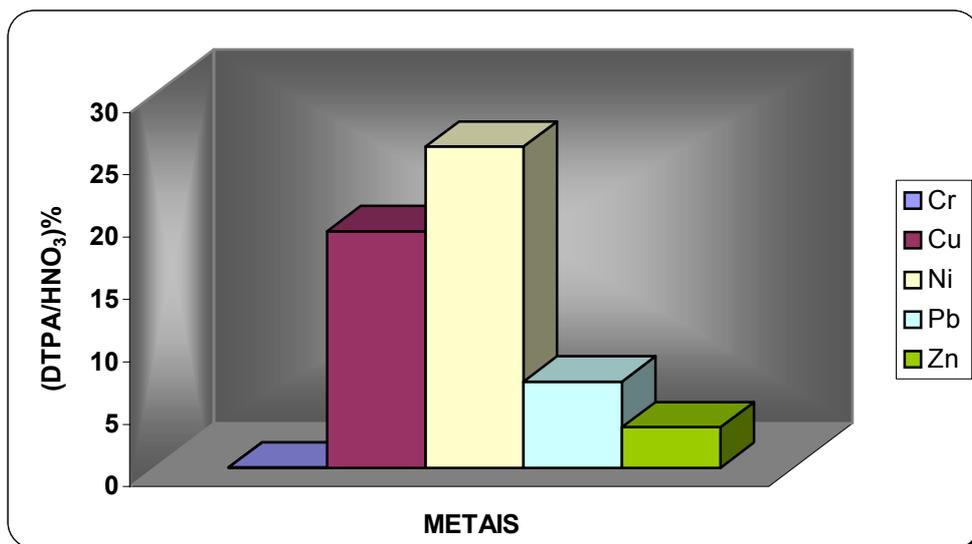
**Tabela 15:** Concentração dos metais assimiláveis encontrados na amostra “B”

Metais	Concentração(mg kg <sup>-1</sup> )	DESV.P	CV (%)
Cr	0,05	0,00	0,00
Cu	13,70	0,02	0,14
Cd	0,10	0,00	0,00
Pb	5,04	0,50	9,92
Zn	18,20	0,03	0,16
Ni	54,30	0,06	0,11

Assim como já observado em relação à concentração total destes metais nas duas amostras de lodo de esgoto estudadas, ambas contém a mesma quantidade de metais livres. Quando comparado ao teor total, a quantidade de metal livre representa apenas um pequeno percentual deste, como demonstrado nas Figuras 5 e 6 abaixo.



**Figura 5:** Comparação entre o teor total e a fração assimilável dos metais estudados na amostra de lodo (A)



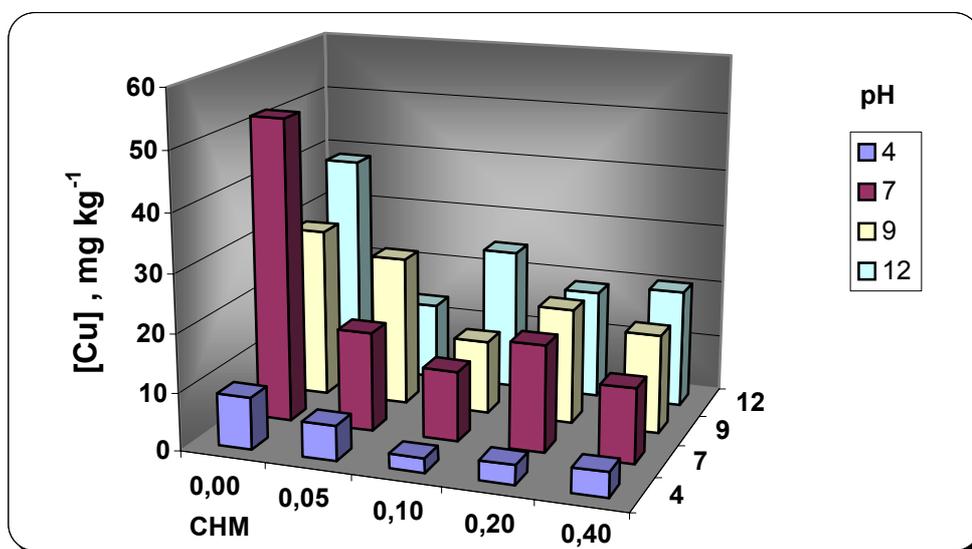
**Figura 6:** Comparação entre o teor total e a fração assimilável dos metais estudados na amostra de lodo (B)

Do mesmo modo que ele apresenta os maiores percentuais em relação às concentrações limite, o níquel é aquele elemento que se encontra mais disponível nestas amostras. Desta forma, embora dentro destes limites máximos permissíveis, o níquel representa o elemento de maior preocupação quando da aplicação destes lodos como adubo agrícola.

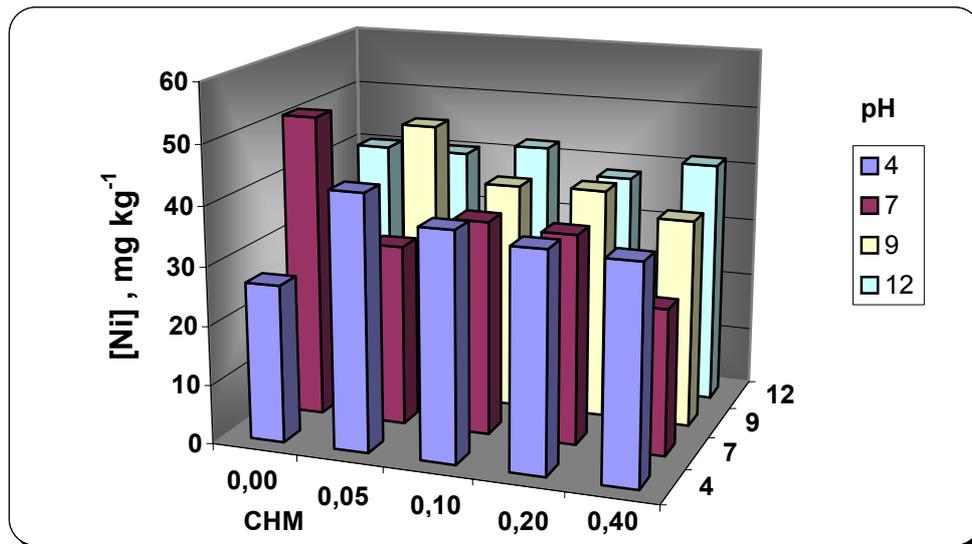
### 8.3.

#### O Composto Húmico Mineral (CHM) na fixação de metais em lodo de esgoto-Efeito do pH e da massa

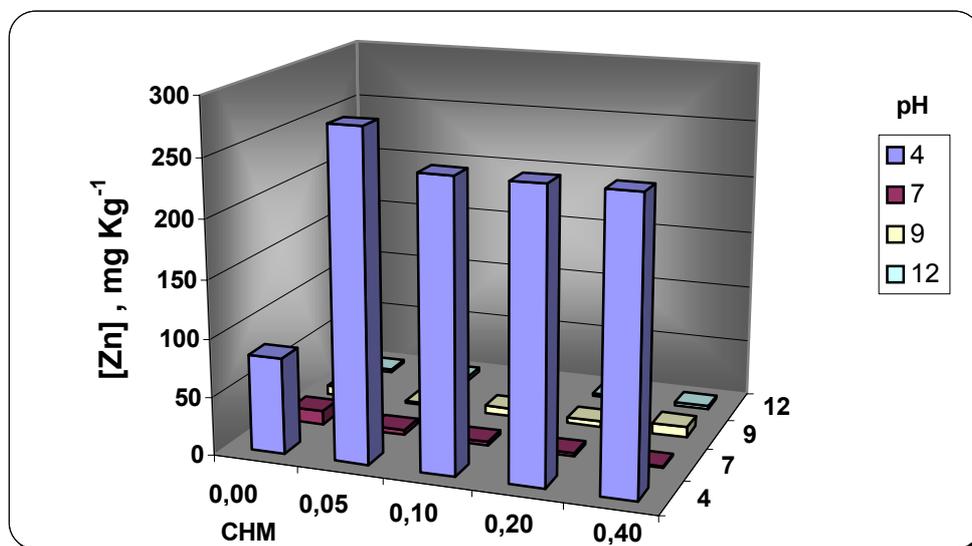
Dada sua atuação como complexante de metais, espera-se que a fixação de metais no lodo pela adição do CHM às amostras de lodo seja diretamente proporcional à massa do CHM adicionado e função do pH do meio reacional. De modo a verificar estes efeitos, as amostras de lodo foram misturadas com teores variáveis de CHM, a diferentes pH, seguindo, entretanto, a metodologia básica descrita por Shulgin et al (1998). A média do conteúdo dos metais extraíveis em água na amostra B de lodo de esgoto aparece nas Figuras 7-9 abaixo:



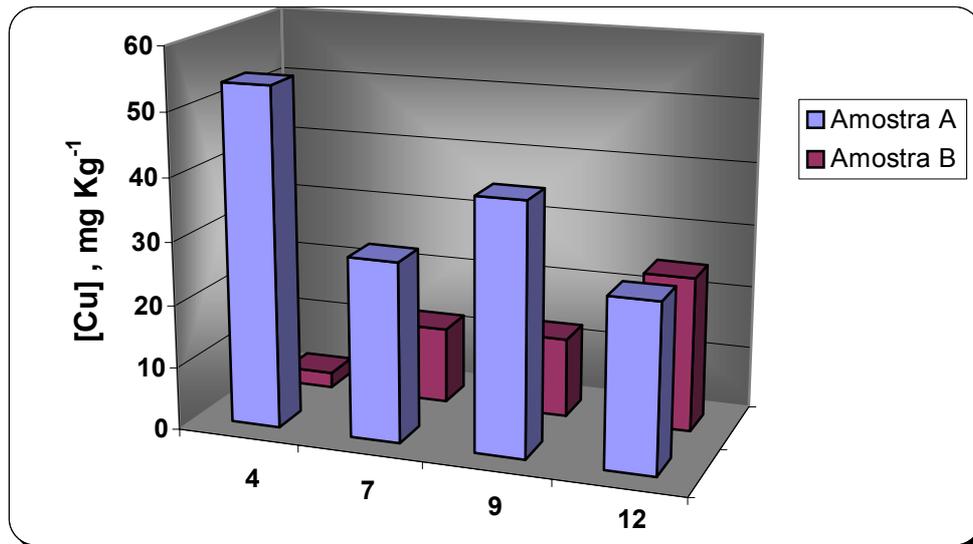
**Figura 7:** Estudo do efeito do pH e da quantidade de CHM adicional na extração de cobre da amostra (B)



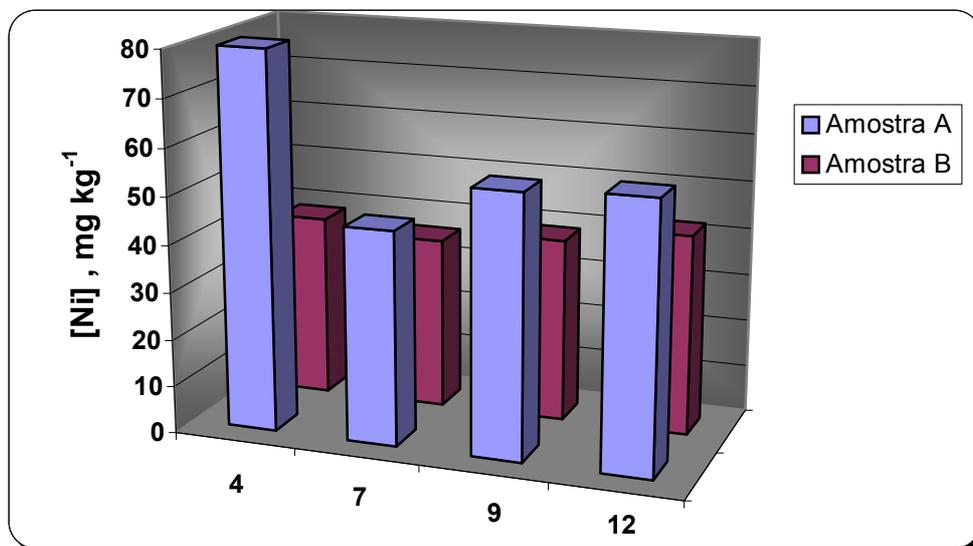
**Figura 8:** Estudo do efeito do pH e da quantidade de CHM adicional na extração de níquel da amostra (B)



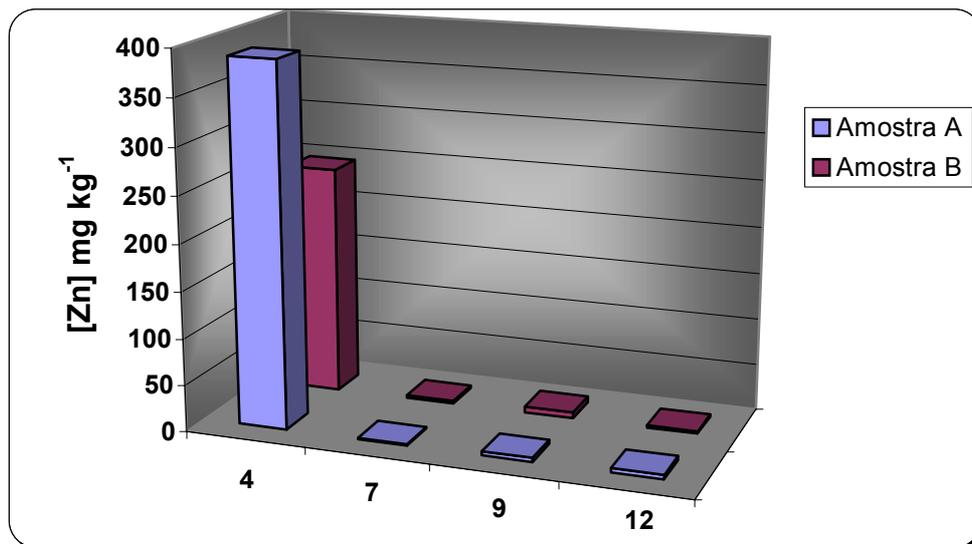
**Figura 9:** Estudo do efeito do pH e da quantidade de CHM adicional na extração de zinco da amostra (B)



**Figura 10:** Comparação do efeito do pH na extração de cobre para as amostras (A) e (B) (massa de CHM = 0,10g)



**Figura 11:** Comparação do efeito do pH na extração de níquel para as amostras (A) e(B) (massa de CHM = 0,10g)



**Figura 12:** Comparação do efeito do pH na extração de zinco para as amostras (A) e (B) (massa de CHM = 0,10g)

Ao comparar-se a quantidade de metal extraído para a condição sem CHM com as demais, envolvendo diferentes condições de pH e massa de CHM empregada (Figuras 7-9), não se observa um efeito tal que justifique a adição deste produto ao lodo de esgoto no sentido de imobilizar os metais presentes. Pelo contrário, a presença de CHM parece, em alguns casos, potencializar a fração dos metais facilmente disponíveis após uma simples extração com água como, por exemplo, o Zn em pH 4. Neste caso, a presença do CHM disponibilizou uma quantidade muito maior deste metal, indicando a formação de um complexo, de Zn com CHM, solúvel em água neste pH. Para valores maiores de pH tal fato não ocorre, provavelmente, devido a precipitação do CHM.

De modo a avaliar se os efeitos observados eram função da amostra de lodo estudada, os experimentos foram repetidos com outra amostra de lodo de esgoto, empregando-se uma massa fixa, 0,100g, de CHM. Os resultados obtidos aparecem nas Figuras 10-12 e demonstram que, embora, alguma diferença de comportamento possa existir, a conclusão quanto a aplicabilidade do CHM para os fins propostos é a mesma, ou seja, não há razão que justifique esta aplicação do CHM, já que os ganhos obtidos em termos de fixação dos metais no lodo de esgoto são poucos ou nenhum.

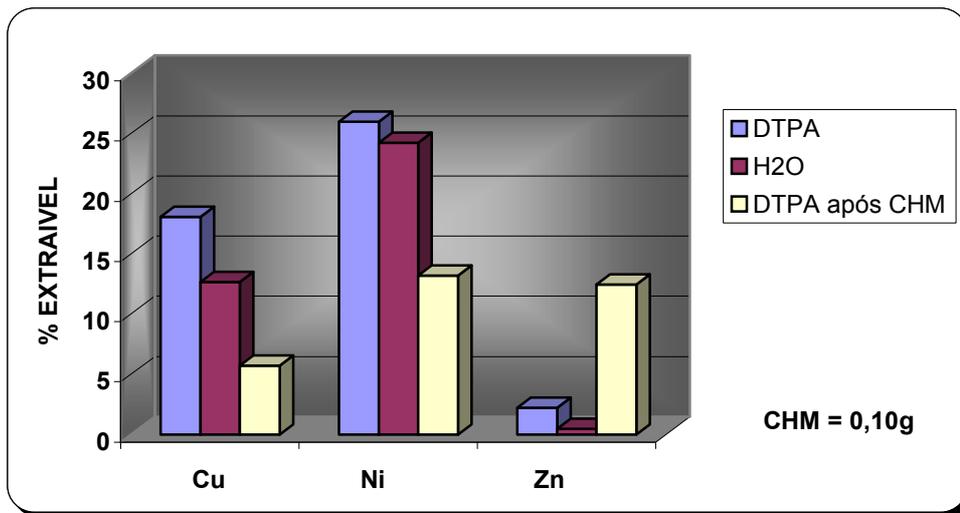
#### 8.4.

#### **O Composto Húmico Mineral na fixação de metais em lodo de esgoto – Extração com DTPA**

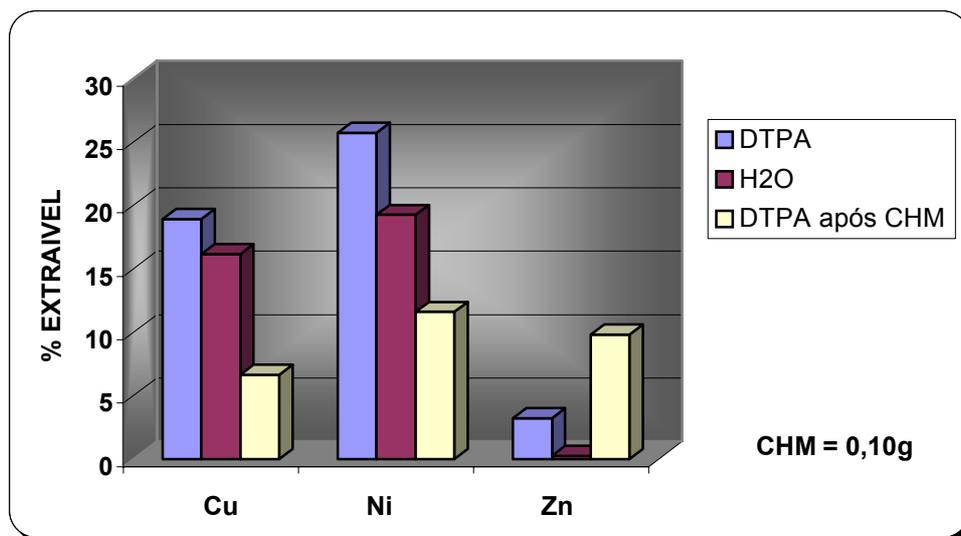
Apesar do visto no item anterior, a utilização do CHM como um aditivo em solos no intuito de diminuir a assimilação dos metais pesados presentes tem sido proposto por outros pesquisadores (Kochany et al 2001). De modo a corroborar os resultados do item anterior, tratou-se 10 gramas de lodo de esgoto segundo o procedimento descrito no item 8.3. Como cobre, níquel e zinco foram os metais que apresentaram, originalmente (item 8.2), as maiores concentrações na fração extraível com DTPA (item 8.2), este estudo focalizou estes metais em particular.

Estes metais foram determinados no extrato aquoso remanescente após a aplicação do CHM. O resíduo sólido, obtido após a filtração, foi tratado com DTPA, segundo o procedimento da EMBRAPA, e os metais de interesse determinados neste novo extrato obtido. A figura 9 abaixo mostra uma comparação do valor da fração de metais extraíveis do lodo de esgoto nas seguintes condições: DTPA, H<sub>2</sub>O e DTPA após tratamento com CHM.

Para ser aplicado com a finalidade acima, a fração extraível com DTPA deveria ser maior do que soma das frações extraíveis com H<sub>2</sub>O e DTPA após o tratamento com CHM. Com base nos resultados obtidos, tal aplicação parece não ser viável, em particular, dado os resultados observados para o zinco, onde o tratamento com CHM potencializa a fração disponível deste metal no lodo de esgoto.



Amostra (A)



Amostra (B)

**Figura 13:** Gráfico de comparação entre as taxas extraíveis das amostras (A) e (B).