

Potencial do maracujá na retenção de íons metálicos: níquel e chumbo.

Potential passion retention of metal ions: nickel and lead

Potencial de la granadilla en la retención de los iones de metales: níquel y plomo

Bianca de Paula Ramos

Graduanda em Engenharia Ambiental, UNESP, Brasil.
bia.raamos@hotmail.com

Rosane Freire Boina

Professora Doutora, UNESP, Brasil.
rosane@fct.unesp.br

RESUMO

Buscando aliar o desenvolvimento econômico e ambiental enquanto à gestão de efluentes industriais com carga metálica e resíduos agroindustriais, analisou-se a eficiência biossortiva da casca do maracujá amarelo (*Passiflora edulis f. flavicarpa*) na remoção de íons metálicos de níquel e chumbo. Para realização dos experimentos, o maracujá foi convertido a pó de granulometria 42 tyler (<355 um). Foram utilizadas diferentes quantidades mássicas 0,1/1,0/5,0g no tratamento de soluções sintéticas em diferentes concentrações metálicas 0,5/1,0/5,0ppm. Variou-se o pH para 2, 7 e 10. As amostras, feitas em duplicata, foram agitadas por duas horas a 120rpm em temperatura ambiente. Após, foram submetidas à digestão nitro-perclórica (3:1) para posterior análise em espectrofotômetro de absorção atômica. O cálculo da eficiência foi realizado com o valor médio das concentrações, alcançando 98,82% para o níquel e 99,99% para o chumbo. As condições de melhor desempenho para cada íon analisado foram repetidas e estudadas em função do tempo, revelando com isso que o tempo de adsorção máxima ocorreu em torno de 20 minutos de agitação. Outro fator analisado foi o enquadramento em isoterma de adsorção: Langmuir e Freundlich, sendo que ambos os processos tiveram melhor enquadramento aos padrões de Langmuir. O tratamento gerou resultados tais que as concentrações metálicas finais, para todos os metais estudados, alcançaram os valores estipuladas pelo CONAMA n° 430/11.

PALAVRAS CHAVE: Biossorção. *Passiflora edulis f. flavicarpa*. Metais.

ABSTRACT

Seeking to combine economic and environmental development as the management of industrial effluents with metallic charge and agro-industrial waste, analyzed the efficiency biossortiva the bark of yellow passion fruit (*Passiflora edulis f. Flavicarpa*) the removal of metallic nickel and lead ions. For the experiments, the passion was converted to particle size powder 42 tyler (<355 one). different mass amounts used were 0.1 / 1.0 / 5.0g synthetic solutions for the treatment of different metal concentrations of 0.5 / 1.0 / 5,0ppm. the pH was varied for 2, 7 and 10. The samples taken in duplicate, were stirred for two hours at 120rpm at room temperature. After were submitted to nitro-perchloric digestion (3: 1) for further analysis on the atomic absorption spectrophotometer. The calculation of the efficiency was conducted with the mean value of concentration, reaching 98.82% to 99.99% for nickel and lead. The best performance conditions for each ion analysis were repeated and studied as a function of time, thereby revealing that the maximum adsorption time was about 20 minutes of stirring. Another factor was analyzed in the framework adsorption isotherms: Langmuir and Freundlich, and both processes have better framework to Langmuir Standards. Treatment generated results such that the final metal concentrations for all metals studied, reached the values stipulated by CONAMA No. 430/11.

KEYWORDS: Biosorption. *Passiflora edulis f. flavicarpa*. Metals.

RESUMEN

Tratando de combinar el desarrollo económico y ambiental como la gestión de los efluentes industriales con carga metálica y residuos agroindustriales, analizó la eficacia biossortiva la corteza de fruta de la pasión amarilla (*Passiflora edulis f. Flavicarpa*) la eliminación de níquel metálico y los iones de plomo. Para los experimentos, la pasión se convirtió al tamaño de las partículas de polvo 42 Tyler (<355 uno). diferentes cantidades de masa utilizados eran soluciones sintéticas 0,1 / 1,0 / 5,0 g para el tratamiento de diferentes concentraciones de metal de 0,5 / 1,0 / 5,0ppm. el pH se varió para 2, 7 y 10. Las muestras tomadas por duplicado, se agitó durante dos horas a 120 rpm a temperatura ambiente. Después se sometieron a digestión nitro-perclórico (3: 1) para su posterior análisis en el espectrofotómetro de absorción atómica. El cálculo de la eficiencia se llevó a cabo con el valor medio de la concentración, alcanzando 98,82% a 99,99% para el níquel y plomo. Las mejores condiciones de rendimiento para cada análisis de iones se repitieron y estudiados como una función del tiempo, revelando así que el tiempo máximo de adsorción era de unos 20 minutos de agitación. Otro analizó fue el marco de las isoterma de adsorción de Langmuir y Freundlich, y dos casos fueron mejor marco de las normas de Langmuir. Tratamiento de los resultados obtenidos de tal manera que las concentraciones de metales finales para todos los metales estudiados, alcanzaron los valores estipulados por la CONAMA N° 430/11.

PALABRAS CLAVE: La biosorción. *Passiflora edulis f. flavicarpa*. Metales.

1. INTRODUÇÃO

Denomina-se água poluída toda aquela cujas características físicas ou químicas foram alteradas negativamente (MORAES et al., 2011). Os principais poluentes de rios, lagos e mares, são: detergentes; óleos de cozinha; óleos de automóveis; gasolina; produtos químicos usados em indústrias; tintas; e, metais (MORAES et al., 2011).

Dentre os metais mais frequentemente lançados tem-se o cobre (Cu), o zinco (Zn), o chumbo (Pb), e o níquel (Ni) (NOVOTNY, 1995; SALATI, 1996). Vale destacar que estes metais são comumente encontrados no dia a dia da população, por exemplo, em utensílios domésticos e agro fertilizantes. São persistentes e podem ocasionar o fenômeno de bioacumulação – facilidade de sorção por plantas e animais, atingindo níveis tróficos superiores (VAGHETTI, 2009).

O tratamento de efluentes líquidos com íons metálicos geralmente possui alto custo de implantação ou execução e, muitas vezes, formação de resíduos tóxicos (VIEIRA et al., 2014).

Nesse contexto, método de adsorção tem ganhado espaço devido a seu caráter inovador e econômico, além de ser considerado superior a outras técnicas tanto para reutilização de água quanto para regeneração de muitos adsorventes após seu uso (MENEZES, 2010). Vilar (2006, p.3) definiu biossorção como “uma propriedade que certos tipos de biomassa morta possuem onde é possível a ligação de íons a partir de soluções aquosas”.

Nesse contexto, aproveitar o potencial agroindustrial do Brasil e utilizar os resíduos deste setor para gestão ambiental traria vantagens para o meio ambiente e para a economia do país. Sendo o Brasil o maior produtor mundial de maracujá (IBGE 2013), e tendo 95% dessa produção com direcionamento à agroindústria de suco (CEPLAC, 2007), que gera como resíduo as cascas da fruta, este seria um material interessante para uso em processos biossorbitivos. Vale ressaltar que a casca do maracujá pode apresentar potencial biossorbitivo uma vez que é rica em pectina - substância que apresenta capacidade de geleificação na presença de íons, açúcares e ácidos (PINHEIRO, 2007).

Do exposto, busca-se então avaliar a capacidade biossorbitiva da casca de maracujá amarelo, e assim formular uma hipótese que possa aliar o desenvolvimento econômico e ambiental a partir do uso de resíduo sólido agroindustrial no tratamento de efluentes industriais líquidos com carga metálica de níquel e chumbo.

2. OBJETIVOS

Analisar a eficácia da casca do maracujá amarelo (*Passiflora edulis f. flavicarpa*) como material biossorvente de íons metálicos de níquel e chumbo, bem como estimar o tempo ótimo do processo e ajuste do mesmo nas isotermas de Langmuir ou Freundlich.

3. METODOLOGIA

A casca do maracujá foi fragmentada, condicionada em cadinhos e posta para secar em estufa SOLAB, SL100/81 a $100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ por aproximadamente três horas. Em seguida, o produto foi

triturado em um processador de alimentos doméstico e peneirado em malha 42 tyler resultando em um pó de granulometria muito fina, o qual foi condicionado em frasco apropriado. A Figura 1 retrata esse primeiro procedimento.

Figura 1. Preparo do resíduo da casca de maracujá: A) Casca do maracujá *in natura*; B) Casca do maracujá seca; C) Pó de maracujá.



Fonte: Autor (2015).

Para execução dos ensaios experimentais foram utilizadas diferentes quantidades em massa de pó de resíduo da casca do maracujá, bem como diferentes dosagens partindo das soluções padrão 1000ppm (Qhemis High Purity) dos metais selecionados para o estudo – níquel e chumbo.

Foi avaliada a propriedade biosotiva em diferentes massas de pó de maracujá, quais sejam: 0,1/1,0/5,0 g. As soluções em tratamento foram preparadas com concentração variando de 0,5/1,0/5,0 mg/L da solução padrão estoque do metal em tratamento. Essas variações foram necessárias para avaliar qual a melhor relação da massa de maracujá necessária para adsorver determinada concentração metálica.

Também foi analisada a influência do pH das soluções em estudo, determinando assim o pH ótimo para a realização do tratamento de biossorção para os diferentes íons metálicos. Os testes foram realizados com o pH de 2, 7 e 10, sendo ajustados com soluções de hidróxido de sódio a 0,1N ou ácido sulfúrico a 1,0N, conforme cada condição. O equipamento utilizado foi o pH-metro digital GEHAKA, modelo PG2000.

O material foi condicionado em frascos erlenmeyer, com 100mL da solução metálica para cada quantidade mássica e pH avaliado, sendo agitado pela Mesa Agitadora Orbital da TECNAL, modelo TE-141 (Figura 3), por duas horas a 120 rpm, a temperatura ambiente.

Após o tratamento em bancada foram executadas análises químicas para a determinação da concentração final das espécies metálicas presente no líquido. Para isso, as amostras líquidas tratadas foram filtradas, em filtro qualitativo, digeridas em solução nitro-perclórica (3:1) e, novamente, filtradas antes de serem submetidas à análise em espectrofotômetro de absorção atômica da PERKIN-ELMER, modelo AAnalyst200.

O equipamento de espectrometria de absorção atômica foi então ajustado nas condições exigidas para a determinação dos metais de interesse, sendo zero acertado com prova em branco (água destilada) e a curva de calibração determinada conforme a sensibilidade do método, descrita no manual do equipamento.

Após execução do tratamento e leitura do espectrofotômetro de absorção atômica, foi realizado cálculo da eficiência de remoção, com os valores de concentração determinados, a

fim de avaliar se a casca do maracujá amarelo foi um bom meio biossorvente. O cálculo da eficiência foi realizado com o valor médio de concentração, por meio da Equação 1:

$$E = \frac{(C_0 - C_f) \cdot 100}{C_0} \quad \text{Equação 1}$$

Em que: E é a Eficiência de remoção (%); Co é Concentração inicial do metal a ser tratado (mg/L); e Cf é Concentração final do metal tratado (mg/L).

Com estes valores em mãos foi realizado o estudo cinético, no qual o melhor resultado para cada metal foi repetido igualmente, porém com tempos de agitação diferentes: 5, 10, 15, 20, 30, 40, 60, 80, 100 e 120 minutos.

Foram feitos comparativos entre a porcentagem de eficiência, a concentração metálica final e a taxa de adsorção por unidade de massa (q) (Equação 2), em função do tempo de agitação.

$$q = \frac{(C_0 - C_f) \cdot V}{m} \quad \text{Equação 2}$$

Em que: C₀ é a concentração inicial (mg/L), C_f a concentração final (mg/L), V o volume (mL), e m a massa (g).

Após, foi realizado estudo das isotermas de adsorção, para isso acrescentou-se algumas análises laboratoriais, no qual o pH e quantidade mássica foram mantidos iguais aos valores do melhor desempenho, mas a concentração variou, sendo acrescentadas as concentrações 2,0/3,0/4,0ppm àquelas inicialmente estabelecidas. Dessa forma, os pontos ficam melhores alocados, diminuindo a possibilidade de erro. Utilizou-se o programa Excel para aplicar regressão linear e verificar o ajuste à isoterma de Langmuir (Equação 3) ou Freundlich (Equação 4):

$$q_e = \frac{Q_{max} \cdot K_L \cdot C_e}{1 + K_L \cdot C_e} \quad \text{Equação 3}$$

Em que: q_e é a quantidade adsorvida por massa de adsorvente (mg/g); Q_{max} é a quantidade máxima adsorvida por massa de adsorvente (mg/g); K_L é a constante de equilíbrio de Langmuir relacionada com a entalpia de adsorção (L/mg); e C_e é a concentração de equilíbrio (ppm).

$$q_e = k_f C_e^{1/n} \quad \text{Equação 4}$$

Em que: q_e é a quantidade adsorvida por massa de adsorvente (mg/g); K_f é a constante de Freundlich relacionada com a capacidade de adsorção (mg/L); n é o expoente de Freundlich (adimensional); e C_e é a concentração de equilíbrio (ppm).

4. RESULTADOS

No que se refere aos estudos variando a massa, pH e concentração, a Tabela 1 sintetiza os resultados e, aponta em **negrito**, as máximas eficiências.

Tabela 1: Porcentagem de eficiência do processo biossortivo para cada uma das variáveis empregadas

Concentração metálica inicial (ppm)	Quantidade Mássica (g)	pH	Ni	Pb	
0,5	0,1	2	96,82	99,98	
		7	97,32	99,98	
		10	97,15	99,98	
	1,0	1,0	2	95,65	99,98
			7	98,56	99,98
			10	98,82	99,98
		5,0	2	*	99,98
			7	*	99,98
			10	*	99,98
1,0	0,1	2	91,45	99,99	
		7	95,68	99,99	
		10	93,94	99,99	
	1,0	1,0	2	97,07	99,99
			7	97,00	99,99
			10	97,06	99,99
		5,0	2	*	99,99
			7	*	99,99
			10	*	99,99
5,0	0,1	2	44,50	87,96	
		7	70,64	99,99	
		10	53,81	99,99	
	1,0	1,0	2	50,67	99,99
			7	60,69	99,99
			10	50,91	99,99
		5,0	2	58,01	99,99
			7	58,67	99,99
			10	61,55	99,99

*Geleificação da amostra.

De modo geral, notou-se que para todos os metais estudados o tratamento respondeu melhor em pH neutro ou básico, com variações pouco expressivas entre eles. Outro fator comum é a massa: na grande maioria das vezes teve-se máxima eficiência ao utilizar 1g. No caso do níquel, o aumento de massa levou a intensa geleificação da solução, com excedentes de pó de maracujá alojando-se na superfície, como mostrado na Figura 2, fator que impossibilitou até mesmo uma filtragem forçada com auxílio de bomba a vácuo, não havendo possibilidade de

continuar o processo de tratamento. Vale ressaltar que a geleificação ocorre pela formação de ligações entre íons carboxílicos e íons de metal bi ou trivalente, os quais também podem se ligar covalentemente a grupos hidroxila (BOBBIO & BOBBIO, 1989; CHARLEY, 1982). Portanto, o metal passa a atuar como ligante entre as cadeias de pectina, formando a estrutura do gel.

Figura 6. Geleificação nas amostras da solução de Ni com 5,0g de pó de maracujá.



Fonte: Autor (2015).

No que se refere ao chumbo, observou-se eficiência extremamente elevada em todas as condições, atingindo quase 100% de remoção do poluente do efluente sintético, porém quando a concentração metálica aumentou para 5ppm, quantidades mássicas muito pequenas, como de 0,1g não foram suficientes na retenção da carga metálica, retomando o conceito de atuação do fenômeno de bioadsorção sob a superfície de contato.

Dessa forma, percebeu-se que o aumento de massa influencia na quantidade de sítios ativos apenas até certo ponto. Contudo, com aumento exacerbado pode ocorrer associação entre partículas e assim reduzir o número de pontos de adsorção. Com isso estabeleceu-se a massa de 1g como quantidade ótima para a realização do tratamento nas condições analisadas, e por esse motivo, empregou-se esta quantidade mássica na realização dos estudos cinéticos e de isotermas de adsorção.

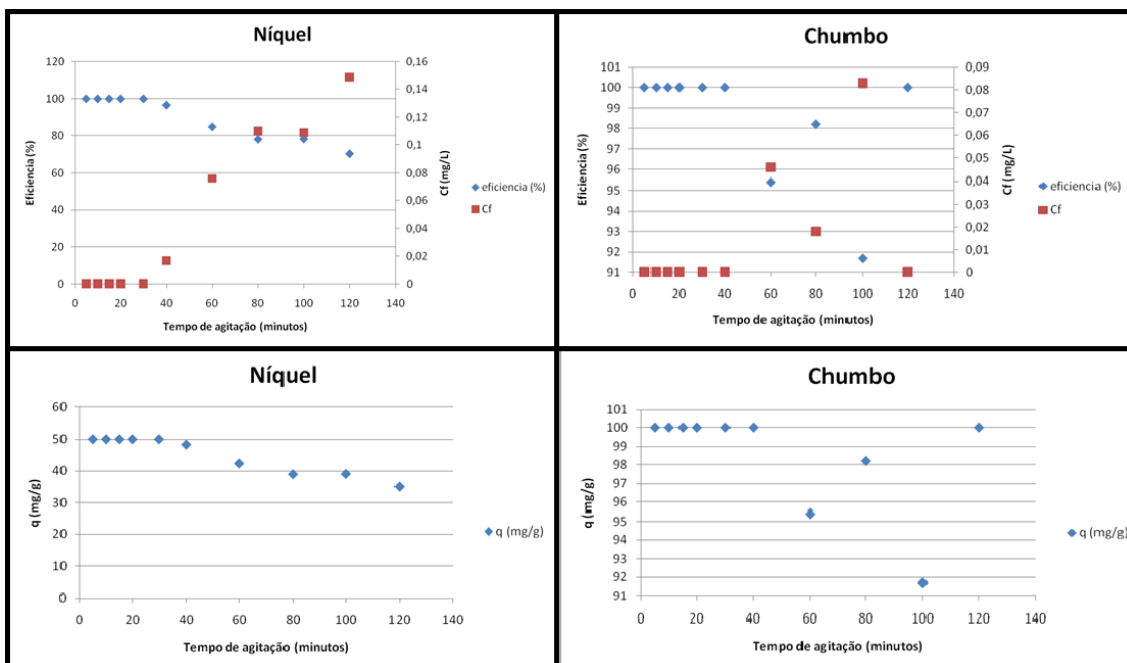
As condições de eficiência máxima para o níquel foram: 0,5ppm de solução metálica, 1,0g de adsorvente e pH 10. Para o chumbo adotou-se o ponto ótimo como sendo o de 1,0ppm de concentração inicial, 1,0g de massa e pH 7. Estes resultados foram utilizados para realização do estudo cinético, no qual o melhor desempenho foi repetido e analisado em função do tempo de contato: 5, 10, 15, 20, 30, 40, 60, 80, 100 e 120 minutos. No Quadro 1 é apresentado o comportamento dos metais em estudo, primeiramente relacionando o tempo de agitação com a porcentagem de eficiência, e depois com a taxa de adsorção por unidade de massa (q), ambas em função da concentração final metálica.

Observando os resultados obtidos e apresentados no Quadro 1, foi possível perceber que à medida que a eficiência aumenta, ao longo do tempo, a concentração metálica diminui, atingindo a melhor eficiência com tempo de 20 minutos. Notou-se também que após atingir o ponto de absorção máxima a eficiência cai. Estes fatores podem ser explicados pelo fato de a adsorção ocorrer preferencialmente na superfície do material adsorvente, e depois seguir em uma etapa mais lenta, onde acontece a adsorção intrapartícula.

Com o intuito de melhor adequação gráfica e diminuição de erro para realização das análises de isotermas de adsorção, mais experimentos foram feitos: mantendo as condições ótimas de pH e massa para cada metal, e variando a concentração em 0,5/1,0/2,0/3,0/4,0/5,0ppm. Os

resultados – no equilíbrio - quanto à concentração final, taxa de adsorção por unidade de massa e eficiência de remoção estão apresentados na Tabela 2.

Quadro 1: Estudo cinético



Fonte: Autor, 2016.

Tabela 2: Resultados nas condições de equilíbrio.

Metal	Concentração inicial (ppm)	Concentração de equilíbrio (ppm)	Taxa de adsorção por unidade de massa (mg/g)	Eficiência de remoção (%)
Ni	0,5	0,0590	41,10	98,82
	1,0	0,1200	88,00	97,06
	2,0	0,5550	144,50	72,25
	3,0	0,7520	224,75	74,92
	4,0	1,4660	253,40	63,35
	5,0	2,4540	254,55	50,91
Pb	0,5	0,0001	49,99	99,98
	1,0	0,0001	99,99	99,99
	2,0	0,0815	191,85	95,92
	3,0	0,0001	299,99	99,99
	4,0	0,0275	397,25	99,31
	5,0	0,0001	499,99	99,99



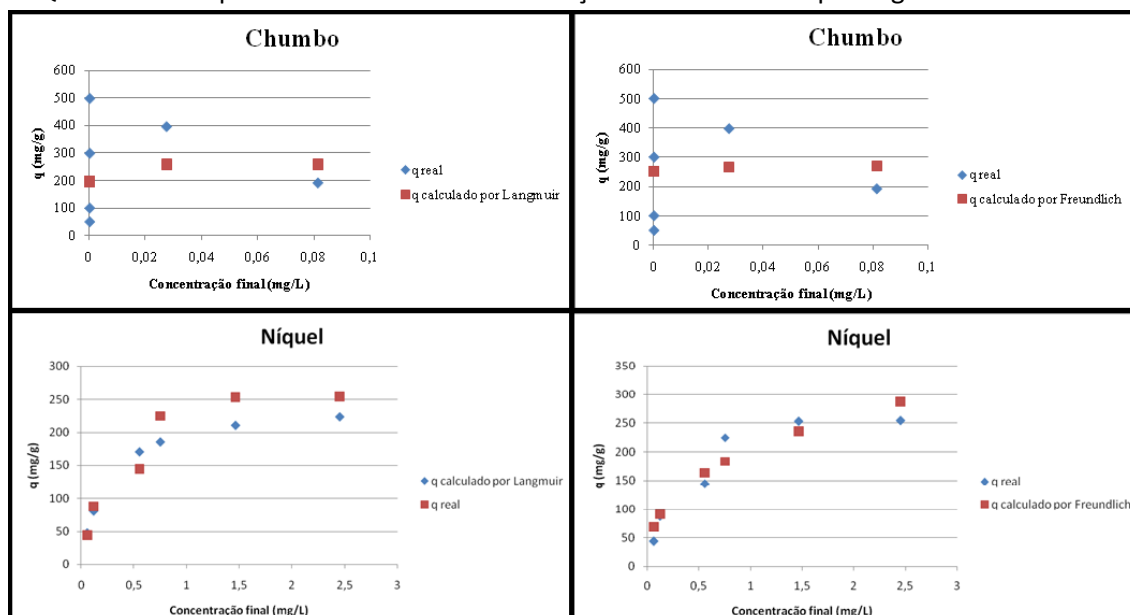
A regressão linear, feita com auxílio do programa Excel, foi utilizada para verificar o enquadramento nas isotermas de adsorção. Vale ressaltar que em um estudo de isoterma, a otimização do procedimento requer que a análise de erro seja definida, de tal forma que esta seja capaz de avaliar o ajuste dos dados experimentais de equilíbrio. Podem-se empregar para tal fim, os coeficientes de determinação (R^2) dos gráficos lineares dos modelos.

Tabela 3: Coeficientes de determinação e respectivo erro para cada isoterma

Metal	Langmuir		Freundlich	
	R^2	Erro	R^2	Erro
Níquel	0,994	0,0009	0,909	0,0700
Chumbo	0,044	0,0030	0,002	0,3200

Pode-se dizer que, segundo este parâmetro, os dados enquadram-se mais precisamente ao modelo de Langmuir, uma vez que o melhor ajuste é aquele cujo valor de R^2 é mais próximo de 1. Vale ressaltar que o erro encontrado foi extremamente baixo, comprovando a validade dos dados apresentados. Outra forma de estudar o comportamento das isotermas de adsorção é comparando a taxa de adsorção por unidade de massa (q) experimental e calculada linearmente segundo o modelo de Langmuir (Quadro 2).

Quadro 2: Comparativo entre a taxa de adsorção real e calculada por Langmuir e Freundlich



Fonte: Autor, 2016

Do exposto, têm-se isotermas convexas para os íons chumbo e níquel, este formato representa adsorção favorável ao modelo de Langmuir - considerando a classificação proposta por Mc Cabe et al. (2003) - ocorrendo, geralmente, em sólidos micro porosos.

Para verificar o enquadramento à isoterma de Freundlich foi utilizada a classificação proposta por Giles et al (1960), assim, tem-se que a curva apresentada pelo íon chumbo não se enquadrou em nenhum modelo, ou seja não adequou-se a referida isoterma; já a curva de níquel assemelhou-se a do tipo H, indicando uma diminuição da disponibilidade dos sítios de adsorção quando a concentração da solução aumenta, esta curva geralmente é observada quando a superfície do adsorvente possui alta afinidade pelo soluto adsorvido.

O melhor ajuste à isoterma de Langmuir na biossorção de chumbo e níquel leva a crer que o comportamento desses metais seguiram as proposições deste modelo, quais sejam: o soluto é adsorvido como uma monocamada na superfície homogênea do adsorvente, sendo que as moléculas adsorvidas não estão livres para se mover na superfície do mesmo; todos os sítios de adsorção são energeticamente idênticos e podem abrigar apenas uma espécie adsorvente; e não há interação entre as espécies adsorventes.

Para todos os metais analisados o tratamento enquadra-se nas condições de lançamento de efluentes estabelecido pela Resolução CONAMA nº430/2011 (BRASIL, 2011). No caso o níquel, cuja concentração máxima permitida é de 2,0mg/L, enquadram-se todos os efluentes com concentração inicial de 5,0ppm tratados a pH neutro e com quantidade de massa de pó de maracujá em 0,1g e 1,0g. Já para o chumbo, cuja máxima permitida é de 0,5mg/L, enquadra-se na normativa quase todos os casos, exceto na seguinte condição: 5,0ppm, 0,1g pH2, para todas as outras situações as concentrações finais mantiveram-se inferiores a permitida.

5. CONCLUSÃO

Pode-se comprovar a capacidade biossortiva da casca de maracujá amarelo na remoção de níquel e chumbo alcançando níveis de eficiência maiores que 90%. Pode-se comprovar a capacidade de geleificação da pectina na presença de íons em solução aquosa. As condições ótimas foram estimadas em: pH7 ou 10, massa 1,0g de pó de maracujá, e 20 minutos de agitação. Os metais níquel e chumbo tiveram melhor ajuste na isoterma de Langmuir. Quanto à normativa, ambos os metais estudados enquadraram-se nas condições de lançamento de efluentes estabelecido pela Resolução CONAMA nº430/2011 (BRASIL, 2011).

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio financeiro e institucional da pesquisa de processo nº 2015/09170-1.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOBBIO, F.O.; BOBBIO, P.A. **Introdução a Química de Alimentos**. São Paulo: Livraria Varela, 1989. 231 p.

BRASIL. **Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA)**. Resolução nº 430 de 13 de maio de 2011. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res11/propresol_lanceflue_30e31mar11.pdf> Acesso em 06 de maio de 2016.

CEPLAC - Comissão Executiva de Planejamento da Lavoura Cacaueira. **Maracujá** 2007. Disponível em: <<http://www.ceplac.gov.br/radar/maracuja.htm>> Acesso em: 01/05/2016.

CHARLEY, H. Pectin. **Food Science**. New York, 1982. 564 p.

GILES, C.H.; MACEWAN, T.H.; NAKHUA, S.N.; SMITH, D. Studies in adsorption. A system of classification of solution adsorption isotherms, and its use in diagnosis of adsorption mechanisms and in measurement of specific surface areas of solids. **J Chem. Soc. London.**, p. 3973-3993, 1960.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) 2013. **Produção agrícola municipal**. Disponível em: <[ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Producao_Agricola_Municipal_\[anual\]/2013/pam2013.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Producao_Agricola_Municipal_[anual]/2013/pam2013.pdf)> Acesso em: 01/05/2016.

MAGDALENA, C. **Adsorção de corante reativo remazol vermelho RB de solução aquosa usando zeólita de cinzas de carvão e avaliação da toxicidade aguda com *Daphniasimilis***. Dissertação (mestrado). Universidade de São Paulo. São Paulo – SP. 2010.

MCCABE, W.L., SMITH, J.C., HARRIOT, P. **Units operations of chemical engineering**. Editora McGraw Hill, 5a. ed., p. 810-821, 1993.

MENEZES, M. **Remoção do corante reativo azul 5g a partir de soluções aquosas utilizando o bagaço do maracujá amarelo como adsorvente**. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Maringá (UEM). Maringá – PR. Fevereiro 2010.

MORAES, A. V. D.; RIBEIRO, A. M. C.; PRADO, B. G.; ALMEIDA, C. B. S.; LUZ, C. P.; CINALLI, D. P.; DANIEL, F. A.; SARAVALLI, F. M.; CHAVES, M. L. C.; DANIEL, M. S. Biossorção de metais pesados. **Anais...IX Simpósio de base experimental das ciências naturais da Universidade Federal do ABC (UFABC)**. São Paulo. 12 e 13 de agosto de 2011.

NOVOTNY, V. Diffuse Sources os Pollution by Toxic Metals and Impacto n Receiving Waters. **Heavy Metals: Problems and Solutions**, cap.3, p 33-52, 1995.

PINHEIRO, E. **Pectina da casca do maracujá amarelo (*Passiflora edulis f. flavicarpa*): otimização da extração com ácido cítrico e caracterização físico-química**. Dissertação. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Florianópolis – SC. 2007

SALATI, E. **Diagnóstico ambiental sintético e qualidade da água como subsídio para o planejamento regional integrado da bacia hidrográfica do Rio Corumbataí, SP**. 1996. 199 p. (Tese de Doutorado) Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo, São Carlos, 1996.

VAGHETTI, J.C.P. **Utilização de Biossorvente para Remediação de Efluentes Aquosos Contaminados com Íons Metálicos**. 2009. 84 p. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

VIEIRA, B.; BRAGA, D. M.; JESUS, T. A. Biossorção de Cd (II) utilizando casca de laranja como substrato. **Anais...X Encontro Nacional de Águas Urbanas**. 16 – 18 de setembro de 2014.

VILAR, V. J. P. **Remoção de íons metálicos em solução aquosa por resíduo da indústria de extração de Agar**. Trabalho de Conclusão de Curso em engenharia química da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP). Porto – Portugal. Abril 2006