

**GABRIELA MORAES BARROS**

**Estudo do potencial de biossorção de cobre por  
*Penicillium ochrochloron* em meio líquido**

São Paulo  
2020

**GABRIELA MORAES BARROS**

**Estudo do potencial de biossorção de cobre por  
*Penicillium ochrochloron* em meio líquido**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Interunidades em Biotecnologia da Universidade de São Paulo, Instituto Butantan e Instituto de Pesquisas Tecnológicas para obtenção do Título de Mestre em Biotecnologia.

São Paulo  
2020

**GABRIELA MORAES BARROS**

**Estudo do potencial de bio sorção de cobre por  
*Penicillium ochrochloron* em meio líquido**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação  
Interunidades em Biotecnologia USP/Instituto Butantan/  
IPT, para obtenção do Título de Mestre em Biotecnologia.

Área de concentração: Biotecnologia

Orientador: Prof. Dr. Benedito Corrêa

Aluna: Gabriela Moraes Barros

Versão original

São Paulo  
2020

CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)  
Serviço de Biblioteca e informação Biomédica  
do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo

Ficha Catalográfica elaborada pelo(a) autor(a)

Moraes Barros, Gabriela  
ESTUDO DO POTENCIAL DE BIODISSORÇÃO DE COBRE POR  
PENICILLIUM OCHRORHIZON EM MEIO LÍQUIDO / Gabriela  
Moraes Barros; orientador Benedito Corrêa. -- São  
Paulo, 2020.  
71 p.

Dissertação (Mestrado) ) -- Universidade de São  
Paulo, Instituto de Ciências Biomédicas.

1. Metais pesados. 2. Biorremediação. 3.  
Microorganismos. I. Corrêa, Benedito, orientador.  
II. Título.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
Programa de Pós-Graduação Interunidades em Biotecnologia  
Universidade de São Paulo, Instituto Butantan, Instituto de Pesquisas Tecnológicas

Candidata: Gabriela Moraes Barros

Titulo da Dissertação: Estudo do potencial de bio sorção de cobre pelo *Penicillium ochrochloron* em meio líquido

Orientador: Benedito Corrêa

A Comissão Julgadora dos trabalhos de Defesa da Dissertação de Mestrado, em sessão publica realizada a ...../...../....., considerou o(a) candidato(a):

Aprovado(a)                       Reprovado(a)

Examinador(a):                      Assinatura: .....  
Nome: .....  
Instituição: .....

Examinador(a):                      Assinatura: .....  
Nome: .....  
Instituição: .....

Examinador(a):                      Assinatura: .....  
Nome: .....  
Instituição: .....

Presidente:                              Assinatura: .....  
Nome: .....  
Instituição: .....



Cidade Universitária "Armando de Salles Oliveira", Butantã, São Paulo, SP - Av. Professor Lineu Prestes, 2415 - ICB III - 05508 000  
Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Ciências Biomédicas da USP - Telefone (11) 3091-7733 - e-mail: cep@icb.usp.br

Decl. CEP.10.2020

## DECLARAÇÃO

Em adendo ao Certificado de Isenção CEP nº 902/2017, aprovado em 21/08/2017, e por solicitação do Prof. Dr. *Benedito Correa*, do Departamento de Microbiologia - ICB USP, informamos que o título do projeto da aluna: *Gabriela Moraes Barros* foi alterado para: "Estudo de potencial de bioadsorção de cobre por *Penicillium ochrochloron* em meio líquido", para melhor adequação do título ao projeto desenvolvido.

São Paulo, 11 de novembro de 2020.

Profa. Dra. **Luciane Valéria Sita**  
Coordenadora CEUA ICB/USP

Profa. Dra. **Camila Squarzon Dale**  
Coordenadora CEP SH ICB/USP

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais e familiares que me ajudaram a concluir o mestrado cuidando com todo amor do meu filho e de mim.

Ao Programa de Pós-Graduação Interunidades em Biotecnologia da Universidade de São Paulo, pela oportunidade da realização do curso de mestrado.

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 00, pela concessão da bolsa de mestrado que apoiou a realização dessa pesquisa.

À Luciana Jandelli Gimenes, que muito me ensinou nessa trajetória, contribuindo para meu crescimento na área.

Ao Dr. Benedito Côrrea pela atenção e apoio durante o mestrado. Ao Laboratório de Micotoxinas ICB/USP, lugar onde iniciei meus experimentos. Obrigada Tatiana Alves dos Reis pela atenção em diversas partes do mestrado.

Ao Centro de Capacitação e Pesquisa em Meio Ambiente (CEPEMA POLI USP), onde a maior parte do trabalho foi realizada. Obrigada a Ellen Lacerda por compartilhar o que aprendeu em seu estudo. A técnica de laboratório Rafaela Araújo, pelas análises no ICP e envio da segunda parte dos resultados e a todos os funcionários que me ajudaram.

Ao Dr. Jorge Alberto Soares Tenório por colocar à disposição o laboratório de Reciclagem, Tratamento de Resíduos e Extração LAREX – USP, a técnica do ICP Ana pelos primeiros resultados e aos alunos do laboratório pela paciência e ajuda.

Ao Dr. Abel de Oliveira do Instituto de Química, que me auxiliou muito nas análises estatísticas.

A todos os funcionários do programa, professores e alunos. Adriana Sanches por toda paciência e ajuda.

## RESUMO

BARROS, G. M. **Estudo do potencial de biossorção de cobre por *Penicillium ochrochloron* em meio líquido.** 2020. 71f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) - Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

A contaminação por metais pesados encontrados em áreas de rejeito de mineração é um dos maiores passivos ambientais discutidos atualmente. Devido a necessidade de se encontrar alternativas mais eficazes e ecologicamente corretas aos métodos convencionais utilizados para remediação desses locais, estudos sobre biorremediação têm crescido cada vez mais nos últimos anos. O presente trabalho teve como intuito avaliar, em escala inicial com mesa horizontal agitadora, a capacidade de biossorção de íons  $\text{Cu}^{2+}$  pela biomassa inviável do fungo *Penicillium ochrochloron*, a partir de variáveis ainda não estudadas como, em ordem de análise: pH, temperatura, quantidade de biomassa e velocidade de agitação. A espécie foi coletada em áreas de rejeitos de mina de cobre chamada Mina do Sossego, localizada no Estado do Pará. Para todos os ensaios, foi determinada concentração inicial  $50 \text{ mg.L}^{-1}$  e as alíquotas foram retiradas do tempo 0 e após 20 minutos de ensaio do controle e dos frascos com a biomassa, conforme resultados significativos encontrados em estudos anteriores. Em seguida, foi feita a análise da concentração residual do  $\text{Cu}^{2+}$  e calculado valores de remoção de cobre (R%) e capacidade de biossorção (q). Após o teste de TUKEY foi possível afirmar que o pH 5 teve influência no processo com mais de 70% de remoção de  $\text{Cu}^{2+}$ . Para as outras variáveis não houve diferença significativa entre os valores ( $p > 0,5$ ). Sendo assim, a escolha de cada uma dessas variáveis foi visando o baixo custo para processo esperado em escala industrial. Por fim, os resultados da variável otimizada nesse estudo foram ajustados à modelos de isotermas de adsorção para comparação à outras biomassas encontradas na literatura. Como esperado, os estudos com a utilização da biomassa inviável do *P. ochrochloron* mostraram-se muito interessantes e podem ser realizados escala maior com utilização de biorreatores de bancada, visando remoção em locais com efluentes contaminados com baixa concentração de  $\text{Cu}^{2+}$ .

**Palavras-chave:** Metais pesados. Biorremediação. Microrganismos.



## ABSTRACT

BARROS, G. M. **Biosorption study of copper from an aqueous solution by *Penicillium ochrochloron***. 2020. 71 p. Masters thesis (Biotechnology) - Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

Heavy metals contamination from mining waste areas is one of the largest environmental liabilities currently discussed. In recent years, the number of bioremediation research studies, which is more effective and ecologically correct process than the traditional remediation approaches, has been increasing. This study aimed to evaluate copper biosorption from an aqueous solution by dead, dried, and powdered biomass of the filamentous fungus *Penicillium ochrochloron* on a laboratory-scale, considering variables not previously analysed, such as pH, temperature, biomass dose, and stirring speed. The fungus was isolated from a copper-contaminated site at Sossego mine, which belongs to the mining company Vale S.A., located in Canaã dos Carajás city, Pará state, Brazil. All biosorption tests were carried out using a 50 mg.L<sup>-1</sup> Cu<sup>2+</sup> solution, with samples collected at t<sub>0</sub> and 20 minutes after biomass addition and at erlenmeyer flasks used as control without biomass. Then, the residual Cu<sup>2+</sup> concentration was analyzed and copper removal values (R %) and biosorption capacity (q) were calculated. The only variation optimized was pH, removing 71,20 % of Cu (II) at pH 5 according to Tukey's test (p < 0.05). The results of the optimized variable were adjusted to models of adsorption isotherms to compare with other biomasses in literature review. The use of the dead biomass of this fungus on a large-scale using bench bioreactors is promising. Because of the minimum costs, it should be further explored for the removal of copper from contaminated effluents with low concentrations of this metal.

**Keywords:** Heavy metals. Bioremediation. Microorganisms.

## 1 INTRODUÇÃO

Com o advento da mineração, considerada uma atividade importante para a economia brasileira desde o período colonial e que mantém sua força nos dias atuais, grandes passivos ambientais foram deixados, envolvendo milhares de minas e garimpos (FERNANDES et al., 2007). Dentre os diversos conflitos socioambientais causados está a contaminação por metais pesados, que representam os maiores resíduos contaminantes no ecossistema, encontrados em barragens de rejeitos (BANCO MUNDIAL, 2003).

O cobre foi, provavelmente, o primeiro metal utilizado pelo homem gerando progresso na sociedade devido a suas diversas utilidades como ferramentas, armas e objetos de decoração (MAAR, 2008). Nos dias atuais, este é um dos metais mais utilizado no mundo e indispensável para o futuro das próximas gerações (BNDES, 2018). Apesar do cobre ser um oligoelemento essencial para o bom funcionamento do organismo, este pode acarretar efeito tóxico grave no organismo quando ingerido em altas concentrações, presente, por exemplo, em águas poluídas por negligência de empresas responsáveis pelo beneficiamento do mesmo (McDOWELL, 1992; FOROUTAN et al., 2018).

Diante dessas considerações, é notória a extrema importância do planejamento e fiscalização nas atividades mineradoras, com necessidade de impulsionar cada vez mais medidas para o descarte adequado dos resíduos, além de tratamentos eficazes para redução das concentrações dos poluentes em níveis não tóxicos recomendados pelas agências de controle ambiental (CONAMA, 2010; AURUBIS, 2012). Nesse contexto, muitas empresas, como a Vale S.A., já têm como compromisso gerar prosperidade com respeito pelos seres vivos e pelo meio ambiente e vêm investindo em remediação de áreas afetadas (VALE, 2010).

Um método de tratamento que está cada vez mais em evidência é a biossorção. Como outras técnicas de biorremediação, este processo utiliza organismos, geralmente microrganismos e plantas, como agentes de remoção de metais e destaca-se pelo baixo custo quando comparada aos processos convencionais físico-químicos, mostrando eficiência na remoção de poluentes do meio ambiente (SCHIEWER; VOLESK, 1997; MALIK, 2003; VALE, 2010).

Apesar dos estudos de biossorção serem mais abrangentes com o uso de bactérias, os fungos têm demonstrado grande potencial como biossorvente em escala laboratorial, sugerindo mais pesquisas com esse grupo promissor na perspectiva industrial (AKAR; TUNALI, 2006; PALLU, 2006; JAVAID et al., 2010; MARANDI, 2011; VERMA et al., 2013).

Este estudo teve como proposta ampliar as informações sobre a espécie *Penicillium ochrochloron* como biomassa morta, seca e pulverizada no processo de bio sorção de cobre, que ganhou destaque pelos resultados significativos de remoção do  $\text{Cu}^{2+}$  encontrados pelo grupo de pesquisa em trabalhos anteriores. O fungo foi isolado e identificado de uma coleta feita em áreas de rejeito mina de cobre chamada Mina do Sossego pertencente à mineradora Vale S.A., localizada no estado do Pará. A mina possui uma lagoa de rejeitos com resíduos de cobre, que impulsionou a empresa em investir, em parceria com a Universidade de São Paulo, no uso de técnicas de biorremediação para descontaminação da barragem e reaproveitamento do cobre (VALE, 2010).

## 7 CONCLUSÕES

O uso do pH 5 mostrou influência no processo de biossorção e está dentro das condições do CONAMA Resolução nº 430/2011 artigo 16 para lançamento de efluentes, não havendo necessidades de ajustes para plano industrial.

Ambos os modelos utilizados de isotermas de adsorção ajustados para variação de pH foram adequados para os resultados deste estudo e importantes para notabilidade do fungo na remoção de íons cobre.

Ainda não foi possível afirmar a natureza do processo pela temperatura (endotérmico, exotérmico ou independente), pois não houve aumento ou diminuição na eficiência entre a faixa estudada (27-35° C), se mantendo constante em torno de 70% de remoção do metal. Porém, é interessante ressaltar que a temperatura média do local onde foi feita a coleta, em Canaã dos Carajás, está dentro da faixa estudada, então, desta forma, não haveria necessidade de controle de temperatura em larga escala, diminuindo o custo.

Visto que não há diferença significativa entre os valores encontrados no ensaio da variação da quantidade de biomassa, o uso da menor dose seria o mais aconselhado, pois, em larga escala, haveria menor produção, sendo outro fator relevante para o baixo custo no processo.

A biomassa inviável de *P. ochrochloron* apresenta resultados mais efetivos de remoção do metal do que a biomassa viável encontrada na literatura.

Após todas as avaliações apresentadas neste trabalho, fica evidente que o *P. ochrochloron* deve ser mais explorado como biomassa inviável, seguindo em escala maior com o uso de reatores de laboratório, podendo representar uma alternativa, ou como forma complementar às técnicas convencionais já existentes, de baixo custo e eficiente para tratamento de efluentes contaminados com baixa concentração de  $\text{Cu}^{2+}$ .

Apesar dos crescentes estudos sobre biossorção na literatura, há poucos relatos explorando o *P. ochrochloron* como biossorvente. Diante disso, como resultado relevante, este estudo mostra ampliar o avanço no conhecimento da espécie, contribuindo como parâmetro para o uso desta como biomassa seca no processo de biossorção.

## REFERÊNCIAS

AGUIAR, M. R. M. P. de; NOVAES, A. C. Remoção de metais pesados de efluentes industriais por aluminossilicatos. **In Quím. Nova [online]**. vol.25, n.6b, pp.1145-1154. ISSN 1678-7064. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422002000700015>. Acesso em: Novembro de 2017.

AHALYA, N; KANAMADI, R. D; RAMACHANDRA, T. V. Biosorption of chromium (VI) from aqueous solutions by the husk of Bengal gram (*Cicer arietinum*). **Electronic Journal of Biotechnology**, 2015. Disponível em <10.2225/vol8-issue3-fulltext-10 >. Acesso em Janeiro de 2019.

AKAR, T; TUNALI, S. Biosorption characteristics of *Aspergillus flavus* biomass for removal of Pb(II) and Cu(II) ions from aqueous solution. **Bioresource Technology**, v. 97, n. 15, 2006. p. 1780-1791.

AKAR, T; TUNALI, S. Biosorption performance of *Botrytis cinerea* fungal by-products for removal of Cd(II) and Cu(II) ions from aqueous solutions. **Minerals Engineering**, 2005. p. 1099-1109.

AKSU, Z. **Equilibrium and kinetic modelling of cadmium(II) biosorption by *C. vulgaris* in a batch system**: effect of temperature, Separation and Purification Technology, 2001, 285-294.

AKSU, Z. **Determination of the equilibrium, kinetic and thermodynamic parameters of the batch biosorption of nickel(II) ions onto *Chlorella vulgaris***, Process Biochemistry, 2002, 89-99.

ALBRECHT, T. W. J; ADDAI-mensah, J; FORNASEIRO, D. **Effect of pH, Concentration and Temperature on Copper and Zinc Hydroxide Formation / Precipitation in Solution**. CHAMECA: Engineering a Better World, 2011. p. 1- 10.

ALEXOPOULOS, C. J; MIMS, C. W; BLACKWELL, M. **Introductory Mycology**. New York, 1996. 865 p.

ALLOWAY, B. J; AYRES, D. C. Chemical Principles of Environmental Pollution. **Blackie Academic**, London, 168, 1997.

ALVES, D. A. S. **Estudo dos processos de biossorção e dessorção de íons metálicos de Cu<sup>2+</sup> e Zn<sup>2+</sup> em solução sintética através de coluna de leito fixo**. 2020. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Escola Politécnica, University of São Paulo, São Paulo, 2020. doi:10.11606/D.3.2020.tde-03092020-110012. Acesso em: 2020-10-04.

ANAND, P; ISAR, J; SARAN, S; SAXENA, R. K. Bioaccumulation of copper by *Trichoderma viride*. **Bioresource Technology**, v. 97, 2006. p. 1018 – 1025.

ANDREAZZA, R; PIENIZ, S; OKEKE, B. C; CAMARGO, F. A. O; BENTO, F. M. Characterization of copper biosorption and bioreduction by copper resistant bacteria isolated

from a vineyard soil. In: **19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World**: Brisbane, 2010.

ANDRADA, M. L. A. V; CUNHA, J. R. M.; KELLER, L. M.S; FULDA, M. C; STRUBELL, R. Indústria do cobre. **Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social**. Rio de Janeiro, 1997.

ANTUNES, W. M; LUNA, A. S; HENRIQUES, C. A; COSTA, A. C. A. An evaluation of copper biosorption by a brown seaweed under optimized conditions. **Electronic Journal of Biotechnology**, v. 6, n. 3, p. 174-184, 2003.

ANVISA Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Consulta pública** Nº 80, de 13 de Dezembro de 2004.

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Ministério do Meio Ambiente e Ministério da Saúde. **Manual de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde. Tecnologia em Serviços de Saúde**. Brasília, 2006. 185 p.

ANVISA Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução CNNPA**, Nº 12, 1978.

ATKINS, P.; JONES, L. **Princípios de Química**: Questionando a vida moderna e o meio ambiente. 5.ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

ATLAS, R.M.. **Microbial Hydrocarbon Degradation-Bioremediation of Oil Spills**. J. Chem. Tech: Biotechnol, 1991. 52: 149-156.

ATLAS, R. M. **Bioremediation of petroleum pollutants. International Biodeterioration & Biodegradation**, 1995. p. 317-327.

ATSDR Agency for Toxic Substances and Disease Registry. **Toxicological profile for copper**. Atlanta, 2004.

AURUBIS, A. G. How much supply will be needed in a world of recycling?. **cru's 11th world copper conference**. Santiago do Chile, 16-18 abr. 2012.

AVANZI, I. R. **Estudo da atividade microbiana na biorremediação de metais tóxicos na região Amazônica**. 2016. Tese (Doutorado em Ciência Ambiental) - Instituto de Energia e Ambiente, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

BAIRD, C; CANN, M. **Química ambiental**. 4ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2011. 844 p.

BALTAZAR, M. P. dos G. **Estudo do potencial de biossorção de cobre por *Rhodococcus erythropolis* e *Enterobacter cloacae* isoladas de uma área de mineração**. Tese (Escola Politécnica) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

BANCO MUNDIAL. Grandes minas y la comunidad: efectos socioeconómicos en Latinoamérica, Canadá y España. **Banco Mundial/Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo**, Ottawa, Canadá. 2003.

BARCELOS, V. Educação ambiental: sobre princípios, metodologias e atitudes. Rio de Janeiro, Vozes, 2008.

BARROS, A. R. B. **Remoção de íons metálicos em água utilizando diversos adsorventes.** 2011. Dissertação - Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

BASENER, W F; BROOKS, B. P; RADIN, M. A; WIANDT, T. Dynamics of a discrete population model for extinction and sustainability in ancient civilizations. **Nonlinear Dynamics and Life Sciences**, 12, 2008. p 29-53.

BASENER, W. F; SANFORD, J. C. **The fundamental theorem of natural selection with mutations.** **Journal of Mathematical Biology**, 76(7): 1589–1622, 2018.

BISHNOI T; GARIMA, N. R. “Fungus – An Alternative for Bioremediation of Heavy Metal Containing Wastewater: A review”. **Journal of Scientific & Industrial Research**, v. 64, Fevereiro de 2005, pg. 93–100.

BNDES Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social RELATÓRIO ANUAL. Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social,1983-. **Anual. Continuação de Relatório das Atividades BNDE**, 2018.

BOOTA, R; BHATTI, H. N; HANIF, M. A. Removal of Cu(II) and Zn(II) using lignocellulosic fiber derived from Citrus reticulata (Kinnow) waste biomass. **Sep Purif Technol** 44:4000–4022, 2009.

BORGES, A. F; BARROSO, E. V. Análise da utilização de geofísica e biorremediação em problemas de contaminação de solo e água subterrânea. **Revista UFRJ**, 39(2), 1997.

BOSSOLAN, N. R. S.; **Introdução à Microbiologia.** São Paulo: Universidade de São Paulo, p. 28, 2002.

BREWER, G. J. Risks of copper and iron toxicity during aging um humans. **Chemical Research in Toxicology**, v. 23, 2010. p. 319-326.

BREMNER, I. Manifestations of copper excess. **The American Society for Clinical Nutrition**, Houston, v. 67, n. 5, 1998. p. 1069S-1073S.

BREWER, G. J. Doença de Wilson. **In: Harrison TR (Org.). Medicina Interna de Harrison.** 18ed. Porto Alegre: AMGH, 2013.

BRIERLEY, J. A; BRIERLEY, C. L; GOYAK, G. M. **AMT-Bioclaim:** a new wastewater treatment and metal recovery technology. Process Metallurgy, 1986.

BUENO, B. Y. M; TOREM, M. L; MOLINA, F; MESQUITA, L. M. S. **Biosorption of lead (II), chromium (III) and cooper (II) by R. opacus.** 2008. \_\_\_\_ p 60 – 75.

BURATTO, A. P; COSTA, R. D; FERREIRA, E. da S. Application of fungal biomass of Pleurotus ostreatus in the process of biosorption of copper ions (II). **In Eng. Sanit. Ambient.[online]**, v.17, n.4, 2012. p. 413-420.

CABRAL, E. R; Enríquez, D. V; SANTOS, D. V. **Canaã dos Carajás—do leite ao cobre: transformações estruturais do município após a implantação de uma grande mina**, 2011.

CARMO, E. S; BELÉM, L.F; CATÃO, R. M. R; LIMA, E.O; SILVEIRA, I. L; SOARES, L. H. M. Microbiota fúngica presente em diversos setores de um hospital público em Campina Grande - PB. **Revista Brasileira de Análises Clínicas**, 39(3): 213-21, 2017.

CETENE - **Centro de tecnologia estratégias do nordeste**. Disponível em <<https://www.cetene.gov.br/index.php/infraestrutura/microscopia/>>. Acesso em: Junho de 2019.

CHUBAR, N; CARVALHO, J. R; CORREIA, M. J. N. **Cork biomass as biosorbent for Cu(II), Zn(II) and Ni(II), Colloids and Surfaces A-Physicochemical and Engineering Aspects**, 2003, 230, 1-3, 57-65.

CODELCO – Corporación Nacional del Cobre de Chile. **Cuál es la perspectiva de la producción chilena en el próximo quinquenio? Como afectará a la expansión y los costos, la situación energética en el norte de Chile?** **World copper conference**, Santiago do Chile, 16-18 abr, 2012.

CODELCO - **Corporación Nacional del Cobre de Chile Financial Results Year. 2012**. Disponível em:<[https://www.codelco.com/prontus\\_codelco/site/artic/20130117/asocfile/20130117172641/resultados2012\\_eng.pdf](https://www.codelco.com/prontus_codelco/site/artic/20130117/asocfile/20130117172641/resultados2012_eng.pdf)> , Acesso em: Dezembro 2019.

COLLA, L. **Biossorção de cádmio e produção de biossurfactantes por fungos filamentosos em fermentação submersa**. **Revista CIATEC-UPF**. v. 4, n. 1, p. 1-10, 2012.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n° 428**, de 17 de dezembro de 2010, 2010.

CONAMA, **Resolução N° 430**, de 13 de Maio de 2011.

CONICELLI, B. P. **Biossorção de chumbo e mercúrio pelas linhagens selvagens e recombinants de *C. metallidurans* em meio aquoso**. 2017. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear – Materiais) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, 2017.

CRUZ, C. C. V; COSTA, A. C. A; HENRIQUES, C. A; LUNA, A. S. **Kinetic modeling and equilibrium studies during cadmium biosorption by dead *Sargassum* sp. Biomass**. **Bioresource Technology**, v. 91, p. 249-257, 2004

DATE, Y; UETA Y; YAMASHITA H. **Orexins, orexigenic hypothalamic peptides, interact with autonomic, neuroendocrine and neuroregulatory systems**. **In: Proc Natl Acad Sci U S A**.;96(2):748-753. doi:10.1073/pnas.96.2.748, 1999.

DAWKINS, R. **A grande história da evolução**. 1ed. **São Paulo: Editora Companhia das Letras, 2009**.



DECESARO, A. **Bioestimulação de solo contaminado por compostos oleosos com biomassa microalgal inativa.** Monografia \_\_ Passo Fundo, 2013.

DEL RIO, D. T. **Biossorção de cádmio por leveduras *Saccharomyces cerevisiae*.** 2004. **Dissertação** (Mestrado em Microbiologia Agrícola) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

DNPM. Departamento Nacional de Produção Mineral: **Sumário Mineral**, 2012.

DÖNMEZ, G; AKSU, Z; OZTURK, A; KUTSAL, T. A comparative study on heavy metal biosorption characteristics of some algae. **Journal of Chemical Technology and Biotechnology**, 109:118 – 52, 1990

DUARTE-NETO, J. F; Cartaxo, J. M; MENEZES, R. R. Processos de adsorção de corantes em argilas esmectíticas: uma revisão. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, 2014. 51-59.

EHC 200 Environmental Health Criteria 200. **International programme on chemical safety**, 1998.

EKMEKYAPAR, F; ASLAN, A; KEMAL BAYHAN, Y; CAKICI, A. Biosorption of copper(II) by non-living lichen biomass of *Cladonia rangiformis* hoffm. J. **Hazardous Mater.**, B137, p.293-298, 2006.

ELANDER, R. P; LOWE, D. A. Fungal biotechnology: an overview.(edt). **Handbook of applied mycology: fungal biotechnology.** cap 1.Nova Iorque: Marcel Dekker, 1992. p. 1-34.

EL-SAYED, H. E. M; EL-SAYED, M. M. H. Assessment of Food Processing and Pharmaceutical Industrial Wastes as Potential Biosorbents : A Review. **BioMed Research International.** v. 2014, 2014.

ERRASQUÍN, E. L; VÁZQUES, C. Tolerance and Uptake of Heavy Metals by *Trichoderma Atroviride* Isolated From Sludge. **Chemosphere**, 50(1), 137–143, 2003.

ESPOSITO, A; PAGNANELLI, F; VEGLIO, F. pH-related equilibria models for biosorption in single metal systems. **Chemical Engineering Science**, 2002, 307-313.

EZZOUHRI, L; CASTRO, E; MOYA, M.; ESPINOLA, F; LAIRINI, K. Heavy metal tolerance of filamentous fungi isolated from polluted sites in Tangier, Morocco. **African Journal of Microbiology Research**, [S.I.], v. 3, n. 2, p. 35-48, 2009.

FAGUNDES-KLEN, M. R; VEIT, M. T.; SILVA, E. A. da; BERGAMASCO, R.; MARTINS, T. D; Canevesi, R. L. S. **Modelagem do efeito do pH na biossorção de metais pela alga marinha *Sargassum filipendula***, 2011.

FATIMA, T; NADEEM, R; MASOOD, A; SAEED, R; ASHRAF, M. Sorption of lead by chemically modified rice bran. **International journal of Environmental Science and Technology**, 2013.

FERRAZ, A. I. O. F. **Utilização de sub-produtos da indústria cervejeira na remoção de crômio trivalente de soluções aquosas.** Tese (doutorado em Engenharia Química)-Universidade do Minho, 2007.

FERNANDES, F. R. C; LIMA, M. H. R; TEIXEIRA, N. S. Grandes minas e comunidade: algumas questões conceituais. **Série Estudos e Documentos.** Rio de Janeiro, v.73. 2007.

FERNANDES, J. C; HENRIQUES, F. S. Biochemical, Physiological, and Structural Effects of Excess Copper in Plants. **The Botanical Review**, 57, 246-273, 1991.

FILIPOVIC-KOVACEVIC, Ž; SIPOS, L; BRISKI, F. Biosorption of chromium, copper, nickel and zinc ions onto fungal pellets of *Aspergillus niger* 405 from aqueous solutions. **Food Technology and Biotechnology** 211:216 – 38(3), 2010.

FISHER, R. A. **The genetical theory of natural selection.** A complete variorum Edition. Oxford Clarendon Press 1930, ed 2007, Reino Unido, 1930.

FLORES, L. H; ONOFRE, S. B. Determinação da presença de fungos anemófilos e leveduras em unidade de saúde da cidade de Francisco Beltrão - PR. **Revista de Saúde e Biologia**, 5(2): 22-26, 2010.

FOROUTAN, R; MOHAMMADI, R; RAMAVANDI, B. Treatment of chromium-laden aqueous solution biomass: Characteristics, equilibrium, kinetic, and thermodynamic studies. **Korean Journal of Chemical Engineering**, 35 (1), 234-245, 2018.

FREITAS, M. A. de. **Biossorção Decorante Reativou utilizando Biomassa Residual De Origem Lignocelulósica e Fúngica.** Dissertação (Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental –PPGCTA) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná –UTFPR, Curitiba, 2018.

FUKAMI, M; YAMAZAKI, S; TODA, S. Distribution of copper in the cells of heavy metal tolerant fungus, *Penicillium ochrochloron*, cultured in concentrated copper médium. **Agricultural and Biological Chemistry**, v. 47, n. 6, 1983. p. 1367-1369.

GABALLAH I; KILBERTUS, G. Recovery of heavy metal ions through decontamination of synthetic solutions and industrial effluents using modified barks. **Journal of Geochemical Exploration**, 1998. p.241-286.

GADD, G. M; CHUDEK, J. A; FOSTER, R; REED, R. H. The osmotic response of *Penicillium ochro-chloron*: Changes in internal solute levels in response to copper and salt stress. **Journal of General Microbiology**, v. 130, p. 1969-1975, 1984.

GADD, G. M; DE ROME, L. Biosorption of copper by fungal melanin. **Appl Microbiol Biotechnol** 29, 610–617, 1988.

GADD, G. M. **Metals, minerals and microbes:** geomicrobiology and bioremediation. **Microbiology**, v. 156, p. 609-643, 2010.

GADD, G. M; WHITE, C. Copper uptake by *Penicillium ochro-chloron* .Influence of pH on toxicity and demonstration of energy-dependent copper influx using protoplasts. **Journal of General Microbiology**, v. 131, p. 1875-1879, 1985.

GAYLARDE, C. C; Bellinaso, M. L.; Manfio G. P. **Biocombustíveis, Ciência e Desenvolvimento**, 2005, 34, 36.

GOKSUNGUR, Y; UREN, S; GUVENC, U. Biosorption of cadmium and lead ions by ethanol treated waste baker's yeast biomass. **Bioresource Technology**, 2005, p. 103-109.

GRAZZIOTTI, P. H. **Comportamento de fungos ectomicorrízicos, Acacia mangium e espécies de Pinus e Eucalyptus em solo contaminado por metais pesados**. Tese Doutorado Universidade Federal de Lavras - Lavras, 1999.

HARRIS, P. O; RAMELOW, G. J. Binding of metal ions by particulate biomass derived from *Chlorella vulgaris* and *Scenedesmus quadricauda*. **Environ Sci Technol**, 1990.

HIDALGO, E. H. **Relação do método de desmame e da disponibilidade de leite materno com o comportamento de bezerros de corte**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas) - Centro Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, 2009.

HLADIKOVA, V; URSINYOVA, M. The impact of mercury from dental amalgam on man and environment. **Hygiena**, v. 42, n. 4, p. 216-221, 1997.

HOLLER, F.J. et al. **Princípios de análise instrumental**. Porto Alegre: Bookman, 2009. 1056 p.

HUANG, C. P; HUANG, C. P; Morehart, A. L. The removal of Cu (II) from dilute aqueous solution by *Saccharomyces cerevisiae*. **Water Research**, 1990, 433-439.

IBRAM – Instituto Brasileiro de Mineração. **Extração de cobre crescerá 34% até 2017**, 2014. Disponível em: <[http://www.ibram.org.br/150/15001002.asp?ttCD\\_CHAVE=223950](http://www.ibram.org.br/150/15001002.asp?ttCD_CHAVE=223950)>.

IBRAM – Instituto Brasileiro de Mineração. **Produção global de cobre vai crescer 4,5% , 2018**. Disponível em: <[http://www.ibram.org.br/150/15001002.asp?ttCD\\_CHAVE=252241](http://www.ibram.org.br/150/15001002.asp?ttCD_CHAVE=252241)>.

IBRAM – Instituto Brasileiro de Mineração. **SNL lança relatório sobre o cobre no período de 1990-2014**, 2015. Disponível em: <[http://www.ibram.org.br/150/15001002.asp?ttCD\\_CHAVE=251158](http://www.ibram.org.br/150/15001002.asp?ttCD_CHAVE=251158)>.

ISKANDAR, N. L; ZAINUDIN, N. A. I. M; TAN, S. G. Tolerance and biosorption of copper and lead by filamentous fungi. **J. Environ**, 2011. p. 811-830.

JACQUES, R. J. S; BENTO, F. M.; ANTONIOLLI, Z. I; CAMARGO, F. A. O. C. Biorremediação de solos contaminados com hidrocarbonetos aromáticos policíclicos. **Ciência Rural**, 2007.

JAVAID, A; BAJWA, R; JAVAID, A. Biosorption of heavy metals using a dead macro fungus *Schizophyllum commune* fries: evaluation of equilibrium and kinetic models. **Pakistan Journal of Botany**. v. 42, n. 3, 2010, p. 2105-2118.

KAHRAMAN, S; ASMA, D; ERDEMOGLU, S; YESILADA, O. Biosorption of copper(II) by live and dead biomass of the white rot fungi *Phanerochaete chrysosporium* and *Funalia trogii*. **Engineering in Life Sciences**, v. 5, n. 1, 2005 , p. 72-77.

KAPOOR, A.; VIRARAGHAVAN, T. Biosorption of heavy metals on *Aspergillus niger*: effect of pretreatment. **Bioresource Technology**, v. 63, 1998. p. 189-200.

KHATTRI S, SINGH M. Colour removal from synthetic dye wastewater using a bioadsorbent. **Water, Air, and Soil Pollution**, 2000.

KIRK P. M.; CANNON, P.F.; DAVID, J. C.; STALPERS, J.A. Dictionary of the Fungi. Wallingford: **CABI Publishing**, 11th ed, 2008.

KIVANC, M; TURK, H. Removal of copper íons from aqueous solutions by a lactite acid bacterium. **Brazillian Journal of Chemical Engineering**. 27(2), 309 -314. 2010.

KLAIANI, B. F.; CHAVES, E. S.; SANCHEZ J. D. S; Watanabe, E. R. L. R.; Pietrobelli, J. M. T. A.; Lenzi G. G. Biossorção de pb(ii) por casca de urucum (bixa orellana) em soluções aquosas: estudo cinético, equilíbrio e termodinâmico. **Quim. Nova**, 2016.

KRATOCHVIL, D; VOLESKY, B. Advances in the biosorption of heavy metals. **Trends in Biotechnology**, v. 16, p. 291-300, 1998.

KUYUCAK, N; VOLESKY, B. Accumulation of cobalt by marine alga. **Biotechnology and bioengineering**, p.809-814, 1989.

LACERDA, C. M. L. **Avaliação do potencial de biorremediação por fungos filamentosos presentes em áreas de processamento de cobre**. Dissertação (Mestrado em Interunidades em Biotecnologia) - Universidade de São Paulo USP, 2017.

LACERDA, E. C. M; BALTAZAR, M. dos P. G.; REIS, T. A. dos. Copper biosorption from an aqueous solution by the dead biomass of *Penicillium ochrochloron*. **Environmental Monitoring and Assessment**, Dordrecht, Springer Netherlands, v. 191, n. 4, p. 8 , 2019. Disponível em: < <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7399-y> > . Acesso em 2019.

LAKSHMARAJ, L; GURUSAMY, A; GOBINATH, M. B; CHANDRAMOHAN, R. Studies on the biosorption of hexavalent chromium from aqueous solutions by using boiled mucilaginous seeds of *Ocimum americanum*. **Journal of Hazardous Materials**, v. 169, n. 1-3, 2009. p. 1141-1145.

LANDGRAF, R. A. MESSIAS. **A importância ambiental da vermicompostagem: vantagens e aplicações**. [S.I.], 2005.

LAVARDA, F. L. **Estudo do Potencial de Biossorção dos Íons Cd (II), Cu (II) e Zn (II) pela Macrófita *Eichhornia crassipes***. Dissertação (Engenharia Química) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo –PR, 2010.

LEANDRO-SILVA, Emerson et al . Aplicação dos modelos de Langmuir e Freundlich no estudo da casca de banana como bioadsorvente de cobre (II) em meio aquoso. **Matéria (Rio J.)**, Rio de Janeiro , v. 25, n. 2, e-12656, 2020 . Disponível em:

<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S151770762020000200348&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S151770762020000200348&lng=en&nrm=iso)>. acesso em 14 Oct. 2020.

LEE, J. D. Química inorgânica não tão concisa. São Paulo: **Edgard Blucher**, 1999.

LEITÃO, A. L. Potential of Penicillium Species in the Bioremediation Field. **Int J Environ, Res, Public Health**, [S.I.], (4): 1393-1417, 2009. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2681198/>. Acesso em 13 de junho de 2017.

LESMANA, S. O; Febriana, N; Soetaredjo, F. E; Sunarso, J; Ismadji, S. Studies on potential applications of biomass for the separation of heavy metals from water and wastewater. **Biochem. Eng. J.**, 44, 19-41, 2009.

LI, Q; ZHAI, J; ZHANG; W; WANG, M; ZHOU, J. Kinetic studies of adsorption of Pb(II), Cr(III) and Cu(II) from aqueous solution by sawdust and modified peanut husk. **Journal of Hazardous Materials**, 141, No. 1, 163-167, 2007.

LÓPEZ ERRASQUÍN, E; VÁZQUEZ, C. Tolerance and uptake of heavy metal metals by trichoderma atroviride isolated from sludge. **Chemosphere**, v.50, p 43, 2003.

MAAR, J. H. **História da química** - Primeira Parte - dos primórdios a Lavoisier. Florianópolis: Conceito, 2008.

MAHMOUD, M. S. Decolorization of certain reactive dye from aqueous solution using Baker 's Yeast ( *Saccharomyces cerevisiae* ) strain. **Housing and building national research center**, 2014.

MALIK, A. Metal bioremediation through growing cells. **Enrionment International**, 261-310, 2004. Disponível em: <http://doi.org/10.1016/j.envint.2003.08.001>. Acesso em: 20 de maio 2019.

MARANDI, R. Biosorption of hexavalent chromium from aqueous solution by dead fungal biomass of *Phanerochaete cryosporium*: batch and fixed bed studies. **Canadian Journal on Chemical Engineering & Technology**, 2011.

McDOWELL, L. R. Minerals in animal and human nutrition. **Academic Press**, San Diego, 1992.500p.

MECHI, A; SANCHES, D. L. **Impactos ambientais da mineração no Estado de São Paulo**. Estud. av. [online], São Paulo, v. 24, n. 68, p. 209-220, jan./fev./mar./abr. 2010. Disponível em: . Acesso em: 10 nov. 2016.

MICHALAK, I; CHOJNACKA, K; WITEK-KROWIAK, A. State of art for the biosorption process –**A review**. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, v. 170, p. 1389-1416, 2013.

MINISTÉRIO DA SAÚDE, **Portaria N° 2914**, 12 de Dezembro de 2011.

MISHRA, A.; MALIK, A. Simultaneous bioaccumulation of multiple metals from electroplating effluent using *Aspergillus lentulus*. **Water Research**, v. 46, 2012. p. 4991-4998.

MOREIRA, D. R. **Desenvolvimento de adsorventes naturais para tratamento de efluentes de galvanoplastia**. Mestrado (Engenharia e tecnologia de materiais) - PUCRC- Porto Alegre, 2010.

MOROSINI, L. **Avanço dos fungos**: Esporotricose, aspergilose, candidemia, criptococose, paracoco: infecção fúngicas são graves, deixam sequelas e podem levar à morte. Disponível em: <<https://radis.ensp.fiocruz.br/index.php/home/reportagem/avanco-dos-fungos>>. Acesso em: 15 de Novembro, 2019.

MUTECA, F. L. L. **Biorremediação de solo contaminado com óleo cru proveniente de Angola**. Dissertação (Mestre em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Programa em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

NASCIMENTO, J. M do; OLIVEIRA, J. D; LEITE, S. G. F. Avaliação Do Potencial De Biossorção De Íons Cobre Por Leveduras Comercias. **Encontro técnico de materiais e química**, Rio de Janeiro, 2017.

NASCIMENTO, J. M. **Estudo Da Remoção Do Íon Cobre Por Meio De Biossorção Usando Biomassa De Levedura (Saccharomyces Cerevisiae)**. Dissertação (Pós-graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) - Ciências Rio de Janeiro, 2015.

NIELSEN, K. Fungal metabolite screening: Database of 474 mycotoxins and fungal metabolites for dereplication by standardized liquid chromatography-UV-mass spectroscopy methodology. **Chromtogr, Smedsgaard, Jørn**, 2003.

OBERHOLSER, N; SHANK, M; NGUYEN, N. Nature of binding between metals ions and algal cell walls. **Environmental Science Technology**, vol. 15, 1981. p 1200-1222.

OFOMAJA, A. E, H. O, Y-S, Effect of pH cádmium biosorption by coconut copra meal. **Journal of Hazardous Material**, 2007.p 300-360.

OKAMOTO, K; FUWA, K. Copper tolerance of a new strain of Penicillium ochrochloron. **Agricultural and Biological Chemistry**, v. 38, n. 7, 1974. p. 1405-1406.

OKAMOTO, K; SUZUKI, M; FUKAMI, M; TODA, S; FUWA, K. Uptake of heavy metals by copper-tolerant fungus, Penicillium ochrochloron. **Agricultural and Biological Chemistry**, v. 41, n. 1, 1977. p. 17-22.

OMAR, B; ARIAS, J. M; GONZALEZ, M. T. M. Extracellular bacterial mineralization with the contexto of geomicrobiology. **Microbiologia**, 1997.

ÖZER, A.; ÖZER, D., İBRAHİM EKİZ, H. The Equilibrium and Kinetic Modelling of the Biosorption of Copper(II) Ions on Cladophora crispata . **Adsorption**, 2010.

OZER, A; OZER, D. Comparative study of the biosorption of Pb(II), Ni(II) and Cr(VI) ions onto S-cerevisiae: determination of biosorption heats, **Journal of Hazardous Materials**, 2003, 100, 1-3, 219-229.

PAGNANELLI, F; ESPOSITO, A.; TORO, L; VEGLIO, F. Metal speciation and pH effect on Pb, Cu, Zn and Cd biosorption onto *Sphaerotilus natans*: Langmuir-type empirical model, **Water Research**, 2003, 627-633.

PAGNANELLI, F; VEGLIO, F; TORO, L. **Modelling of the acid-base properties of natural and synthetic adsorbent materials used for heavy metal removal from aqueous solutions**, **Chemosphere**, 2004.

PAGNANELLI, F; PAPINI, M; TRIFONI, M; VEGLIO, F. Biosorption of Metal Ions on *Arthrobacter* sp.: Biomass Characterization and Biosorption Modeling. **Environmental Science Technology**. 2010.

PAGNANELLI, F; TRIFONI, M; BEOLCHINI, F; ESPOSITO, A; TORO, L; VEGLIO, F. Equilibrium biosorption studies in single and multi-metal systems. **Process Biochemistry**, 2001.

PAL, A; GHOSH, S; PAULM, P. A. Biosorption of cobalt by fungi from serpentine soil of Andaman. **Bioresource technology**, 2006.

PALLU, A. P. S. **Biossorção de cádmio por linhagens de *Aspergillus* sp.** Dissertação (Mestrado na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”) - Universidade de São Paulo (USP), Piracicaba, 2006. 70p.

PARK; J. E; H., RUOCCO, M.G., SUN, H., WILLIAMS, D., LEE, S.J., KATO, T., RICHARDS, N., CHAN, K., MERCURIO, F., KARIN, M., WASSERMAN, S.A. Novel functional dissection of the localization-specific roles of budding yeast polo kinase Cdc5p. **Mol Cell Biol** 24(22):9873-86, 2004.

PATIL, N; WAGHMARE, S; JADHAV, J. Purification and characterization of an extracellular antifungal chitinase from *Penicillium ochrochloron* MTCC 517 and its application in protoplast formation. **Process Biochemistry**, 2012.

PATIL, N. S; JADHAV, J. P. *Penicillium ochrochloron* MTCC 517 chitinase: An effective tool in commercial enzyme cocktail for production and regeneration of protoplasts from various fungi. **Saudi J Biol Sci**, 2015.

PELCZAR, M; REID, R; CHAN, E. C. S. Microbiologia. McGraw-Hill, São Paulo, 1 v. 573 p, 1980 PINO, G.A.H. **Biossorção de Metais Pesados Utilizando Pó da Casca de Coco Verde (*Cocos nucifera*)**. Dissertação\_\_\_ Rio de Janeiro, 2005.

PIETROBELLI, J. M. T. de. **Avaliação do potencial de biossorção dos íons Cd em a macrófita *Egeria densa***. Dissertação (Centro de Engenharias e Ciências Exatas) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2007.

PINO, G. A. H. **Biossorção de Metais Pesados Utilizando Pó da Casca de Coco Verde (*Cocos nucifera*)**. Dissertação\_\_\_ Rio de Janeiro, 2005.

PINO, G. H; TOREM, M. L. Aspectos Fundamentais da biossorção de metais não ferrosos - estudo de caso. **Tecnol. Metal. Master. Miner.**, São Paulo, 2011. p.57-63

PRITHVIRAJ, D; DEBOLEENA, K., NEELU, N., NOOR, N; AMINUR, R., BALASAHEB, K. Biosorption of nickel by *Lysinibacillus* sp. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, 2014.

RAIMUNDO, R. S; MACEDO, R. C; RIZZO, A. C. L. Tratamento de solo contaminado por petróleo empregando material estruturante. **In: 44º Congresso Brasileiro de Química**, Associação Brasileira de Química (ABQ), 20 a 24 de Setembro de 2004, Fortaleza, Ceará, 2004.

RANČIĆ, A; SOKOVIĆ, M; KARIOTI, A; Vukojevic, J; SKALTSA, H. Isolation and structural elucidation of two secondary metabolites from the filamentous fungus *Penicillium ochrochloron* with antimicrobial activity. **Environmental toxicology and pharmacology**, 2006.

RASHID, A. et al. Fungal biomass composite with bentonite efficiency for nickel and zinc adsorption: A mechanistic study. **Ecological Engineering**, v. 91, 2016. p. 459–471.

RIBAS, M. F. R. **Tratamento de vinhaça em reator anaeróbio operado em batelada sequencial contendo biomassa imobilizada sob condições termofílicas e mesofílicas**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

RIBEIRO, J. A. S. Cobre In: **Balanco Mineral Brasileiro**, 2011.

RIDLEY, M. Evolução. Porto Alegre, **Artmed**, 2006

SALVADORI, M. R.; RÔMULO, A. A; do NASCIMENTO, C. A. O; CORRÊA, B. Intracellular biosynthesis and removal of copper nanoparticles by dead biomass of yeast isolated from the wastewater of a mine in the Brazilian Amazonia. **PLoS ONE**, v. 9, n. 1, 2014.

SANDAU, E; SANDAU, P; PULZ O, Zimmermann M. Heavy metal sorption by marine algae and algal by-products. **Acta biotechnologica**, 16 Pt 2-3, 1996. p.103-119.

SANIPLAN **Engenharia e Serviços Ambientais Ltda**. Serviços, 2019.

SARASWATHY, A; HALLBERG, R. Mycelial pellet formation by *Penicillium ochrochloron* species due to exposure to pyrene. **Microbiol**, 2005.

SAY, R; DENIZLI, A; ARICA, M. Y. Biosorption of cadmium(II), lead(II) and copper(II) with the filamentous fungus *Phanerochaete chrysosporium*. **Bioresource Technology**, v. 76, 2001. p. 67- 70.

SCHEMBER, A. C. G. Biotecnologia e desenvolvimento sustentável. **Estudos avançados**, 2010.

SCHIEWER, S; VOLESKY, B., Modeling of proton-metal ion exchange in biosorption. **Environmental Science & Technology**, v, 29, n 12, 1995. p. 300-399.

SCHIEWER, S; VOLESKY, B. Environ. Sci. **Technol**, 1997. p. 2478-2485.



SENADO FEDERAL. **Atividade Legislativa – Capítulo VI Do Meio Ambiente**. Disponível em: <[https://www.senado.leg.br/atividade/const/con1988/con1988\\_26.06.2019/art\\_225\\_.asp](https://www.senado.leg.br/atividade/const/con1988/con1988_26.06.2019/art_225_.asp)> Acesso em: Outubro 2019.

SEOLATTO, A. A.; CÂMARA, M. M.; TAVARES, C. R.; COSSICH, E. S.; SILVA, E. A. Remoção de níquel(II) de soluções aquosas pela biomassa *Sargassum filipendula* em múltiplos ciclos de sorção-dessorção. **Acta Scientiarum**. Technology, v. 31, n. 1, 2009.

SETHURAMAN, P; DHARMENDIRA KUMAR, M, Biosorption Kinetics of Cu (II) Ions Removal from Aqueous Solution using Bacteria. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, 14: 327-335, 2011.

SHEDBALKAR, U; DHANVE, R; JADHAV, J. P. Detoxification of Malachite Green and Textile Industrial Effluent by *Penicillium ochrochloron*. **Hazardous Materials**. 2008.

SHEDBALKAR, U; JADHAV, J. P. Detoxification of malachite green and textile industrial effluente by *Penicillium ochrochloron*. **Biotechnology and Bioprocess Engineering**. Vol. 16. 2010.

SHIN, E. C; CRAFT, B. D; PEGG, R. B; PHILLIPS, R. D; EITENMILLER, R. R. Chemometric approach to fatty acid profiles in Runner-type peanut cultivars by principal component analysis (PCA). **Food Chemistry**, v. 119, n. 3, p. 1262–1270, 2010.

SHIM, J. W; PARK, S. J; RYU, S. K. **Effect of modification with HNO<sub>3</sub> and NaOH on metal adsorption by pitch-based activated carbon fibers**, 2001.

SHRIVER, D. F; ATKINS, P. W. Química inorgânica. 3. ed. Porto Alegre: **Bookman**, 2003.  
SILVA, A. G. G. **Cadeia Produtiva do Cobre**. Monografia. Minas Gerais B H, 2011.

SINGH S. Biosorption of Heavy Metals by Cyanobacteria: Potential of Live and Dead Cells in Bioremediation. In: Shah M. (eds) *Microbial Bioremediation & Biodegradation*. **Springer**, Singapore, 2020.

SKODRAS G; DIAMANTOPOULOU I; PANTOLEONTOS G; SAKELLAROPOULOS G. P. Kinetic studies of elemental mercury adsorption in activated carbon fixed bed reactor: **Review Journal of Hazardous Materials**, v. 158. 2008. p. 1–13.

SOARES, I. A. Identification of the amylolytics potential of mutante strains of the filamentous fungi *Aspergillus nidulans*. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v29, 2010.

STAHL, P. D; PARKIN, T. B. Relationship of soil ergosterol concentration and fungal biomass. **Soil Biology & Biochemistry**, [S.I.], v.28, n.7, p. 847-855, 1996.

STOKES, P. M; LINDSAY, J. E. Copper tolerance and accumulation in *Penicillium ochrochloron* isolated from copper-plating solution. **Mycologia**, v. 71, n. 4, 1979. p. 796- 806.

TAVANA, Mohamma; PAHLAVANZADEHA, H; ZAREIB, M, Javad. **The novel usage of dead biomass of green algae of *Schizomeris leibleinii* for biosorption of copper(II) from aqueous solutions**: Equilibrium, kinetics and thermodynamics, 2020.

TERÇARIOLI, G. R; PALEARI, L, M; BAGAGLI E. **O incrível mundo dos fungos.** Ciências Biológicas, 2010. p 60 – 88.

TOP, E. M; SPRINGAEL D. The role of mobile genetic elements in bacterial adaptation to xenobiotic organic compounds. **Current Opinion in Biotechnology** 14:262–269, 2003.

TSEZOS, M; BELL, J. P. I. Significance of biosorption for the hazardous organics removal efficiency of a biological reactor. **Water Res.** 391-394, 2001

TSEZOS, M. **Biosorption of metals:** The experience accumulated and the outlook for technology development. *Hydrometallurgy*, v 59, p. 200 – 250, 2001.

TSEZOS, M; Volesky, B. Biosorption of uranium and thorium. **Biotechnol Bioeng.** 23:583–604, 1981.

USGS – United States Geological Survey. **Mineral commodity summaries**, 2012.

VAGHETTI, J.C.P. **Utilização de biossorventes para remediação de efluentes aquosos contaminados com íons metálicos.** Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

VALE S. A. **Relatório de Sustentabilidade**, 2010. Disponível em: <[http://www.vale.com/PT/investors/information-market/annual-reports/sustainabilityreports/Sustentabilidade/Relatório\\_Sustentabilidade\\_Port\\_2010.pdf](http://www.vale.com/PT/investors/information-market/annual-reports/sustainabilityreports/Sustentabilidade/Relatório_Sustentabilidade_Port_2010.pdf)>. Acesso em: 20 de Maio de 2018.

VASQUEZ, T. G. P., **Avaliação da Remoção de Cd e Zn de Solução aquosa por biossorção Bioflotação com Rhodococcus opacus.** Dissertação\_\_ PUC, 110, 2005.

VEGLIO', F; BELOCHINI, F. **Removal of metal by biosorption:** a review, 1997.

VERMA, A. SHALU; SINGH, A; BISHNOI, N. R; GUPTA, A. Biosorption of Cu(II) using free and immobilized biomass of *Penicillium citrinum*. **Ecological Engineering**, v. 61, p. 486- 490, 2013.

VIJAYARAGHAVAN, K; BALASUBRAMANIAN, R. Is biosorption suitable for decontamination of metal-bearing wastewater? A critical review on the state-of-the-art of biosorption process and future directions. **Journal of Environmental Management**, v. 160, p. 283-296, 2015.

VOLESKY, B. Biosorption and me. **Water Research**, v. 41, p. 4017-4029, 2007.

VOLESKY, B; CHONG, H. K. Description of two-metal biosorption equilibria by langmuir – type. Models. **Biotechnology and Bioengineering**, v 47, p 400 – 550, 1995.

VOLESKY, B; HOLAN, Z. R. Biosorption of Heavy Metals. **Biotechnology Progress**, 11, 235-250, 1995.

VOLESKY, B.; NAJA, G. Biosorption: application strategies. **International Biohydrometallurgy**, 2005. p 28.

WALKER, C; HIBBET, D. S, A Higher-level Phylogenetic Classification of the Fungi. **Mycological Research** 111: 509-547, 2000.

WALKER, G. M.; WHITE, N. A. Introduction to fungal physiology. In: KAVANAGH, K. (Ed). **Fungi: biology and applications**. 2. ed. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd, 2011. p. 1-34.

WANG, J; CHEN, C. Biosorbents for heavy metal removal and their future. **Biotechnology Advance**, v. 27, p. 195-226, 2009.

WANG, J; CHEN, C. Influence of metal ionic characteristics on their biosorption capacity by *Saccharomyces cerevisiae*, **Applied Microbiology and Biotechnology**, 2007b, 911-917.

WASE, J; FORSTER, C. et al. **Biosorbents for metal ions**. Grã-Bretanha: Taylor & Francis Ltda., 238p, 1997.

YAHAYA, Y. A; DON, M. M.; BHATIA, S. **Biosorption of copper(II) onto immobilized cells of *Pycnoporus sanguineus* from aqueous solution**: Equilibrium and kinetic studies. *Journal of Hazardous Materials*, v. 161, 2009. p. 189-195.

YILMAZ, M; TAY, T; KIVANC, M; TURK, H. Removal of copperII ions from aqueous solution by a lactic acid bacterium. **Brazilian J. Chem. Eng.** 27: 309-314, 2010.