Pontifícia Universidade Católica
do Rio de Janeiro

Jhonatan Gerardo Soto Puelles

Hematite flotation using a crude biosurfactant extracted from *Rhodococcus opacus*

Dissertação de Mestrado

Dissertation presented to the Programa de Pós-graduação em Engenharia de Materiais e Processos Químicos e Metalúrgicos, PUC-Rio as partial fulfilment of the requirements for the degree of Mestre em Engenharia de Materiais e Processos Químicos e Metalúrgicos.

Advisor: Prof. Mauricio Leonardo Torem
Co-advisor: Dr. Antonio Gutiérrez Merma

Rio de Janeiro
July 2016

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA
DO RIO DE JANEIRO

Jhonatan Gerardo Soto Puelles

Hematite flotation using a crude biosurfactant extracted from *Rhodococcus opacus*

Dissertation presented to the Programa de Pós-graduação em Engenharia de Materiais e Processos Químicos e Metalúrgicos, PUC-Rio as partial fulfilment of the requirements for the degree of Mestre em Engenharia de Materiais e Processos Químicos e Metalúrgicos.

Prof. Maurício Leonardo Torem
Advisor
Departamento de Engenharia Química e de Materiais -PUC-Rio

Dr. Antonio Gutiérrez Merma
Co-advisor
Departamento de Engenharia Química e de Materiais -PUC-Rio

Prof. Luís Alberto Cesar Teixeira
Departamento de Engenharia Química e de Materiais -PUC-Rio

Dra. Flávia Paulucci Cianga Silvas
Instituto Tecnológico Vale

Prof. Márcio da Silveira Carvalho
Coordinator of the Centro Técnico Científico da PUC-Rio

Rio de Janeiro, July 1st, 2016

Jhonatan Gerardo Soto Puelles

Jhonatan Gerardo Soto Puelles holds a BSc. in Chemical Engineering from Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (2012), and now a MSc. in Materials Engineering and Chemical and Metallurgical Processes from Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. From 2012 to 2013, he studied software development. In 2013 he won an internship for 1 year in the Process Engineering Department in Petroperu S.A. From 2014 to 2016, he joined to the research group of Mineral Flotation and Biotechnology-PUC.

Bibliographic data

Soto Puelles, Jhonatan Gerardo

Hematite flotation using a crude biosurfactant extracted from Rhodococcus opacus / Jhonatan Gerardo Soto Puelles ; advisor: Mauricio Leonardo Torem ; co-advisor: Antonio Gutiérrez Merma. – 2016.

110 f. : il. color. ; 30 cm

Dissertação (mestrado)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Química e de Materiais, 2016.

Inclui bibliografia

1. Engenharia Química – Teses. 2. Engenharia de materiais – Teses. 3. Hematita. 4. Bioflotação. 5. Rhodococcus opacus. 6. Biosurfactante. I. Torem, Mauricio Leonardo. II. Gutiérrez Merma, Antonio. III. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Química e de Materiais. IV. Título.

CDD:620.11

To my parents Lourdes and Renato for their continuous support and faith. Thanks

Acknowledgments

Thank you God, for allow me fulfill my goals and support me in every complicated moment.

My gratitude to my advisor Prof. Mauricio L. Torem, for show me this amazing and always surprising world of the surface chemistry.

To Antonio, my co-advisor, for teaching me that two heads can think much better than one.

To Karen for help me get here and to all my friends for the good moments we lived and for their support.

To the professors Bernardo Diaz Ribeiro and Maria Alice Zarur Coelho from the Universidade Federal do Rio de Janeiro, for their advices and constructive observations.

To Gisllane Oliveira from the Laboratório de Caracterização de Fluidos (LCF) do Departamento de Engenharia Mecânica da PUC-Rio, for help me with the surface tension measurements.

I would also like to acknowledge the Coordenação de Aperfecionamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) and the Institute of Technology VALE for their financial support.

Finally, to the Department of Chemical and Materials Engineering, DEQM, and the Mineral Technology group, where it was developed this research.

Abstract

Puelles, Jhonatan Gerardo Soto; Torem, Mauricio Leonardo (Advisor); Merma, Antonio Gutiérrez (Co-advisor). **Hematite flotation using a crude biosurfactant extracted from *Rhodococcus opacus***. Rio de Janeiro, 2016. 110p. MSc. Dissertation -Departamento de Engenharia Química e de Materiais, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Bioflotation is defined as a separation process by which the mineral of interest is floated or depressed selectively, using reagents of biologic origin also known as bioreagents. These substances are characterized by their green chemistry, selectivity and potential to treat fine particles. Currently they are been studied with the expectative of substitute the synthetic reagents used in the mineral flotation processes. Between the diverse microorganisms, the hydrophobic bacteria *Rhodococcus opacus* has been studied as biofrother and biocollector in hematite flotation. In that sense, the research's principal objective is the assessment of the hematite floatability using a crude biosurfactant extracted from the bacteria *Rhodococcus opacus* and consequently determine its potential as an alternative against synthetic reagents or the bacteria itself. In a first stage, it was developed a protocol for the extraction of cell associated and intracellular biosurfactants from the bacteria. Throughout ethanol extraction at 121°C and 2 atm, the cell associated substances where released and solubilized. The average crude biosurfactant recovery was around 0.3 g per L of broth. Characterization by FTIR identified alcohol (-OH) and ketone (C=O) groups as well as saturated and unsaturated carbon chains. Which may compose the mycolates and trehalolopids that are found in the cellular wall of the genera *Rhodococci*. Electrophoretic studies of the hematite sample, before BS interaction, found an IEP around a pH of 7.5 and a PZC at pH 7.6. Applying the Guoy-Chapman model and the mixed model of Guoy Chapman and the plate capacitor, it was possible to study the effect of the biosurfactant onto the electrostatic behavior of the hematite particles. The model predicted the hydrophobicity of the modified hematite at acid pH. Finally it was tested the crude biosurfactant against the bacteria itself in microflotation tests, resulting the first one

in an improved hematite floatability. The results showed a high affinity of the crude biosurfactant for hematite particles and relatively low reagent consumption.

Keywords

Hematite; bioflotation; *Rhodococcus opacus*; biosurfactant.

Resumo

Puelles, Jhonatan Gerardo Soto; Torem, Mauricio Leonardo; Merma, Antonio Gutiérrez. **Flotação de hematita usando um biosurfactante não refinado extraído da *Rhodococcus opacus***. Rio de Janeiro, 2016. 110p. Dissertação de Mestrado -Departamento de Engenharia Química e de Materiais, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

A bioflotação é definida como um processo de separação, através do qual o mineral de interesse é flotado ou deprimido seletivamente, utilizando os reagentes de origem biológica, também conhecidos como bioreagentes. Estas substâncias são caracterizadas por possuírem uma química verde, seletividade e potencial para tratar a partículas finas. Neste sentido, o objetivo principal da pesquisa é a avaliação de um biosurfactante não refinado extraído da bactéria *Rhodococcus opacus* na flotação de hematita. Na primeira fase, foi desenvolvido um protocolo para a extração dos biosurfactantes intracelulares e aqueles associados a parede celular da bactéria. Mediante extração com etanol a 121°C e 2 atm, as substâncias anfifílicas foram liberadas e solubilizadas. A recuperação média de biosurfactante não refinado foi de 0,3 g por dm^{-3}. A caracterização por FTIR identificou grupos álcool (-OH), cetona (C = O) e cadeias de carbono saturadas e insaturadas. Que podem compor os mycolatas e trehalolipideos que são encontrados na parede celular da bacteria. Por estudos eletroforéticos encontrou-se um PIE de 7,5 e um PZC em torno de 7,6. Aplicando o modelo Gouy-Chapman e o modelo misto de Gouy Chapman e o capacitor de placas, foi possível estudar o efeito do biosurfactante no comportamento eletrostático das partículas de hematita. Predizendo como elas foram se tornando hidrofóbicas em valores de pH ácido e como sua flotabilidade diminuía em pH básicos, após interação com o biosurfactante. Finalmente, foi testado o biosurfactante e a própria bactéria em ensaios de microflotação de hematita, resultando o primeiro na melhora na flotabilidade de hematita. Os resultados mostraram uma boa afinidade e baixo consumo de reagente.

Palavras-chave

Hematita; bioflotação; *Rhodococcus opacus*; biosurfactante.

Contents

List of figures

List of photos

List of tables

List of symbols

Latin characters:

BS	Biosurfactant
CMC	Critical micelle concentration
c_{zp}	Ion concentration at the point of zero charge, mol dm^{-3}
c_0	Initial ion concentration, mol dm^{-3}
F	Faraday constant, 96 485.3 s A mol^{-1}
IEP	Isoelectric point
k_B	Boltzman constant, 1.38E-23 m^2 kg s^{-2} K^{-1}
PZC	Point of zero charge
R	Universal gas constant, 8.314 J K^{-1} mol^{-1}
T	Absolute temperature, K
x	Distance from the particle surface, m

Greek characters:

ΔG	Free energy Gibbs variation, J m^{-2}
λ_D	Debye length, m
ψ_0	Surface potential, mV
ε_0	Vacuum permittivity
ε_r	Dielectric constant of water
δ	Distance between the opposite charges
σ	Charge density per area, C m^{-2}
ρ_e	Charge density per volume, C m^{-3}

“People don't choose dreams, dreams choose you” I.W.