

Princípios de Química

Carmen Lúcia Voigt
(Organizadora)



Atena
Editora
Ano 2019

Carmen Lúcia Voigt
(Organizadora)

Princípios de Química

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Geraldo Alves
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof.ª Dr.ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
P957	Princípios de química [recurso eletrônico] / Organizadora Carmen Lúcia Voigt. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-422-1 DOI 10.22533/at.ed.221192406 1. Química – Estudo e ensino. I. Voigt, Carmen Lúcia. CDD 540.7
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Química é a ciência que estuda a estrutura das substâncias, a composição e as propriedades das diferentes matérias, suas transformações e variações de energia. A Química conquistou um lugar central e essencial em todos os assuntos do conhecimento humano, estando interligada com outras ciências como a Biologia, Ciências Ambientais, Física, Medicina e Ciências da Saúde.

Pesquisas na área da Química continuam evoluindo cada dia, sendo benéficas devido maior conscientização de como usar os conhecimentos químicos em prol da qualidade de vida e do desenvolvimento da sociedade; prezando pelo meio ambiente, surgindo assim processos e novas tecnologias com menor agressão e impacto.

Muitas são as fontes degradadoras da natureza, porém os resíduos químicos são considerados os mais agressivos. Ao longo dos anos inúmeros tipos de contaminantes foram lançados no meio ambiente, causando contaminação e poluição em diversos tipos de compartimentos ambientais como solos, rios e mares. O avanço e crescimento industrial no mundo é uma das principais causas da poluição excessiva e liberação de resíduos químicos.

Devido estudos na área da Química é possível realizar remoção de poluentes por diversos processos e o desenvolvimento de técnicas e materiais é abordado neste volume, que trata de processos como adsorção para retirada de contaminantes da natureza. Além destes processos, este volume também trata de novos materiais para aplicação em substituição aos polímeros convencionais, como os biopolímeros, produzidos a partir de matérias-primas de fontes renováveis, ou seja, possuem um ciclo de vida mais curto comparado com fontes fósseis como o petróleo o qual leva milhares de anos para se formar.

Fatores ambientais e sócio-econômicos estão relacionados ao crescente interesse por novas estratégias que buscam alternativas aos produtos e processos convencionais. Neste enfoque, os trabalhos selecionados para este volume oportunizam reflexão e conhecimento na área da Química, abrangendo aspectos favoráveis para ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente.

Boa leitura.

Carmen Lúcia Voigt

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 1

PRODUÇÃO DE BIOPOLÍMEROS PELAS BACTÉRIAS GLUCONACETOBACTER HANSENI E KOMAGATAEIBACTER RHATICUS EM MEIOS CONTENDO HIDROLISADO DE ARROZ E MILHO

Karina Carvalho de Souza

Gabriela Rodrigues dos Santos

Grazielly Maria Didier de Vasconcelos

Paulo Henrique Marrocos de Oliveira

Yêda Medeiros Bastos de Almeida

Felipe Cunha da Silva Trindade

Glória Maria Vinhas

DOI 10.22533/at.ed.2211924061

CAPÍTULO 2 7

CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA DE ÓRTESE SUROPODÁLICA DE MEMBRO INFERIOR PRODUZIDO COM POLICLORETO DE VINILA (PVC)

Heloisa Barbara Rozario Azevedo

Fabiane De Oliveira Santana

Paula Hortência Santos Magalhães

Maria Karoline Silva Souza

Caio Cezar Neves Kunrath

Menilde Araújo Silva Bião

Franco Dani Rico Amado

Bruno Souza Fernandes

DOI 10.22533/at.ed.2211924062

CAPÍTULO 3 12

OBTENÇÃO DE REVESTIMENTOS DE DCPD COM INCORPORAÇÃO DO COPOLÍMERO F-127 PELO MÉTODO DE DEPOSIÇÃO ELETROQUÍMICA

Pablo Eduardo Costa dos Santos

Cristiane Xavier Resende

Zaine Teixeira Camargo

DOI 10.22533/at.ed.2211924063

CAPÍTULO 4 19

CARBOXIMETILCELULOSE-G-OLIGO(ÓXIDO DE ETILENO-CO-ÓXIDO DE PROPILENO): EFEITO DA PORCENTAGEM DE ENXERTIA NAS PROPRIEDADES EM MEIO AQUOSO SALINO

Nívia do Nascimento Marques

Rosângela de Carvalho Balaban

Sami Halila

Redouane Borsali

DOI 10.22533/at.ed.2211924064

CAPÍTULO 5 32

PROPRIEDADES MECÂNICAS, TERMOMECÂNICAS, REOMETRIA DE TORQUE E MORFOLOGIA DE BLENDS PS/PP/PP RECICLADO COMPATIBILIZADAS COM O COPOLÍMERO SEBS

Carlos Bruno Barreto Luna

Eduardo da Silva Barbosa Ferreira

Danilo Diniz Siqueira
Edcleide Maria Araújo
Elieber Barros Bezerra

DOI 10.22533/at.ed.2211924065

CAPÍTULO 6 50

SÍNTESE E COMPORTAMENTO REOLÓGICO DE HPAM TERMORRESPONSIVA

Bruna Luiza Batista de Lima
Nívia do Nascimento Marques
Marcos Antonio Villetti
Rosângela de Carvalho Balaban

DOI 10.22533/at.ed.2211924066

CAPÍTULO 7 58

FILME DE POLICAPROLACTONA REFORÇADOS POR MICROFIBRILAS DE CELULOSE DE AÇAÍ (*Euterpe oleracea Mart.*)

Rachel Margalho Barreira Valentim
Izael Pinho dos Santos
Victor Soares Pereira
Carmen Gilda Barroso Tavares Dias
Marcos Allan Leite dos Reis

DOI 10.22533/at.ed.2211924067

CAPÍTULO 8 64

AVALIAÇÃO DA BIODEGRADABILIDADE DE FILMES DE AMIDO REFORÇADOS COM NANOCRISTAIS DE CELULOSE DA FIBRA DE COCO VERDE

Ingrid Lessa Leal
Yasmin Carolino da Silva Rosa
Josiane Dantas Viana Barbosa
Janice Izabel Druzian
Bruna Aparecida Souza Machado

DOI 10.22533/at.ed.2211924068

CAPÍTULO 9 74

CARACTERIZAÇÃO DE NANOCRISTAIS DE CELULOSE DE RESÍDUOS DA AGROINDÚSTRIA E APLICAÇÃO EM FILMES DE AMIDO E QUITOSANA

Marina R. d Andrade
Taynã Isis de S. Santana
Bruna A. S. Machado

DOI 10.22533/at.ed.2211924069

CAPÍTULO 10 79

EFFECT OF BIOSURFACTANTS IN PATHOGENIC BACTERIA ADHESION ON THE SURFACE OF FLEXIBLE FILMS

Michel Zampieri Fidelis
Heitor Suyama
Eduardo Abreu
Denise Milleo Almeida
Giane Gonçalves Lenzi

DOI 10.22533/at.ed.22119240610

CAPÍTULO 11	93
UTILIZAÇÃO DO BAGAÇO DE MALTE NA ADSORÇÃO DE GASOLINA PRESENTE EM CORPOS AQUATICOS: ESTUDO EM LEITO DIFERENCIAL	
<i>Fernanda Vieira Amorim</i>	
<i>Márcia Ramos Luiz</i>	
<i>Ewellyn Silva Souza</i>	
DOI 10.22533/at.ed.22119240611	
CAPÍTULO 12	105
ESTUDO DA ADSORÇÃO DE COBRE EM LODO RECUPERADO DA CLARIFICAÇÃO DE ÁGUA DE AÇUDE POR ELETROCOAGULAÇÃO/FLOTAÇÃO	
<i>Fábio Erlan Feitosa Maia</i>	
<i>Ronaldo Ferreira do Nascimento</i>	
<i>Eliezer Fares Abdala Neto</i>	
<i>Jefferson Pereira Ribeiro</i>	
<i>Ari Clecius Alves de Lima</i>	
DOI 10.22533/at.ed.22119240612	
CAPÍTULO 13	117
ADSORÇÃO DE CO ₂ EM MATERIAL MEOSPOROSO DO TIPO SBA-16 FUNCIONALIZADO	
<i>Táisa Cristine de Moura Dantas</i>	
<i>Eloy Sanz-Pérez</i>	
<i>Raul Sanz</i>	
<i>Amaya Arencibia</i>	
<i>Guillermo Calleja</i>	
<i>Ana Paula de Melo Alves Guedes</i>	
DOI 10.22533/at.ed.22119240613	
CAPÍTULO 14	132
CINÉTICA DE ADSORÇÃO DE FURFURAL PELO ADSORVENTE ARGILA BENTONITA	
<i>Riann Queiroz Nóbrega</i>	
<i>Ana Cláudia Rodrigues De Barros</i>	
<i>Lorena Lucena De Medeiros</i>	
<i>Flávio Luiz Honorato Da Silva</i>	
<i>Joelma Moraes Ferreira</i>	
DOI 10.22533/at.ed.22119240614	
CAPÍTULO 15	140
AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE ADSORTIVA DE ARGILA ORGANOFÍLICA ATRAVÉS DE PLANEJAMENTO FATORIAL	
<i>Paulo Henrique Almeida Da Hora</i>	
<i>Líszandra Fernanda Araújo Campos</i>	
<i>Antonio Cícero De Sousa</i>	
<i>Gesivaldo Jesus Alves De Figueiredo</i>	
DOI 10.22533/at.ed.22119240615	

CAPÍTULO 16 147

CINÉTICA E MODELAGEM DA CAPTURA DE CO₂ POR MEIO DA REAÇÃO DE CARBONATAÇÃO DO ORTOSILICATO DE LÍTIO

Suélen Maria de Amorim
Michele Di Domenico
Tirzhá Lins Porto Dantas
Humberto Jorge José
Regina de Fatima Peralta Muniz Moreira

DOI 10.22533/at.ed.22119240616

CAPÍTULO 17 157

MODIFICAÇÃO TÉRMICA DA ARGILA BRASGEL VISANDO SUA UTILIZAÇÃO NA REMOÇÃO DE NÍQUEL EM SISTEMA DE BANHO FINITO

Joseane Damasceno Mota
Rochelia Silva Souza Cunha
Patrícia Noemia Mota De Vasconcelos
Meiry Glaucia Freire Rodrigues

DOI 10.22533/at.ed.22119240617

CAPÍTULO 18 166

REMOÇÃO DO CORANTE DIRECT BLACK 22 ATRAVÉS DE ADSORÇÃO

Déborah Fernanda Mamedes da Silva
Deivid Sousa de Figueiroa

DOI 10.22533/at.ed.22119240618

CAPÍTULO 19 177

INFLUÊNCIA DA PRESENÇA DE SAIS NA ADSORÇÃO DO CORANTE VERMELHO PROCION UTILIZANDO ALUMINA ATIVADA

Nathália Favarin da Silva
Enrique Chaves Peres
Guilherme Luiz Dotto

DOI 10.22533/at.ed.22119240619

CAPÍTULO 20 186

ADSORÇÃO DE ÍNDIGO CARMINE UTILIZANDO MICROESFERAS DE ALGINATO (AL) E QUITOSANA (QT) PURAS E DOPADAS COM NÍQUEL E FERRO.

Ana Clara Correia Queiroz da Silva
Francisco Mateus Gomes do Nascimento
Francisco Renan Lima Amorim
Guilherme Augusto Magalhães Júnior
Cícero Pessoa de Moura
Rafael Ribeiro Portela
Mayara Sousa de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.22119240620

CAPÍTULO 21 195

SÍNTESE E APLICAÇÃO DE PENEIRA MOLECULAR ORGANOFÍLICA NA REMOÇÃO DE ÍONS CR(III)

Paulo Henrique Almeida da Hora
Lizandra Fernanda Araújo Campos
Antonio Cícero de Sousa

CAPÍTULO 22 202

BIOSSORÇÃO DE ÍONS CR(VI) EM SOLUÇÃO AQUOSA EMPREGANDO CASCA DE BANANA NANICA

Giovani Santana Silva

Ângelo Capri Neto

Maria da Rosa Capri

DOI 10.22533/at.ed.22119240622

CAPÍTULO 23 215

REMOÇÃO DE CROMO HEXAVALENTE PRESENTE EM SOLUÇÕES SINTÉTICAS DILUÍDAS EMPREGANDO CARVÃO ATIVADO COMERCIAL E CARVÃO VEGETAL PRODUZIDO A PARTIR DA CASCA DE ARROZ

Lúcia Allebrandt da Silva Ries

Joyce Helena da Silveira

DOI 10.22533/at.ed.22119240623

CAPÍTULO 24 227

MANAGEMENT AND CLASSIFICATION OF PHYSICO-CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL PARAMETERS OF GROUNDWATER

Sharise Beatriz Roberto

Jomar Berton Junior

Rúbia Michele Suzuki

Elton Guntendorfer Bonafé

Makoto Matsushita

Edmilson Antonio Canesin

DOI 10.22533/at.ed.22119240624

CAPÍTULO 25 242

HIDRÓXIDOS DUPLOS LAMINARES PARA REMOÇÃO DE POLUENTES AQUOSOS

María Magdalena Costanzo

Rocio Belén Garate

Nora Alejandra Comelli

Nora Andrea Merino

DOI 10.22533/at.ed.22119240625

CAPÍTULO 26 253

EFEITO DO MÉTODO DE SÍNTESE NAS PROPRIEDADES DO ÓXIDO DE CÉRIO, DESTINADO A FOTOCATÁLISE

Kimberly Paim Abeta

Marie Lídio dos Santos Galvão Ribeiro

Larissa Soares Lima

Leila Maria Aguilera Campos

Sirlene Barbosa Lima

Maria Luiza Andrade da Silva

DOI 10.22533/at.ed.22119240626

CAPÍTULO 27	267
PRINCÍPIOS BÁSICOS DA ESTIMATIVA DE INCERTEZA APLICADOS À MEDIÇÃO DE GRANDEZAS QUÍMICAS	
<i>Cassiano Lino dos Santos Costa</i>	
DOI 10.22533/at.ed.22119240627	
CAPÍTULO 28	282
O USO DE REDES SOCIAIS E TECNOLOGIA MÓVEL COMO FERRAMENTA DE AUXÍLIO POR PROFESSORES DA EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA (EAD)	
<i>Eziel Cardoso da Silva</i>	
<i>Antonio Zilverlan Geermano Matos</i>	
<i>Marco Aurélio da Silva Coutinho</i>	
<i>Antônio Araújo Rodrigues</i>	
<i>Francisco Dhiêgo Silveira Figueirêdo</i>	
<i>Davi da Silva</i>	
<i>Dihêgo Henrique Lima Damacena</i>	
<i>Francisco Maycon Soares</i>	
<i>Juciane Maria de Sousa dos Santos</i>	
<i>Jose Adriano Cavalcante Alencar</i>	
<i>Enivaldo Pereira dos Santos</i>	
<i>Julianna de Sousa Santos</i>	
DOI 10.22533/at.ed.22119240628	
SOBRE A ORGANIZADORA	292

MODIFICAÇÃO TÉRMICA DA ARGILA BRASGEL VISANDO SUA UTILIZAÇÃO NA REMOÇÃO DE NÍQUEL EM SISTEMA DE BANHO FINITO

Joseane Damasceno Mota

Faculdade Irecê - FAI/Departamento de Farmácia - Irecê/Bahia email: joseanemota2006@hotmail.com

Rochelia Silva Souza Cunha

Laboratório de Desenvolvimento de Novos Materiais, Universidade Federal de Campina Grande - Campina Grande/PB.

Patrícia Noemia Mota De Vasconcelos

Laboratório de Desenvolvimento de Novos Materiais, Universidade Federal de Campina Grande - Campina Grande/PB.

Meiry Glaucia Freire Rodrigues

Laboratório de Desenvolvimento de Novos Materiais, Universidade Federal de Campina Grande - Campina Grande/PB.

RESUMO: O processo de adsorção pode ser efetivamente usado na remoção de metais pesados de efluentes. As argilas vêm surgindo como excelentes materiais alternativos no processo de adsorção, isso devido às suas características físico-químicas, sua fácil obtenção e seu consequente baixo custo. O objetivo deste trabalho foi modificar termicamente à 500°C a argila Brasgel e caracterizá-la por meio das técnicas de difração de raios X e adsorção física de nitrogênio, além da realização de ensaios de banho finito em determinadas condições de pH e concentração no sentido de avaliar e comparar a melhor eficiência da argila na remoção de níquel. Foi

utilizado um planejamento experimental fatorial 2^2+3 , avaliando o percentual de remoção (%Rem) e a capacidade de remoção (q_{eq}). Observou-se que a argila Brasgel pertence ao grupo das esmectíticas. Os resultados mostraram-se promissores no processo de remoção de metal, com remoção de até 90% de níquel pela argila natural.

PALAVRAS-CHAVE: Argila; modificação térmica; níquel; Adsorção.

ABSTRACT: The adsorption process can be effectively used in the removal of heavy metals from effluents. Clays are emerging as excellent alternative materials in the adsorption process, due to their physicochemical characteristics, their easy attainment and their consequent low cost. The objective of this work was to thermally modify the Brasgel clay at 500 °C and characterize it by means of X-ray diffraction and physical nitrogen adsorption techniques, as well as finite bath tests under certain pH and concentration conditions to evaluate and compare the best clay efficiency in the removal of nickel. A factorial experimental design ($2^2 + 3$) was used, evaluating the percentage of removal (% Rem) and the removal capacity (q_{eq}). It was observed that the Brasgel clay belongs to the group of smectic. The results showed to be promising in the metal removal process, with removal of up to 90% of nickel by the natural

clay.

KEYWORDS: Clay; thermal modification; nickel; Adsorption.

1 | INTRODUÇÃO

É cada vez maior a preocupação da população e dos órgãos ambientais com a contaminação da água por metais pesados provenientes de efluentes industriais. Em virtude dessa problemática, busca-se estudar e desenvolver processos de remoção de metais pesados mais eficientes. Conhecidos por sua toxicidade, seu vasto emprego e sua importância, alguns desses metais pesados são: níquel, cromo, cobre, chumbo, manganês, mercúrio, cádmio, zinco, antimônio.

Dessa forma, no sentido de reduzir os problemas ambientais no que se diz respeito à poluentes orgânicos e inorgânicos, as argilas vêm surgindo como adsorventes de baixo custo, com características físico-químicas favoráveis na remoção destes poluentes.

As argilas esmectíticas possuem um alto potencial de adsorção, como também a possibilidade de ativação quando submetida a processos que promovam melhorias de suas propriedades. As esmectitas são largamente usadas numa gama de aplicações devido a sua capacidade de troca de cátions, capacidade de expansão, alta área específica e por possuírem fortes capacidades de adsorção/absorção (Abreu, 1973).

Este estudo, assim como outros trabalhos que vem sendo desenvolvidos no Laboratório de Desenvolvimento de Novos Materiais (LABNOV) (Lima, 2011; Lima et al., 2011; Mota et al., 2011; Rodrigues, 2003), foi realizado para caracterizar a argila Brasgel na sua forma natural e modificada termicamente a 500°C no sentido de utilizá-la como adsorvente no processo de remoção de níquel por meio de ensaios de banho finito. A argila Brasgel foi caracterizada por meio das técnicas de difração de raios X (DRX) e adsorção física de nitrogênio, além de ensaios de banho finito.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

A argila utilizada neste trabalho foi a argila Brasgel, fornecida pela empresa BENTONISA – Bentonita do Nordeste S.A., situada no município de Boa Vista/PB. A mesma foi caracterizada por meio das técnicas de difração de raios X (DRX) e adsorção física de nitrogênio.

2.1 Caracterização da Argila

Difração de raios X (DRX)

Os dados foram coletados utilizando o método do pó empregando-se um difratômetro Shimadzu XRD-6000 com radiação $\text{CuK}\alpha$, tensão de 40 KV, corrente de 30 mA, tamanho do passo de 0,020 2 θ e tempo por passo de 1,000s, com velocidade de varredura de 2°(2 θ)/min, com ângulo 2 θ percorrido de 5° a 50°.

Adsorção Física de Nitrogênio

Na obtenção das isotermas de adsorção de N_2 a -196°C para argila Brasgel utilizou-se um aparelho ASAP 2020 da Micromeritics, onde a amostra inicialmente foi pesada e levada à secagem a 300°C por 24 horas sob vácuo. Logo após, a amostra foi novamente pesada e assim iniciou-se a análise, para a obtenção de isotermas de adsorção de N_2 a -196°C (77K), em diferentes pressões parciais de N_2 .

2.2 Planejamento Experimental

Foi adotado o planejamento experimental fatorial, pois possibilita analisar os efeitos de dois tipos de fatores no experimento. O objetivo foi verificar se existe efeito significativo entre a concentração inicial e o pH, além das interações entre estes fatores, através da análise de variância – ANOVA utilizando o Software Minitab 15.0 (Minitab, 2006).

Na realização deste trabalho foi adotado o planejamento fatorial 2^2 com triplicata no ponto central. Os efeitos adotados foram concentração (10, 30 e 50 ppm) e pH (3, 4 e 5). A matriz de entrada de dados e os sinais para os efeitos fatoriais estão apresentados na Tabela 1, totalizando 7 experimentos. A partir do planejamento, foi possível identificar as melhores respostas dos fatores.

Ensaio	Fator C_i (ppm)	Fator pH	Nível do fator C_i (ppm)	Nível do fator pH
1	10	3	-	-
2	50	3	+	-
3	10	5	-	+
4	50	5	+	+
5	30	4	0	0
6	30	4	0	0
7	30	4	0	0

Tabela 1: Matriz de ensaios do planejamento fatorial 2^2 incluindo o ponto central.

A triplicata do ponto central (0) permite obter uma estimativa independente do erro a ser obtido, ou seja, não repercutem nas estimativas usuais dos efeitos em um planejamento fatorial 2^2 (Montgomery, 1996).

2.3 Preparação das soluções e ensaios de banho finito

As soluções de efluentes sintéticos foram preparadas a partir do reagente nitrato de níquel hexahidratado ($Ni(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$) nas seguintes concentrações: 10, 30 e 50 mg.L^{-1} . Para ajustar o pH das soluções para os respectivos valores estabelecidos (3, 4 e 5), foram utilizadas soluções diluídas a 3% de ácido clorídrico (HCl) e hidróxido de sódio (NaOH).

Os ensaios de banho finito, constaram da dispersão de 0,5 g de argila em 50 mL

dos efluentes sintéticos com as concentrações de 10, 30 e 50 mg.L⁻¹ e pH de 3, 4 e 5, os quais foram definidos partindo-se de um teste de precipitação de níquel. O pH da solução foi controlado a cada hora e com agitação constante de 200 rpm durante 5 horas utilizando o equipamento *shaker*. Ao final deste período, foi realizada uma filtração e o filtrado seguiu para análise.

Na determinação da quantidade de metal foi utilizado o método de espectrofotometria de absorção atômica para a determinação do teor de metal presente na fase líquida das soluções preparadas e submetidas aos respectivos experimentos. A tecnologia de espectrofotometria de absorção atômica foi usada por ser relativamente precisa rápida e ainda pelo fato de se utilizar pequenas quantidades de amostra.

A percentagem de remoção (%Rem), bem como a capacidade de remoção foram obtidas através das equações, 01 e 02, respectivamente:

$$\%Rem = \left(\frac{C_i - C}{C_i} \right) * 100 \quad (01)$$

em que:

%Rem é a percentagem de metal removido; C_i é a concentração inicial (mg.L⁻¹); C é a concentração final (mg.L⁻¹).

$$q_{eq} = \frac{V}{m} (C_i - C_{eq}) \quad (02)$$

em que:

q_{eq} é a capacidade de remoção no equilíbrio (mg de metal/g de adsorvente); V é o volume do adsorbato (mL); m é a massa de adsorvente (g); C_{eq} é a concentração no equilíbrio (mg.L⁻¹).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Figuras 1 e 2 apresentam os difratogramas de raios X da argila Brasgel natural e modificada termicamente a 500°C, respectivamente.

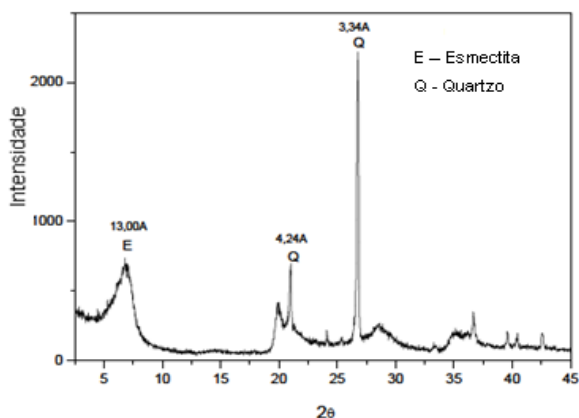


Figura 1. Difratoograma de raios X da argila Brasgel natural.

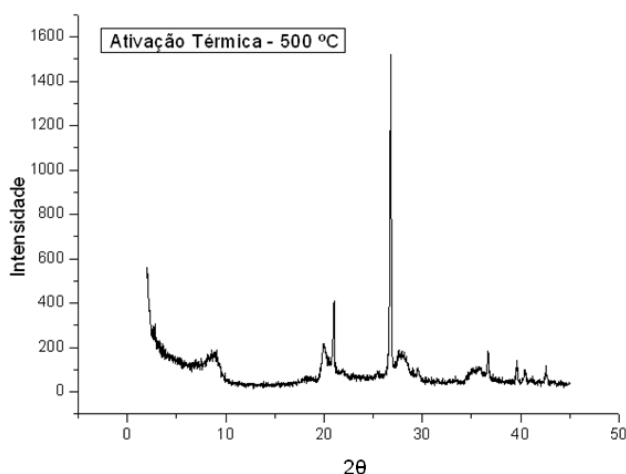


Figura 2: Difratoograma de raios X da argila Brasgel modificada termicamente a 500°C.

Os difratogramas de raios X apresentam a composição mineralógica da argila Brasgel.

Analisando o difratograma da argila Brasgel natural apresentado na Figura 2, observa-se o aparecimento do pico a uma distância interplanar de ($d=1,300$ nm), que segundo Souza Santos (1989) é característico do grupo da esmectita. Observou-se também a presença do quartzo, caracterizado pelas distâncias interplanares de $d=0,424$ nm e $d=0,334$ nm (Souza Santos, 1989).

Analisando os difratogramas (Figuras 1 e 2), foi possível verificar que após a ativação térmica ocorreram de fato modificações estruturais. Os picos referentes às argilas esmectitas foram afetados, este fato foi evidenciado pela diminuição da intensidade do pico característico da esmectita.

Qualitativamente, a argila ativada termicamente a 500 °C apresenta elevado teor de argilomineral esmectítico. No entanto, verifica-se também a de quartzo em todas as amostras. Estes resultados estão em concordância com os encontrados na literatura (Rodrigues, 2003).

Os resultados obtidos para a área específica da amostra de argila Brasgel natural e modificada termicamente a 500°C encontra-se na Tabela 2.

Argila Brasgel	Área (BET) (m ² /g)	Volume microporos (cm ³ /g)	Volume mesoporos (cm ³ /g)
Natural	73	0,009913	0,07259
500 °C	66	0,0080	0,0853

Tabela 2: Propriedades texturais da argila Brasgel natural.

Observa-se que valor de microporos (0,009913 cm³/g) é bem inferior ao valor de mesoporos (0,07259 cm³/g) estando em concordância com a literatura (Bergaya

et al., 2006), onde na argila esmectítica existem mais quantidade de mesoporos que microporos.

Os resultados das propriedades texturais mostram que a área superficial específica praticamente permaneceu inalterada (pois os valores das áreas superficiais específicas estão dentro dos 10% da faixa de erro do equipamento). Existe também um aumento do volume mesoporoso com o aumento da temperatura. De acordo com Bojemueller et al., (2001), para longos períodos de calcinação (superior a 12 h) e altas temperaturas (superior a 400 °C) existem modificações nas bordas com desintegração de várias folhas, criando mesoporos e liberando íons alumínio ou cátions hidroxialumínio.

A isoterma de adsorção de Nitrogênio da argila Brasgel natural e modificada termicamente a 500°C encontra-se nas Figuras 3 e 4, respectivamente.

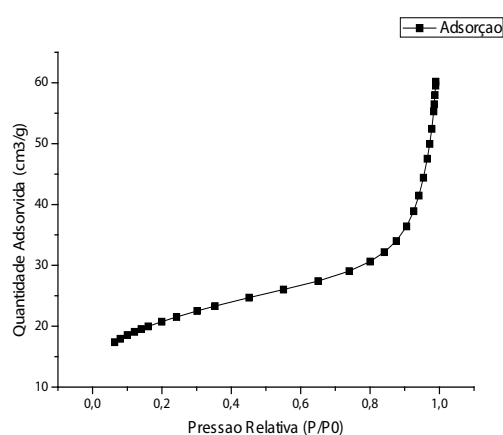


Figura 3: Isoterma de adsorção de Nitrogênio da argila Brasgel natural.

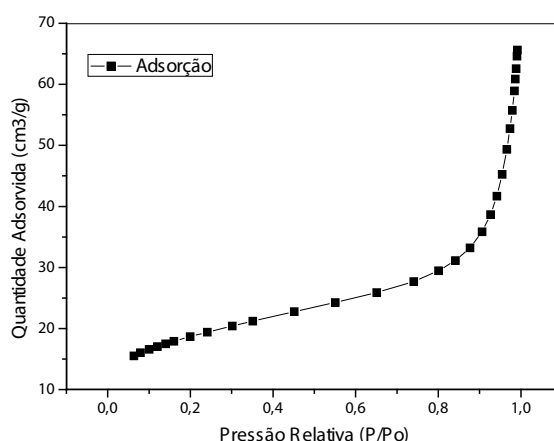


Figura 4: Isoterma de adsorção de Nitrogênio da argila Brasgel natural.

As Figuras 3 e 4 mostram a forma clássica de uma isoterma de adsorção. Na região de baixa pressão, de $P/P_0 = 0$ a 0,2, a adsorção ocorre na superfície externa das partículas e a superfície de microporos, se tais poros (diâmetro 0-2 nm) existem. Em

altas pressões relativas ($0,4 < P/P_0 < 0,95$), a adsorção da segunda e terceira camada ocorre acompanhada pela condensação em mesoporos (4-40 nm). Finalmente, às pressões relativas $> 0,95$, a condensação em macroporos (40 nm) ocorre (Bergaya et al., 2006).

Os resultados obtidos para a percentagem de remoção (%Rem) e capacidade de remoção (q_{eq}), através do planejamento fatorial 2^2 com triplicata no ponto central para o sistema de remoção simples de níquel estão apresentados na Tabela 3.

Ensaio	Variáveis		Brasgel Natural		Brasgel Modificada	
	C_i (mg.L ⁻¹)	pH	% Rem	q_{eq} (mg.g ⁻¹)	% Rem	q_{eq} (mg.g ⁻¹)
1	10	3	49,45	0,36	52,33	0,32
2	50	3	49,16	1,75	34,78	1,20
3	10	5	75,08	2,67	63,77	2,20
4	50	5	90,00	0,66	63,88	0,39
5	30	4	73,61	1,59	44,33	0,86
6	30	4	67,92	1,47	20,62	0,40
7	30	4	74,68	1,61	46,39	0,90

TABELA 3. Resultados obtidos do planejamento experimental $2^2 + 3$ pontos centrais para a argila Brasgel na remoção de níquel.

De acordo com as análises dos teores de níquel, verificou-se que os maiores percentuais de remoção foram nos ensaios 4, com porcentagens de 90%, para uma concentração inicial de 50 mg.L⁻¹ e pH de 5. Enquanto que as melhores capacidades de remoção foram alcançadas nos ensaios 3 com valor de 2,67 de metal/g de argila para os menores valores de concentração de 10 (mg.L⁻¹) e pH 5. A argila Brasgel modificada termicamente a 500 °C seguiu o mesmo comportamento da argila natural, onde os melhores resultados são vistos para o nível mais elevado de pH (pH = 5). A mesma removeu até 63,88% de níquel, com uma concentração inicial (C_i) igual a 50 mg.L⁻¹ (nível mais alto de concentração).

Fases de hidróxidos (íons dos metais pesados) podem formar-se como precipitados sobre a superfície dos argilominerais, especialmente quando as concentrações dos íons dos metais pesados são mais elevadas do que aquelas encontradas em águas naturais, e o pH está próximo ao neutro ou alcalino. No entanto, como Tiller (1996) referenciou é difícil explicar os resultados das interações sólido - solução em termos de precipitação. O pH, muitas vezes, tem uma forte influência sobre o grau de adsorção porque afeta a natureza do cátion do metal pesado (Jackson, 1998; Garcia et al., 1999). Geralmente, o pH elevado favorece a adsorção através da produção de cátions hidroxilas (Jackson, 1998). Com o pH elevado também pode resultar em maior especificidade dos argilominerais dos íons de metais pesados em relação aos íons de metais alcalino-terrosos, provavelmente por causa da tendência muito maior dos íons

de metais pesados para hidrolisar (McBride, 1991).

4 | CONCLUSÕES

Dessa forma, conclui-se de acordo com os resultados de caracterizações, que a argila pertence ao grupo das esmectitas possuindo assim, caráter que lhes conferem propriedades específicas e favoráveis frente aos processos adsorptivos. Foi visto ainda, que a modificação térmica a 500°C da argila Brasgel provocou algumas alterações estruturais.

Os resultados relacionados ao percentual de remoção e capacidade de remoção de níquel para as duas argilas estudadas foram satisfatórios, tendo em vista que a argila natural removeu 90% de níquel. As condições que apresentaram melhores resultados foram os maiores níveis estudados de concentração inicial e pH (50 mg.L⁻¹ e 5). A argila Brasgel natural apresentou maior eficiência na remoção de níquel, quando comparada a argila Brasgel modificada termicamente a 500 °C, o que a torna promissora, tendo em vista de não haver necessidade de sua modificação tornando todo o processo viável técnico e economicamente.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Petrobras, a CAPES pelas bolsas concedidas e a Bentonisa pelo fornecimento da argila.

REFERÊNCIAS

- ABREU, S. F. **Recursos minerais do Brasil**. Edgard Blücher Ltda, Ed. vol.1 p 324. São Paulo, 1973.
- BERGAYA, F.; THENG, B. K. G.; LAGALY, G. **Handbook of Clay Science**. Elsevier, 2006.
- BOJEMUELLER, E.; NENNEMANN, A.; LAGALY, G. **Enhanced pesticide adsorption by thermally modified bentonites**. Applied Clay Science, v. 18, p. 277-284, 2001.
- CHOY, J. H.; KWAK, S.Y.; HAN, Y.S.; KIM, B.W. **New organo-montmorillonite complexes with hydrophobic and hydrophilic functions**. *Mat. Let.*, v.33, p.143-147 1997.
- GARCIA SANCHEZ, A.; ALASTUEY, A.; QUEROL, X. **Heavy metal adsorption by different minerals: application to the remediation of polluted soils**. Science of the Total Environment, v. 242, p. 179-188, 1999.
- JACKSON, T. A. **The biogeochemical and ecological significance of interactions between colloidal minerals and trace elements**. In: PARKER, A.; RAE, J. E. (Eds.). Environmental Interactions of Clays. Berlin: Springer-Verlag, 1998. p. 93-205.
- KAYA, A.; ÖREN, A. H.; **Adsorption of Zinc Aqueous Solutions to Bentonite**. *J. Hazard. Mater.* v.125, p.183-189, 2005.
- LIMA, W. S. **Estudo da aplicação de argilas para atenuação de metais pesados destinadas à aplicação em aterro de resíduo industrial**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Química,

Universidade Federal de Campina Grande – UFCG; Campina Grande – PB, 2011.

LIMA, W. S.; RODRIGUES, M. G. F.; BRITO, A. L. F.; PATRÍCIO, A. C. L.; MOTA, M. F. **Planejamento Experimental da Remoção de Metais Pesados em Efluentes Sintéticos**. 26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2011, Porto Alegre – RS, 2011.

McCABE, W. L.; SMITH, J. C.; HARRIOT, P. **Unit operations of chemical engineering**. 6. ed. McGraw-Hill Book Company, 2000. p. 816-817.

MINITAB Inc. **Statistical Software Data Analysis Software**. Version 15, 2006.

MONTGOMERY, D. C. **Desing and Analysis of Experiments**, *Jonh Wiley & Sons*, New York, EUA, 1996.

MOTA, M. F.; Silva, J. A.; QUEIROZ, M. B.; LABORDE, H. M. y RODRIGUES, M. G. F. **Organophilic Clay for Oil/Water Separation Process by Finite Bath Tests**. *Braz. J. Petr. G.*, p 097-107, 2011.

PEREIRA, K. R. O. **Estudo, em escala de laboratório, do uso de argilas do tipo Bofe na obtenção de argilas organofílicas e ativadas**. 2008, 140p. Tese (Doutorado de Engenharia Metalúrgia e de Materias) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

RODRIGUES, M. G. F. **Physical and catalytic characterization of smectites from Boa-Vista, Paraíba, Brazil**. *Cerâmica*, v.49, p 146-150, 2003.

SOUZA SANTOS, P. **Ciência e Tecnologia de Argilas**. 2ª ed., Ed. Edgard Blücher Ltda., v. 1-3, 1992.

SOUZA SANTOS, P. **Ciência e tecnologia de argilas**. 2. ed. São Paulo, SP: Edgard Blücher, 1989. v. 1.

TILLER, K. G. **Soil contamination issues: past, present and future, a personal perspective**. In: NAIDU, R.; KOOKANA, R. S.; OLIVER, D. P.; ROGERS, S.; MCLAUGHLIN, M. J. (Eds.). *Contaminants and the Soil Environment in the Australasia-Pacific Region*. Dordrecht: Kluwer, 1996. p. 1-27.

SOBRE A ORGANIZADORA

Carmen Lúcia Voigt: Doutora em Química na área de Química Analítica e Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Especialista em Química para a Educação Básica pela Universidade Estadual de Londrina. Graduada em Licenciatura em Química pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Experiência há mais de 10 anos na área de Educação com ênfase em avaliação de matérias-primas, técnicas analíticas, ensino de ciências e química e gestão ambiental. Das diferentes atividades desenvolvidas destaca-se uma atuação por resultado, como: supervisora de laboratórios na indústria de alimentos; professora de ensino médio; professora de ensino superior atuando em várias graduações; professora de pós-graduação *lato sensu*; palestrante; pesquisadora; avaliadora de artigos e projetos; revisora de revistas científicas; membro de bancas examinadoras de trabalhos de conclusão de cursos de graduação. Autora de artigos científicos. Atuou em laboratório multiusuário com utilização de técnicas avançadas de caracterização e identificação de amostras para pesquisa e pós-graduação em instituição estadual.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-422-1

