

Estudos Interdisciplinares: Ciências Exatas e da Terra e Engenharias 2

Alexandre Igor Azevedo Pereira
(Organizador)

Alexandre Igor Azevedo Pereira
(Organizador)

**Estudos Interdisciplinares: Ciências
Exatas e da Terra e Engenharias
2**

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Prof^a Dr^a 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
Prof^a Dr^a 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
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^a Dr^a 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
Prof^a Dr^a 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
Prof^a Dr^a 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)	
E82	Estudos interdisciplinares: ciências exatas e da terra e engenharias 2 [recurso eletrônico] / Organizador Alexandre Igor Azevedo Pereira. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Estudos Interdisciplinares: Ciências Exatas e da Terra e Engenharias; v. 2) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-587-7 DOI 10.22533/at.ed.877190309 1. Ciências exatas e da terra. 2. Engenharia. I. Pereira, Alexandre Igor Azevedo. II. Série. CDD 507
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

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

APRESENTAÇÃO

A obra “*Estudos Interdisciplinares: Ciências Exatas e da Terra e Engenharias 2*” aborda um considerável acervo técnico-científico de publicação da Atena Editora. Este primeiro volume, apresenta 21 capítulos dedicados às Ciências Exatas. De leitura compreensível, com resultados relevantes envolvendo aplicações teóricas, práticas e atualizadas nas áreas de Matemática, Química e Física, a presente obra configura-se como um conglomerado de estudos que utilizam (não apenas) o raciocínio lógico, cálculos, modelagem e teste de hipóteses fortemente atrelados à área de Ciências Exatas; mas uma proposta contextual mais ampla através da resolução e direcionamento de inovação para manipulação de problemas atuais.

O reconhecimento das Ciências Exatas como de grande utilidade e importância para a humanidade reside no fato dos avanços e inovações tecnológicas terem sido apresentadas desde muito tempo e em escala de descobertas bastante amplas, como no caso da eletricidade, computadores e smartphones, por exemplo; a até as temáticas abordadas na presente obra, sob caráter contemporâneo, como simulação computacional, modelagem, ensino de matemática, biocombustíveis, vulcanização, manipulação de resíduos industriais, ensaios eletroquímicos, química da nutrição, nanofibras, componentes poliméricos, fibras vegetais e suas propriedades mecânicas, educação de jovens e adultos, manipulação química de etanol de segunda geração, empregabilidade de novos componentes químicos sob contextos multidisciplinares e etc.

No meio profissional, os cursos ligados às Ciências Exatas ilustram um futuro promissor no mercado de trabalho devido ao seu amplo espectro funcional. Por isso, desperta o interesse de jovens estudantes, técnicos, profissionais e na sociedade como um todo, pois o ritmo de desenvolvimento atual observado em escala global gera uma robusta, consolidada e pungente demanda por mão-de-obra qualificada na área. Não obstante, as Ciências Exatas estão ganhando cada vez mais projeção, através da sua própria reinvenção frente às suas intrínsecas evoluções e mudanças de paradigmas impulsionadas pelo cenário tecnológico e econômico. Para acompanhar esse ritmo, a humanidade precisa de recursos humanos atentos e que acompanhem esse ritmo através da incorporação imediata de conhecimento com qualidade.

Esperamos que o presente e-book, de publicação da Atena Editora, possa representar como legado, em seu primeiro volume da obra “*Estudos Interdisciplinares: Ciências Exatas e da Terra e Engenharias 2*”, a oferta de conhecimento para capacitação de mão-de-obra através da aquisição de conhecimentos técnico-científicos de vanguarda praticados por diversas instituições em âmbito nacional; instigando professores, pesquisadores, estudantes, profissionais (envolvidos direta e indiretamente) com as Ciências Exatas e a sociedade (como um todo) frente a construção de pontes de conhecimento de caráter lógico, aplicado e com potencial de transpor o limiar fronteiro do conhecimento, o que - inclusive - sempre caracterizou

as Ciências Exatas ao longo dos tempos.

Alexandre Igor de Azevedo Pereira

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA ONDULAÇÃO GEOIDAL NA MEDIÇÃO DE PONTOS SOBRE A SUPERFÍCIE FÍSICA	
Plinio Temba Júlia Couto Nogueira Vitoria Ellen da Silva Oliveira Marcelo Antonio Nero Marcos Antonio Timbó Elmiro Sandra Cristina Deodoro Daniel Henrique Carneiro Salim	
DOI 10.22533/at.ed.8771903091	
CAPÍTULO 2	14
INTERVENÇÃO DIDÁTICA NAS AULAS DE FÍSICA: EXPERIMENTO SOBRE ESPELHOS PLANOS E ÓPTICA GEOMÉTRICA	
Adriane Beatriz Liscano Janisch Karin Ritter Jelinek Alana Amaral Rotter	
DOI 10.22533/at.ed.8771903092	
CAPÍTULO 3	19
A UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE STELLARIUM COMO RECURSO DIDÁTICO PARA O ENSINO DE ECLIPSES E ESTAÇÕES DO ANO NO ENSINO MÉDIO	
Arilson Paganotti Marcos Rincon Voelzke Graciene Carvalho Vieira	
DOI 10.22533/at.ed.8771903093	
CAPÍTULO 4	29
AS NOÇÕES BÁSICAS DE GEOMETRIA ESPACIAL X ORIGAMIS MODULARES VISTOS SOBRE O CONTEXTO DA SALA DE AULA DE TEMPO INTEGRAL	
José Erildo Lopes Júnior	
DOI 10.22533/at.ed.8771903094	
CAPÍTULO 5	41
O ENSINO DE MATEMÁTICA NA EJA: A FORMAÇÃO DE PROFESSORES E AS PRÁTICAS	
Janaina da Conceição Martins Silva Cibele Paula Silva Marta Aparecida Quintiliano Rabelo Vânia Lúcia Rodrigues	
DOI 10.22533/at.ed.8771903095	
CAPÍTULO 6	51
PROPORÇÕES ENTRE PRODUTOS EXPONENCIAIS	
Guilherme Cavichiolo Moreira Barbosa	
DOI 10.22533/at.ed.8771903096	

CAPÍTULO 7 63

ANÁLISE E DESENVOLVIMENTO DE DISSIPADORES DE CALOR PARA FONTES LED RGB POR MEIO DE MODELAGEM E SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS

Thiago Lopes Quevedo
Filipe Melo Aguiar

DOI 10.22533/at.ed.8771903097

CAPÍTULO 8 76

CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS DAS HIDROTALCITAS DE MAGNÉSIO E ALUMÍNIO MODIFICADAS COM FERRO (III) E CRÔMIO (III) SINTETIZADAS PELO MÉTODO DA PRECIPITAÇÃO POR HIDRÓXIDOS

Graciele Vieira Barbosa
Cintia Hisano
Rafael Aparecido Ciola Amoresi
Maria Aparecida Zaghete Bertochi
Jusinei Meireles Stropa
Lincoln Carlos Silva de Oliveira
Alberto Adriano Cavalheiro

DOI 10.22533/at.ed.8771903098

CAPÍTULO 9 88

CATALISADORES DE ARGILA BENTONÍTICA NA35 PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL

Alan Gabriel Adamczewski
Edson Cezar Grzebielucka
Eder Carlos Ferreira de Souza
Maria Elena Payret Arrúa
André Vitor Chaves de Andrade
Sandra Regina Masetto Antunes

DOI 10.22533/at.ed.8771903099

CAPÍTULO 10 101

EMBALAGENS: UM ESTUDO DE CASO DA SUA APLICAÇÃO NA PRODUÇÃO DE SABONETES

Caroline de Souza Rodrigues
Carolina Laguna Pimenta
Laís Cabrerizo Vargas de Almeida
Marcos Vinícius Pereira da Costa
Sara Rudek
Raquel Teixeira Campos

DOI 10.22533/at.ed.87719030910

CAPÍTULO 11 108

ESTUDOS DOS PROCESSOS CORROSIVOS DO ALUMÍNIO AA 3003 EM MEIO DE ETANOL E GASOLINA

Mayara Soares
Carine Vieira
Cynthia Beatriz Fürstenberger
Danielle Borges
Danielle Cristina Silva Olizeski
Felipe Staciaki da Luz
Everson do Prado Banczek

DOI 10.22533/at.ed.87719030911

CAPÍTULO 12 120

EXTRAÇÃO, ANÁLISE E ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DE OBTENÇÃO DE ERGOSTEROL EM RESÍDUOS DE *Ganoderma lucidum* (FR.) KRAST (GANODERMATACEAE)

Bianca de Araujo Ribeiro Rodrigues
Marcelo Telascrêa
Raquel Teixeira Campos
Oswaldo Luiz Gonçalves da Cunha
Márcia Ortiz Mayo Marques

DOI 10.22533/at.ed.87719030912

CAPÍTULO 13 132

FABRICAÇÃO DE SENSOR DE GÁS AMÔNIA ATRAVÉS DA TÉCNICA DE ELETROFIAÇÃO DE POLÍMEROS CONDUTORES EM MATRIZES ISOLANTES

Deuber Lincon da Silva Agostini
André Antunes da Silva
Bruno Henrique de Santana Gois
Jessyka Carolina Bittencourt
Clarissa de Almeida Olivati
Pedro Leonardo Silva
Vagner dos Santos
Wilson Silva Nascimento

DOI 10.22533/at.ed.87719030913

CAPÍTULO 14 142

INVESTIGAÇÃO DO DIÓXIDO DE TITÂNIO ESTABILIZADO COM ZIRCÔNIO E SILÍCIO COMO MATRIZ PARA NOVOS DOPANTES

Natali Amarante da Cruz
Rafael Aparecido Ciola Amoresi
Maria Aparecida Zaghete Bertochi
Silvanice Aparecida Lopes dos Santos
Lincoln Carlos Silva de Oliveira
Alberto Adriano Cavalheiro

DOI 10.22533/at.ed.87719030914

CAPÍTULO 15 154

MATERIAIS COMPÓSITOS DE MATRIZ POLIÉSTER E FIBRA DE CAPIM CAPETA: RESISTÊNCIA À TRAÇÃO

Douglas Santos Silva
Igor dos Santos Gomes
Edil Silva de Vilhena
Edielson Silva de Vilhena
Rodrigo da Silva Magalhães Dias
Maurício Maia Ribeiro
Roberto Tetsuo Fujiyama

DOI 10.22533/at.ed.87719030915

CAPÍTULO 16 167

MICROBALANÇA DE CRISTAL DE QUARTZO NO MONITORAMENTO DE REAÇÕES EM TEMPO-REAL

Cesar Augusto Tischer
Gina Alejandra Gil Giraldo

DOI 10.22533/at.ed.87719030916

CAPÍTULO 17 180

PRODUÇÃO DE ETANOL ATRAVÉS DE UMA PLANTA INTEGRADA DE PRIMEIRA E SEGUNDA GERAÇÃO

Rafael Rodrigues Gomes
Diego Martinez Prata
Lizandro de Sousa Santos

DOI 10.22533/at.ed.87719030917

CAPÍTULO 18 193

PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FILMES DE BLENDA DE POLI(CAPROLACTONA) E ACETATO DE CELULOSE CONTENDO ÁCIDO ASCÓRBICO

Sthefany Ananda Bruna Almeida Mendes
Maria Oneide Silva de Moraes
Tainah Vasconcelos Pessoa
Taisa Lorene Sampaio Farias
Catarina Barbosa Levy
Ivanei Ferreira Pinheiro
Walter Ricardo Brito
João de Deus Pereira de Moraes Segundo

DOI 10.22533/at.ed.87719030918

CAPÍTULO 19 202

SÍNTESE DA ESTRUTURA PEROVSKITA DE TITANATO DE CÁLCIO E COBRE EM BAIXA TEMPERATURA PELO MÉTODO SOL-GEL

Eliane Kujat Fischer
Vinícius Moreira Alves
Rafael Aparecido Ciola Amoresi
Maria Aparecida Zaghete Bertochi
Graciele Vieira Barbosa
Cintia Hisano
Silvanice Lopes dos Santos
Lincoln Carlos Silva de Oliveira
Alberto Adriano Cavalheiro

DOI 10.22533/at.ed.87719030919

CAPÍTULO 20 214

SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE HIDROTALCITAS FOSFATADAS DE MAGNÉSIO E ALUMÍNIO POR COPRECIPITAÇÃO

Alberto Adriano Cavalheiro
Sabrina Vitor Gonçalves
Creuza Kimito Caceres Kawahara
Rafael Aparecido Ciola Amoresi
Graciele Vieira Barbosa

DOI 10.22533/at.ed.87719030920

CAPÍTULO 21 225

COMPÓSITO DE BORRACHA NATURAL REFORÇADO COM BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR: EFEITOS MECÂNICOS DO TRATAMENTO ALCALINO

Fábio Friol Guedes de Paiva

Vitor Peixoto Klienchen de Maria
Giovani Barrera Torres
Guilherme Dognani
Renivaldo José dos Santos
Flávio Camargo Cabrera
Aldo Eloizo Job

DOI 10.22533/at.ed.87719030921

SOBRE O ORGANIZADOR.....	235
ÍNDICE REMISSIVO	236

CATALISADORES DE ARGILA BENTONÍTICA Na³⁵ PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL

Alan Gabriel Adamczewski

Programa Pós-Graduação em Química Aplicada,
Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta
Grossa – Paraná

Edson Cezar Grzebielucka

Programa Pós-Graduação em Química Aplicada,
Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta
Grossa – Paraná

Eder Carlos Ferreira de Souza

Programa Pós-Graduação em Química Aplicada,
Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta
Grossa – Paraná

Maria Elena Payret Arrúa

Programa de Pós-Graduação em Bioenergia,
Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta
Grossa – Paraná

André Vitor Chaves de Andrade

Programa de Pós-Graduação em Ciências/Física,
Universidade Estadual de Ponta Grossa – Paraná

Sandra Regina Masetto Antunes

Programa Pós-Graduação em Química Aplicada,
Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta
Grossa – Paraná

RESUMO: A produção mundial de biodiesel é baseada, principalmente, na reação de transesterificação em meio homogêneo. Contudo apesar de altas taxas de conversão, estes apresentam algumas desvantagens, como etapas mais onerosas na separação e purificação do biodiesel. Nesse aspecto, o

emprego de catalisadores sólidos heterogêneos representa uma solução alternativa para esses problemas. Entre estes catalisadores encontram-se os materiais argilosos que apresentam grande potencial na aplicação de reações orgânicas, entre as quais a reação de esterificação. Portanto, o objetivo deste trabalho foi obter argila modificada pelo método de ativação ácida visando sua utilização em reação de esterificação de ácidos graxos. A argila utilizada foi a Bentonita. As amostras ativadas foram caracterizadas por Microscopia Eletrônica de Varredura por Efeito de Campo com acoplamento de acessório de Espectroscopia de Energia Dispersiva, Difração de Raios X, Ressonância Magnética Nuclear ²⁷Al. Observou-se pelas análises dos resultados que o tratamento ácido ocasionou alterações estruturais no material argiloso. As amostras tratadas com H₂SO₄ apresentaram as maiores modificações, quando comparadas as tratadas com HCl. Nas reações de esterificação de ácido oleico, as argilas ativadas apresentaram uma atividade catalítica superior àquela demonstrada pela amostra natural. Os produtos da reação de esterificação por catálise heterogênea com as argilas ativadas foram superiores a 85 %. Portanto, as modificações ocasionadas pela ativação foram vantajosas para o processo de catálise.

PALAVRAS-CHAVE: Ativação ácida,

ABSTRACT: The world production of biodiesel is based mainly on the transesterification reaction in homogeneous medium. However, despite high conversion rates, this presents some incompatibilities, causing more costly steps in the separation and purification of biodiesel. In this aspect, the use of heterogeneous solid catalysts is an alternative solution to solve these problems. Among these catalysts are the clay materials that have a prominent catalytic activity, with potential application in organic reactions, including the esterification reaction. Therefore, the objective of the project was to modify the clay by acid activation method and subsequent application in oleic acid esterification reaction. The clay used was the clay. The activated samples were properly characterized through field effect Scanning Electronic Microscopy with accessory Energy Dispersive Spectroscopy coupled, X- Ray Diffraction, and Nuclear Magnetic Resonance ^{27}Al . After the treatment, structural transformations were observed to occur in the clay material. The products of the esterification reaction by heterogeneous catalysis with the activated clays were higher than 85 %. Therefore, the modifications caused by the activation were advantageous for the catalysis process.

KEYWORDS: acid activation, catalysts, esterification, biofuel

1 | INTRODUÇÃO

Devido as suas propriedades peculiares como alta capacidade de troca catiônica e substituição isomórfica, as Bentonitas são utilizadas em uma vasta gama de aplicações industriais, tais como adsorventes, catalisadores, agentes bactericidas, agente clarificante no refino de óleos (Silva e Ferreira, 2008; Foletto et al., 2013; Bendou e Amrani, 2014). Bentonita é um argilomineral do tipo 2:1 pertencente ao grupo das esmectitas dioctaédricas, composta de camadas sobrepostas de aluminossilicatos. Os tetraedros de silício e octaedros de alumínio estão interconectados pelo compartilhamento de O^{2-} nas arestas e vértices do poliedro, de tal maneira que uma camada de alumínio é intercalada entre duas camadas de silício tetraédrico, formando a composição Si-Al-Si (T-O-T) (Leite et al., 2008; Faghihian e Mohammadi, 2013). Em amostras naturais é comum ser observado a substituição parcial de íons Al^{3+} por $\text{Fe}^{2+/3+}$ e Mg^{2+} na folha octaédrica, e, mais raramente de Si^{4+} por Al^{3+} na folha tetraédrica. Devido a essa substituição, há a geração de uma carga negativa sobre as camadas da argila, sendo está balanceada pela presença de íons trocáveis no espaço interlamelar (Na^+ , K^+ e Ca^{2+}) (Faghihian e Mohammadi, 2013; Jeenpadiphat e Tungasmita, 2014).

É de conhecimento comum que argilas naturais apresentam um baixo potencial catalítico em reações orgânicas e baixa capacidade de adsorção (Moronta et al., 2002; Rodrigues et al., 2006). Essas características podem ser aprimoradas através do tratamento dessas argilas com ácidos inorgânicos fortes. Quando em cotanto com

uma solução ácida aquecida, íons H^+ “atacam” a folha octaédrica, ocasionando a exposição e lixiviação de íons Al^{3+} , $Fe^{2+/3+}$ e Mg^{2+} . Isso proporciona modificações na estrutura, na composição química e nas propriedades físicas da argila (Kooli e Jones, 1997; Foletto et al., 2001; Wu et al., 2006; Aung et al., 2014). Como consequências há o aumento da área superficial e do diâmetro do volume do poro. Contudo o aprimoramento das propriedades catalíticas e texturais (área superficial e volume do poro) dependerão do tipo e concentração do ácido inorgânico utilizado nos ensaios, da temperatura e tempo da ativação, assim como da relação argila/ H_3O^+ (Liang et al., 2010; Faghihian e Mohammadi, 2013; Zatta et al., 2013).

A espectroscopia de Ressonância Magnética Nuclear do ^{27}Al (RMN) é reconhecida como importante técnica complementar às técnicas de difração tradicionais, sendo as vezes indispensáveis para melhor compreensão do material analisado. RMN é uma técnica sensível a ordenamento a curto alcance, geometrias e simetrias locais, enquanto estudos de difração de raios X apresentam uma maior alcance de periodicidade e ordenamento (Guarino et al., 1997).

Neste estudo foi investigado o efeito da ativação ácida, empregando HCl e H_2SO_4 em concentrações e tempos diferentes, na composição e estrutura química da argila Bentonita. Para elucidação dos efeitos decorrentes da ativação ácida foram empregadas as técnicas de Difração de Raios X (DRX), Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), Espectroscopia por Energia Dispersiva (EDS) e Ressonância Magnética Nuclear de ^{27}Al e 1H (RMN ^{27}Al e RMN 1H).

2 | EXPERIMENTAL

2.1 Materiais

A Bentonita Na35 foi obtida da região de Novo Hamburgo – RS, Brasil, na forma sódica, com composição química de (m/m): 60,29 % SiO_2 , 18,18 % Al_2O_3 , 5,21 % Fe_2O_3 , 1,67 % CaO , 3,14 % Na_2O , 0,82 % K_2O , 0,02 % MnO_2 , 0,37 % TiO_2 , 1,14 % MgO , 0,05 % P_2O_5 . O H_2SO_4 (95-98 %, Química Moderna) e HCl (37 %, Biotec). Ambos reagentes apresentam grau analítico.

2.2 Ativação ácida

A Bentonita Na35 foi previamente preparada para ativação pela secagem ao ar e moagem até obtenção de tamanho de partícula de 0,075 nm. As ativações foram feitas empregando diferentes ácidos inorgânicos (HCl e H_2SO_4), em diferentes concentrações (3 mol L^{-1} e 6 mol L^{-1}). A Bentonita ativada foi preparada pelo refluxo com H_2SO_4 e HCl, na temperatura de 90 °C em banho maria por 1 a 3 horas, sendo a razão Bentonita/ácido de 1,0 g:10 mL, em balão de fundo redondo. Posteriormente, a mistura foi separada por filtração a vácuo, sendo lavada com água deionizada até remoção total de íons Cl^- ou . O produto final foi seco em estufa a 100°C por 12 horas.

A Tabela 1 resume as condições experimentais de ativação ácida e a nomenclatura adotada.

Amostra	Ácido	Concentração (mol L ⁻¹)	Tempo (h)
C31	HCl	3	1
C33	HCl	3	3
C61	HCl	6	1
C63	HCl	6	3
S31	H ₂ SO ₄	3	1
S33	H ₂ SO ₄	3	3
S61	H ₂ SO ₄	6	1
S63	H ₂ SO ₄	6	3

Tabela 1. Nomenclatura adotada para cada condição de ativação ácida da argila Bentonita.

2.3 Reação de esterificação

As reações foram processadas em um reator, a pressão interna do copo (100 mL) de reação correspondeu à pressão de vapor do álcool metílico empregado na reação, pressão autógena. O catalisador empregado nos ensaios foi removido por centrifugação e o excesso de álcool foi recuperado utilizando-se rota evaporador. As condições reacionais empregadas foram as mesmas em todos os ensaios. As condições empregadas foram: tempo de 2 horas de reação sob agitação automatizada de 500 rpm, temperatura de 150 °C, e 10% (m/m) de catalisador, e razão molar álcool: ácido graxo de 1:9 (Zatta et al., 2012).

2.4 Caracterização

Os difratogramas das amostras ativadas foram obtidos com difratômetro de raios X Rigaku Ultima IV com fonte de radiação de cobre CuK α = 1,5418 Å, corrente de 30 mA e tensão de 40 KV e as medidas foram adquiridas a uma velocidade de varredura de 2° min⁻¹ e passo de 0,02 graus.

As medidas de Microscopia Eletrônica De Varredura (MEV) e as microanálises obtidas pela técnica de Espectroscopia por Energia Dispersiva (EDS) foram obtidas utilizando-se um Microscópio Eletrônico de Varredura de Emissão de Campo (FEG-SEM), modelo Mira 3 LMH, com sistema de microanálise EDS, com uma tensão de 15 kV. As amostras foram depositadas sobre porta amostras com fita adesiva de carbono e recobertas com uma fina camada de ouro pela técnica de *Sputtering*.

Os experimentos de Ressonância Magnética Nuclear de estado sólido de ²⁷Al foram implementados num espectrômetro Ascend 400-Bruker correspondendo uma sonda de sólidos de 4 mm *broad band* na configuração de sólidos. A frequência de Larmor dos núcleos de ²⁷Al no campo magnético de 9,4 Tesla foi 104,2613 MHz. Os deslocamentos químicos foram referenciados em relação ao sinal de AlCl₃ sólido em 0,00 ppm.

As amostras ativadas foram acondicionadas em rotores de zircônio de 4 mm

de diâmetro e giradas no ângulo mágico de $54,74^\circ$ em velocidade de 15 kHz para aquisição dos espectros de ^{27}Al . Os espectros de RMN de ^{27}Al foram obtidos através de pulsos de excitação de 90° com duração de $12,75\ \mu\text{s}$, tempo de aquisição de 0,40 s, intervalo de relaxação de 1,0 s, janela espectral de $\sim 390\ \text{ppm}$ e acúmulo de 256 transientes.

A taxa de conversão das amostras em biodiesel foi determinada por RMN ^1H . As taxas de conversões à ésteres metílicos foram determinadas comparando-se as áreas dos sinais em 0,88 ppm, característicos dos grupos metila terminal, presentes tanto no ácido graxo quanto no éster correspondente, e 3,66 ppm referente ao grupo metoxila, presente somente no éster metílico (Barison et al., 2010).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Difração de Raios X (DRX)

Na Figura 1 são comparados os difratômetros de raios X das amostras de Bentonita pura após ativação ácida. Foram observadas as presenças de fases cristalinas correspondentes a da montmorilonita, quartzo e albita, um tipo de feldspato. Estas fases já eram previstas, pois são fases cristalinas comumente encontradas em argilas bentoníticas.

O primeiro pico em $2\theta \approx 6,4^\circ$ corresponde ao espaçamento basal (d_{001}) da argila que pode ser calculado através da Lei de Bragg (Cullity, 2011). Os valores dos espaçamentos interlamelares das amostras estão apresentados na Tabela 2. Segundo a literatura, quando o cátion intercalar é Na^+ , o espaçamento basal pode ser de aproximadamente $12,5\ \text{Å}$ e, no caso de o cátion intercalar ser Ca^{2+} , o espaçamento é de $15,5\ \text{Å}$ (Silva e Ferreira, 2008). Como pode ser observado nos difratogramas de raios X, Figura 1, com a ativação ácida ocorre uma diminuição na intensidade dos picos, provavelmente, devido à mudanças estruturais que ocorrem com a mesma. Esta mudança é mais acentuada nas amostras tratadas com ácido sulfúrico, Figura 1 (b). Esta mudança estrutural deve-se ao fato que no processo de ativação os íons H_3O^+ substituem os cátions trocáveis presentes no espaço interlamelar, além de atacarem grupos OH estruturais. As lamelas são atacadas por íons hidroxônios superficiais e por prótons hidratados interlamelares. A desidroxilação resultante é acompanhada com a sucessiva lixiviação de íons coordenados octaédricamente.

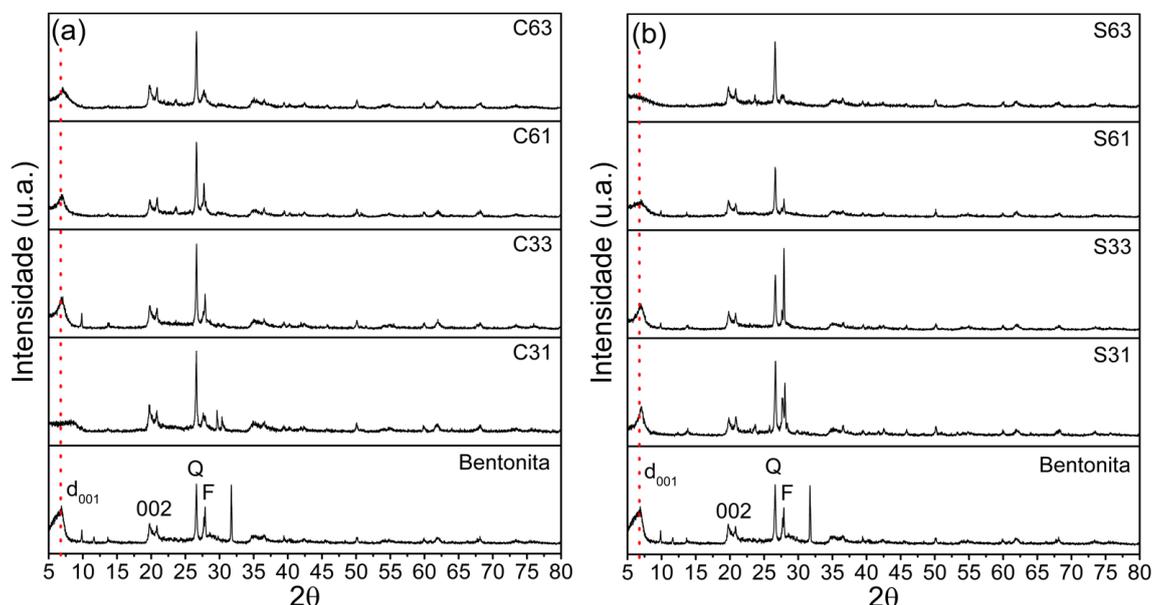


Figura 1. Difratogramas de raios X comparando os efeitos do tempo e concentração dos ácidos (a) HCl e (b) H₂SO₄ na argila pura Bentonita. Onde F e Q são as fases Feldspato e Quartzo, respectivamente.

Amostra	d (Å)	
	001	060
Pura	14,78	1,52
C31	14,84	1,51
C33	14,78	1,50
C61	12,56	1,50
C63	15,03	1,49
S31	12,71	1,48
S33	13,19	1,51
S61	14,34	1,48
S63	13,34	1,50

Tabela 2. Valores da distância basal d_{001} e d_{060} para amostras antes e após a ativação com HCl e H₂SO₄.

As demais reflexões (não basais) não apresentam grandes discrepâncias em relação ao processo de ativação ácida. Isso se deve, possivelmente, à ocorrência preferencial da lixiviação de cátions da folha octaédrica da estrutura da montmorilonita, desta maneira, levando à formação de sílica amorfa. Resultados similares foram descritos na literatura com a Bentonita Unye (Caglar et al., 2009).

O tratamento com ácidos inorgânicos entre outras consequências ocasiona a destruição parcial do sítio octaédrico devido ao ataque de íons H₃O⁺ aos grupos OH⁻ estruturais. Isso proporciona a exposição e consequente liberação de cátions presentes nesse sítio (Al³⁺, Mg²⁺, Fe^{3+/2+}).

A degradação da estrutura lamelar aumenta com a severidade do tratamento ácido, principalmente com H₂SO₄. De acordo com Bertella et al. (2010), as maiores

ordens de reflexões hkl são menos afetadas tendo a preservação da intensidade destas reflexões. As amostras tratadas com HCl foram mais resistentes ao tratamento, fato evidenciado pela conservação parcial das reflexões basais presentes na amostra Figura 1 (a).

3.2 Microscopia Eletrônica de Varredura

Na Figura 2 estão agrupadas as imagens de MEV para as amostras de Bentonita pura e após ativação ácida. A amostra pura, Figura 2 (a), apresenta uma típica morfologia lamelar (na forma de folhas), característica dos filossilicatos. Outra característica é a presença de pequenos e grandes aglomerados.

Comparativamente, enquanto a amostra natural apresenta agregados compactos empilhados, as amostras ativadas apresentam agregados lamelares similares a flocos e folhas em empilhamentos menos compactos. Pérez et al. (2014) observaram em estudos com filossilicatos mudanças morfológicas similares, agregados de partículas com formas bem definidas, regulares e planas.

Segundo Steudel et al. (2009b) a desordem no empilhamento das folhas no material montmorilonítico pode ser explicada de diferentes maneiras. Uma razão pode ser a distribuição de carga nas folhas octaédrica e tetraédricas. Altos teores de substituições na folha tetraédrica causa distorções na estrutura do cristal e um enfraquecimento na ligação entre as camadas. Outra razão é a permuta de cátions na região interlamelar por prótons durante o tratamento ácido e a protonação de grupos Si-O da folha tetraédrica em baixo pH (< 2) (Steudel et al., 2009b).

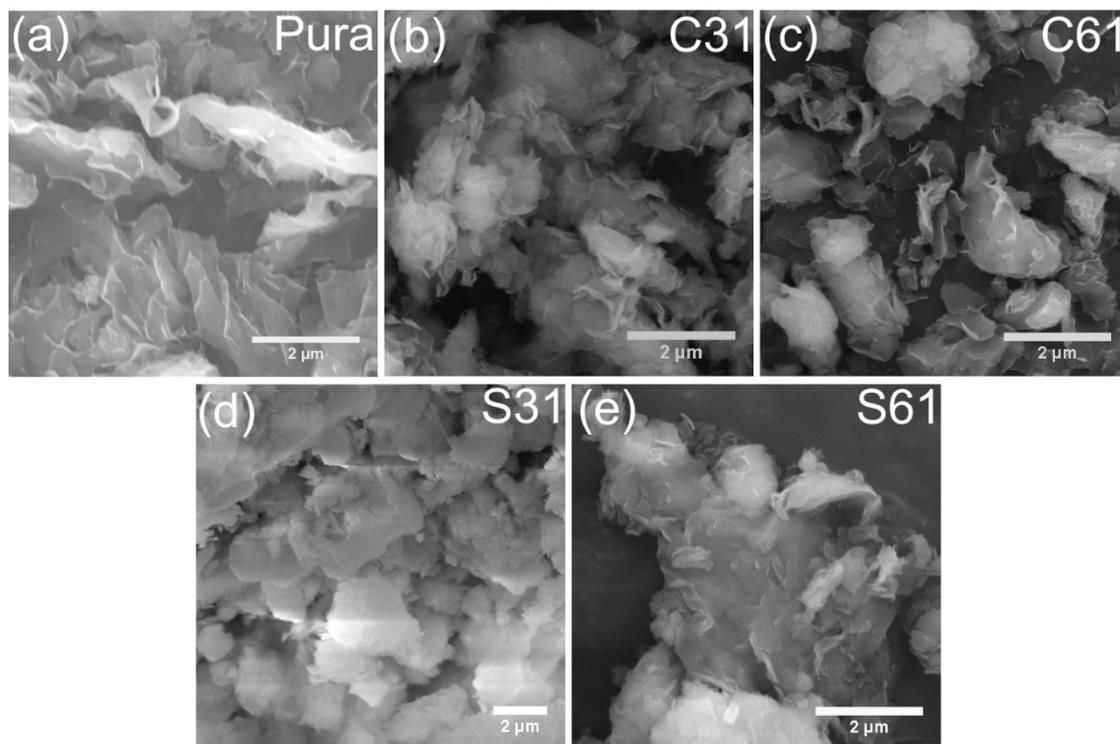


Figura 2. Imagens obtidas por MEV comparando amostras de Bentonita (a) pura e ativadas por 1h com HCl, (b) C31 e (c) C61 e, em H_2SO_4 (d) S61 e (e) S61.

Na Tabela 3 estão listados as porcentagens atômicas da análise química obtida por EDS antes e após o processo de ativação ácida. As diferenças mais perceptíveis estão relacionadas aos elementos Al, Si, Na e Fe. Uma das principais consequências da ativação ácida é a lixiviação de cátions do sítio octaédrico da argila. Como há uma maior destruição desse sítio, ocorre uma perda acentuada de íons Al^{3+} , corroborando com os dados da Tabela 3.

Os cátions Mg^{2+} coordenados octaédricamente são preferencialmente liberados/lixiviados por HCl em comparação com Fe^{3+} e Al^{3+} , devido a este estar num ambiente mais negativo (mais polarizado).

O modelo de dissolução e delaminação de argilominerais expansíveis proposto por Steudel et al. (2009b), sugere que as principais consequências decorrentes da ativação ácida em argilominerais está associada à troca de cátions trocáveis por prótons e a gradual redução da folha octaédrica. As partículas começam a cisão dentro da folha octaédrica. A desintegração da folha octaédrica está associada com a formação de camadas, as quais são constituídas de folhas tetraédrica conectadas por prótons, água e cátions interlamelares remanescentes (Steudel et al., 2009b). As folhas tetraédricas remanescentes de argilominerais expansíveis estão conectados por íons H^+ assim como por cátions interlamelares e fragmentos das folha octaédrica (Steudel et al., 2009a).

Amostra	Elemento (%atômica)							
	O	Na	Mg	Al	Si	K	Ti	Fe
Pura	63,12	2,24	1,06	8,18	23,18	0,14	0,24	1,69
C31	71,13	0,17	0,68	6,45	20,23	0,07	0,01	1,15
C31	71,13	0,17	0,68	6,45	20,23	0,07	0,01	1,15
C33	71,44	0,03	0,62	5,02	21,79	0,04	0,00	0,73
C61	70,15	0,07	0,83	6,77	20,90	0,07	0,00	1,21
C63	68,47	0,13	0,78	6,61	22,30	0,09	0,13	1,06
S31	64,33	0,03	0,34	8,06	24,28	0,08	0,16	1,35
S33	64,58	0,27	0,79	7,23	25,70	0,31	0,10	1,05
S61	64,40	0,06	0,87	7,95	23,77	0,13	0,15	1,29
S63	70,34	1,21	0,37	5,98	20,52	0,01	0,12	0,68

Tabela 3. Porcentagens atômicas dos elementos das amostras antes e após o processo de ativação com HCl e H_2SO_4 .

3.3 Ressonância Magnética Nuclear de ^{27}Al (RMN ^{27}Al)

O espectro de RMN ^{27}Al para a Bentonita pura (Figura 3) mostra o alumínio em dois ambientes distintos, um centrado em 58 ppm, decorrente da presença de Al^{IV} (tetraédrico) e outro próximo de 2,10 ppm, oriundo da presença de Al^{VI} (octaédrico) (Breen et al., 1995).

O espectro de ressonância magnética nuclear de ^{27}Al para amostra natural de Bentonita apresenta três sinais. O primeiro em 2,10 ppm é atribuído ao alumínio

presente na folha octaédrica (Al^{VI}) do material argiloso, correspondendo a um ambiente $\text{Al}(\text{OAl})_4$. O segundo em 58 ppm é oriundo da espécie de alumínio tetraédrico (Al^{IV}), característico de um ambiente $\text{Al}(\text{OSi})_4$. O terceiro sinal, o menos proeminente, é característico da substituição de Si por Al na folha tetraédrica, sendo o deslocamento químico geralmente entre 67-69 ppm (Wijzen et al., 1998; He et al., 2002).

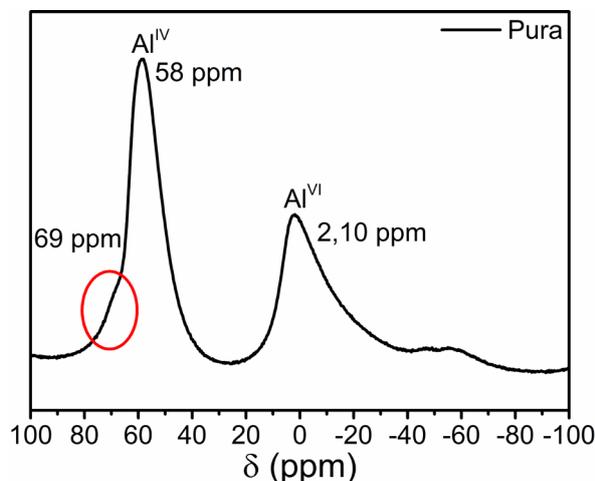


Figura 3. Espectro de ressonância magnética nuclear de ^{27}Al da amostra da argila Bentonita natural anterior ao tratamento ácido.

Na Figura 4 (a) e (b) são comparados os efeitos da concentração e tempos de ativação ácida com HCl e H_2SO_4 . Após as ativações ocorreu a inversão das intensidades dos sinais dos sítios de alumínio, onde a intensidade do Al^{VI} em todas amostras foi relativamente superior ao da amostra natural, Figura 4 (c) e (d). O oposto foi observado em relação as intensidades do Al^{IV} , observando-se um decréscimo na intensidade do sinal, Figura 4 (e) e (f), com exceção das amostras S31 e S61. Essas observações são decorrentes da dissolução de Al da folha octaédrica.

Resultados presentes na literatura sugerem que Al^{IV} pode estar localizado em três sítios diferentes em montmorilonitas não tratadas e montmorilonitas tratadas com ácido: (i) na folha Si-O com a troca de Al por Si; (ii) na rede de sílica tridimensional; (iii) na folha Al-O octaédrica como resultado da perda de água estrutural (He et al., 2002).

O ombro observado em 69 ppm para a Bentonita pura desapareceu após o tratamento ácido, conforme ilustrado no detalhe da Figura 4 (e) e (f). A causa desse desaparecimento é lixiviação de cátions Al^{3+} , os quais estavam substituindo íons Si^{4+} nessa folha.

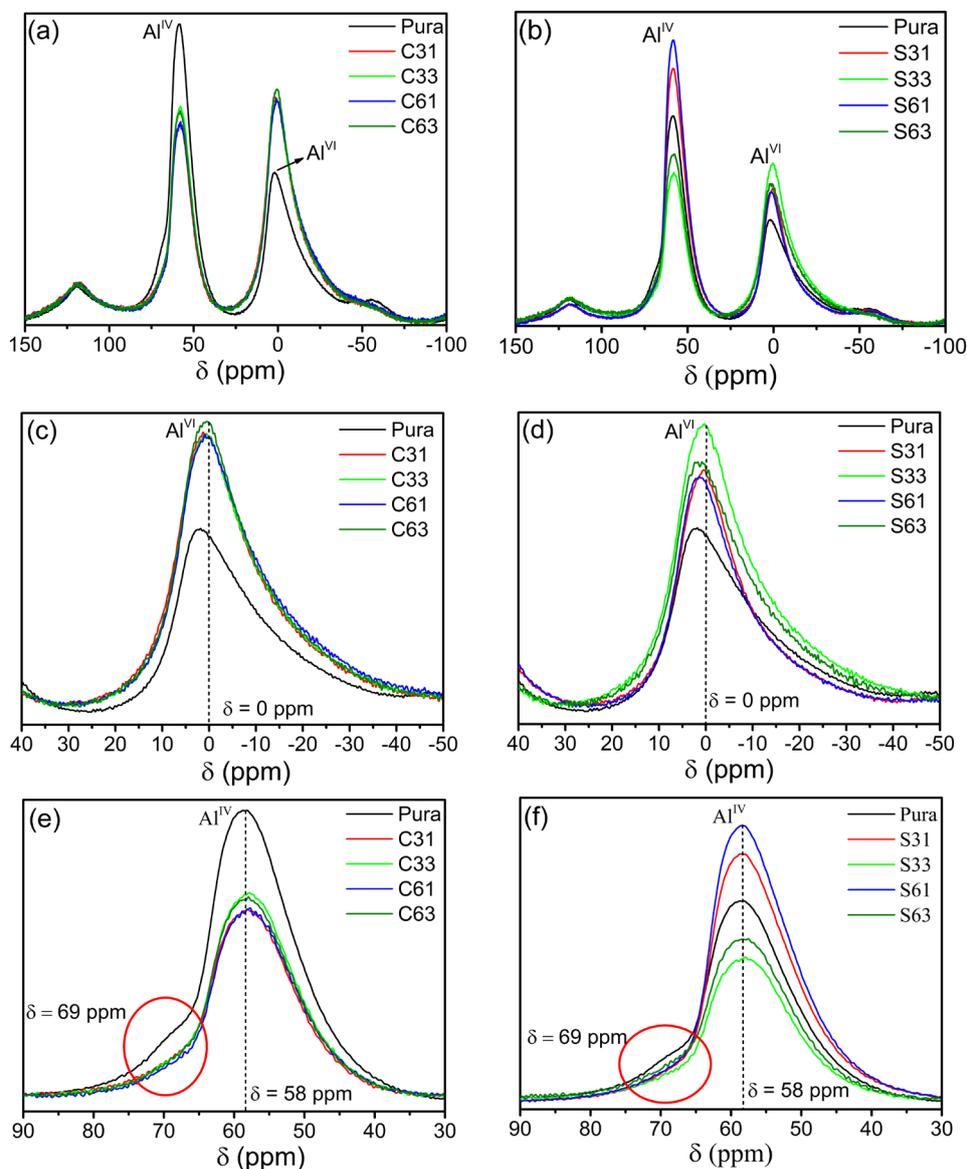


Figura 4. Espectros de MAS RMN ^{27}Al comparando o efeito da concentração e do tempo de ativação ácida da Bentonita (a) com HCl e (b) com H_2SO_4 . Destaque para os sítios octaédrico (Al^{VI}) de alumínio após ativação (c) com HCl e (d) com H_2SO_4 . E para os sítios tetraédricos (Al^{IV}) de alumínio após ativação (e) com HCl e (f) com H_2SO_4 .

Na Figura 5 são comparados as taxas de conversão da reação de esterificação obtidos a partir da análise de RMN ^1H . A amostra natural apresentou baixo valor de conversão catalítica na reação de esterificação de ácidos graxos. Trabalhos similares relatados na literatura também corroboram os resultados obtidos, nos quais amostras de argilominerais naturais (sem modificação) apresentaram uma baixa taxa de conversão (Do Nascimento et al., 2011; Jeenpadiphat e Tungasmita, 2013; 2014).

A ativação da argila Bentonita com ácido clorídrico e ácido sulfúrico, em diferentes condições, alterou as propriedades estruturais da mesma. A qual foi mais notável nas amostras ativadas com maior concentração de ácido sulfúrico e tempo reacional. Para ativações com H_2SO_4 , foram observadas alterações e modificações mais significativas em sua estrutura. Entre as amostras avaliadas, S31e S33 apresentaram maior atividade catalítica na esterificação do ácido oleico. Este material

foi mais efetivo devido as condições mais brandas de ativação o que propiciou uma menor lixiviação e espécies ativas.

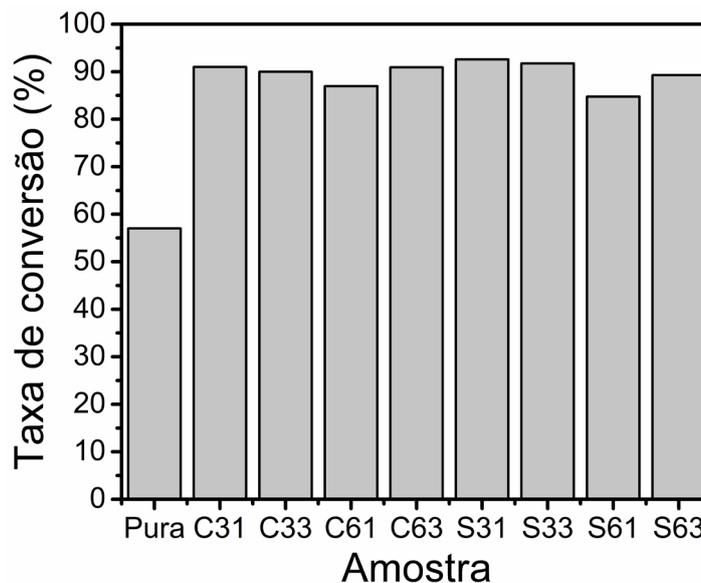


Figura 5. Porcentagens de conversão na reação de esterificação do ácido oleico com metanol na presença das argilas modificadas obtida pela análise de RMN de ^1H .

4 | CONCLUSÕES

A amostra natural apresentou baixo valor de conversão catalítica na reação de esterificação de ácidos graxos. As mudanças ocasionadas pela ativação ácida, destruição parcial do sítio octaédrico, elevou a taxa de conversão da reação. Nas reações que foram empregadas argilas tratadas com HCl, as percentagens de conversão para as reações de esterificação apresentaram congruência, não ocorrendo maiores discrepâncias. O mesmo não foi observado, nas argilas modificadas com H_2SO_4 , com a alteração na concentração do ácido observou-se uma pequena diminuição na percentagem de conversão à oleato de metila. Provavelmente, a ativação ocasionou um aumento no número de sítios ácidos presentes no material e lixiviação de cátions localizados nos sítios octaédricos, responsáveis pela estabilidade do argilomineral, desta maneira, colapsando a estrutura. Os produtos da reação de esterificação por catálise heterogênea com as argilas ativadas foram superiores a 85 %. Portanto, as modificações ocasionadas pela ativação foram vantajosas para o processo de catálise.

5 | AGRADECIMENTOS

CAPES, CNPq, Fundação Araucária e Complexo de Laboratórios Multiusuários (C-Labmu/UEPG)

REFERÊNCIAS

- AUNG, L. L. et al. The capacity of activated kaolins to remove colour pigments from rice bran oil: the effects of acid concentration and pre-heating prior to activation. **Clay Minerals**, v. 49, n. 4, p. 513-526, 2014. ISSN 0009-8558.
- BARISON, A. et al. A simple methodology for the determination of fatty acid composition in edible oils through ¹H NMR spectroscopy. **Magnetic Resonance in Chemistry**, v. 48, n. 8, p. 642-650, 2010. ISSN 0749-1581.
- BENDOU, S.; AMRANI, M. Effect of Hydrochloric Acid on the Structural of Sodic-Bentonite Clay. **Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering**, v. 02, n. 05, p. 404-413, 2014. ISSN 2327-4077
2327-4085.
- BERTELLA, F. et al. Estudo da ativação ácida de uma argila bentonita. **Rio Grande do Sul**, 2010.
- BREEN, C.; MADEJOVÁ, J.; KOMADEL, P. Characterisation of moderately acid-treated, size-fractionated montmorillonites using IR and MAS NMR spectroscopy and thermal analysis. **Journal of Materials Chemistry**, v. 5, n. 3, p. 469-474, 1995.
- CAGLAR, B. et al. Characterization of the cation-exchanged bentonites by XRPD, ATR, DTA/TG analyses and BET measurement. **Chemical Engineering Journal**, v. 149, n. 1, p. 242-248, 2009/07/01/ 2009. ISSN 1385-8947. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1385894708007079> >.
- CULLITY, B. D. **Elements of X Ray Diffraction**. BiblioBazaar, 2011. ISBN 9781178511420. Disponível em: < <http://books.google.com.br/books?id=Z-98pwAACAAJ> >.
- DO NASCIMENTO, L. A. S. et al. Esterification of oleic acid over solid acid catalysts prepared from Amazon flint kaolin. **Applied Catalysis B: Environmental**, v. 101, n. 3-4, p. 495-503, 2011. ISSN 0926-3373.
- FAGHIHIAN, H.; MOHAMMADI, M. H. Surface properties of pillared acid-activated bentonite as catalyst for selective production of linear alkylbenzene. **Applied Surface Science**, v. 264, p. 492-499, 2013. Disponível em: < <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84870491315&doi=10.1016%2fj.apsusc.2012.10.050&partnerID=40&md5=714e11d4b994f4044541c19ba8a3810e> >.
- FOLETTTO, E. L.; PAZ, D. S.; GÜNDEL, A. Acid-activation assisted by microwave of a Brazilian bentonite and its activity in the bleaching of soybean oil. **Applied Clay Science**, v. 83-84, p. 63-67, 2013. ISSN 01691317.
- FOLETTTO, E. L. et al. Influência do tipo de ácido usado e da sua concentração na ativação de uma argila bentonítica. **Cerâmica**, v. 47, p. 208-211, 2001. ISSN 0366-6913. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-69132001000400008&nrm=iso >.
- GUARINO, A. W. S. et al. Characterization of a brazilian smectite by solid state NMR and X-ray diffraction techniques. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 8, p. 581-586, 1997. ISSN 0103-5053. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-50531997000600004&nrm=iso >.
- HE, H. et al. A microstructural study of acid-activated montmorillonite from Choushan, China. **Clay Minerals**, v. 37, n. 2, p. 337-344, 2002. ISSN 0009-8558.
- JEENPADIPHAT, S.; TUNGASMITA, D. N. Acid-activated pillar bentonite as a novel catalyst for the esterification of high FFA oil. **Powder technology**, v. 237, p. 634-640, 2013. ISSN 0032-5910.

_____. Esterification of oleic acid and high acid content palm oil over an acid-activated bentonite catalyst. **Applied Clay Science**, v. 87, p. 272-277, 2014. ISSN 01691317.

KOOLI, F.; JONES, W. Characterization and catalytic properties of a saponite clay modified by acid activation. **Clay Minerals**, v. 32, n. 4, p. 633-643, 1997. ISSN 0009-8558.

LEITE, I. F.; RAPOSO, C. M. O.; SILVA, S. M. L. Caracterização estrutural de argilas bentoníticas nacional e importada: antes e após o processo de organofilização para utilização como nanocargas. **Cerâmica**, v. 54, p. 303-308, 2008. ISSN 0366-6913. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-69132008000300006&nrm=iso >.

LIANG, H.-N. et al. Rheological properties of acid-activated bentonite dispersions. **Clays and Clay Minerals**, v. 58, n. 3, p. 311-317, 2010. ISSN 00098604 15528367.

MORONTA, A. et al. Influence of preparation method on the catalytic properties of acid-activated tetramethylammonium-exchanged clays. **Applied Catalysis A: General**, v. 230, n. 1, p. 127-135, 2002/04/30/ 2002. ISSN 0926-860X. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926860X01010018> >.

PÉREZ, A. et al. Modified clays as catalysts for the catalytic oxidation of ethanol. **Applied Clay Science**, v. 95, p. 18-24, 2014. ISSN 0169-1317.

RODRIGUES, M. G. F.; PEREIRA, K. R. O.; VALENZUELA-DIAZ, F. R. Obtenção e caracterização de materiais argilosos quimicamente ativados para utilização em catálise. **Cerâmica**, v. 52, p. 260-263, 2006. ISSN 0366-6913. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-69132006000400008&nrm=iso >.

SILVA, A. R. V.; FERREIRA, H. C. Argilas bentoníticas: conceitos, estruturas, propriedades, usos industriais, reservas, produção e produtores/fornecedores nacionais e internacionais. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v. 3, n. 2, p. 26-35, 2008.

STEUDEL, A. et al. Alteration of non-swelling clay minerals and magadiite by acid activation. **Applied Clay Science**, v. 44, n. 1, p. 95-104, 2009/04/01/ 2009a. ISSN 0169-1317. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169131709000301> >.

_____. Alteration of swelling clay minerals by acid activation. **Applied Clay Science**, v. 44, n. 1, p. 105-115, 2009/04/01/ 2009b. ISSN 0169-1317. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169131709000325> >.

WIJZEN, F. et al. Texture and Structure of Amorphous Co-Precipitated Silica-Aluminum Phosphate Catalyst Supports. **Journal of Catalysis**, v. 177, n. 1, p. 96-104, 1998/07/01/ 1998. ISSN 0021-9517. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021951798920930> >.

WU, Z. et al. Characterization, Acid Activation and Bleaching Performance of Bentonite from Xinjiang 1 Supported by Doctor Funds Xinjiang Production and Construction Corps (ZDGG2004-01) and Shihezi University's Key Scientific and Technological Project of China (04BSZJ04). **Chinese Journal of Chemical Engineering**, v. 14, n. 2, p. 253-258, 2006/04/01/ 2006. ISSN 1004-9541. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1004954106600670> >.

ZATTA, L. et al. Montmorilonita modificada como catalisador heterogêneo em reações de esterificação (m) etílica de ácido láurico. **Quim. Nova**, v. 35, n. 9, p. 1711-1718, 2012.

ZATTA, L.; RAMOS, L. P.; WYPYCH, F. Acid-activated montmorillonites as heterogeneous catalysts for the esterification of lauric acid acid with methanol. **Applied Clay Science**, v. 80-81, p. 236-244, 2013. Disponível em: < <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84883458069&doi=10.1016%2fj.clay.2013.04.009&partnerID=40&md5=cb9ec34bac8d1077a715ec7f370bb006> >.

SOBRE O ORGANIZADOR

Alexandre Igor Azevedo Pereira - é Engenheiro Agrônomo, Mestre e Doutor em Entomologia pela Universidade Federal de Viçosa. Professor desde 2010 no Instituto Federal Goiano e desde 2012 Gerente de Pesquisa no Campus Urutaí. Orientador nos Programas de Mestrado em Proteção de Plantas (Campus Urutaí) e Olericultura (Campus Morrinhos) ambos do IF Goiano. Alexandre Igor atuou em 2014 como professor visitante no John Abbott College e na McGill University em Montreal (Canadá) em projetos de Pesquisa Aplicada. Se comunica em Português, Inglês e Francês. Trabalhou no Ministério da Educação (Brasília) como assessor técnico dos Institutos Federais em ações envolvendo políticas públicas para capacitação de servidores federais brasileiros na Finlândia, Inglaterra, Alemanha e Canadá. Atualmente, desenvolve projetos de Pesquisa Básica e Aplicada com agroindústrias e propriedades agrícolas situadas no estado de Goiás nas áreas de Entomologia, Controle Biológico, Manejo Integrado de Pragas, Amostragem, Fitotecnia e Fitossanidade de plantas cultivadas no bioma Cerrado.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Argila aniônica 76
Astronomia 19, 20, 21, 23, 27, 28
Ativação ácida 88, 90

B

Biocompósitos 225

C

CCT 203, 209
Cerâmica dielétrica 203
Combustível 119
Compósitos poliméricos 155

D

Dissipação de calor 63

E

Eclipses 19, 20
Educação em tempo integral 29
Eletrofiação 9, 132
Embalagem 101, 106, 107
Ensino de matemática 29
Ergosterol 120, 121, 122, 123, 127, 128, 129
Espectrofotometria 120, 125
Etanol 109, 114, 115, 118, 119, 184, 185, 187, 188, 191

F

Filmes 173, 174, 193
Filmes poliméricos 193
Formação de professores 41

G

Ganodermalucidum 130

M

Método Sol-Gel 144, 203, 205, 206
Modelagem 63

N

Nanofibras 134, 136

O

Oficina 14, 16, 18
Ondulação geoidal 6, 10, 11

Origami modular 29

P

Padrão 10, 51, 126

Perfilamento laser 1

Perovskita 203, 204, 205, 206, 209, 210, 211

Potenciação 51

Proporção 51, 61

S

Sabonetes 101

Semicondutor 143

Simulação computacional 63

Sohxlet 120, 121

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-587-7



9 788572 475877