

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 BLENDAS 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

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

Alberto Adriano Cavalheiro

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul,
CDTEQ.

Naviraí – MS. E-mail: albecava@gmail.com

Sabrina Vitor Gonçalves

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul,
CDTEQ.

Naviraí – MS. E-mail: sabrinavitorgoncalves1@gmail.com

Creuza Kimito Caceres Kawahara

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul,
CDTEQ.

Naviraí – MS. E-mail: creuzakawahara@gmail.com

Rafael Aparecido Ciola Amoresi

Universidade Estadual Paulista, Instituto de
Química de Araraquara.

Araraquara – SP. E-mail: rafaelciola@yahoo.com.br

Graciele Vieira Barbosa

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul,
CDTEQ.

Naviraí – MS. E-mail: grace.navi.21@gmail.com

RESUMO: Hidrotalcitas são hidróxidos duplos lamelares amplamente utilizados como adsorventes devido a grande porosidade. A composição mais comum de hidrotalcita possui magnésio II como cátion estruturante da estrutura romboédrica e alumínio III como

substituente gerador de desbalanço de cargas nas lamelas. Com isso, espécies aniônicas são incorporadas no espaço interlamelar, em especial, ânions carbonato, comuns das águas naturais. No entanto, outras espécies aniônicas podem levar a estruturas HDL muito mais estáveis, como o ânion fosfato, que foi o objetivo deste trabalho. Assim, sintetizaram-se três composições de hidrotalcitas fosfatadas de magnésio e alumínio, variando a razão entre magnésio e alumínio, de modo a fixar diferentes quantidades de íon fosfato interlamelar. Os materiais foram caracterizados por análise térmica e difratometria de raios-X, permitindo obter conclusões sobre o efeito do ânion fosfato no espaço interlamelar, com consequências no grau de hidratação e estabilidade térmica.

PALAVRAS-CHAVE: HDL, argila aniônica, espaço interlamelar.

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF PHOSPHATED MAGNESIUM AND ALUMINUM HYDROTALCITES BY COPRECIPITATION

ABSTRACT: Hydrotalcites are double lamellar hydroxides widely used as adsorbents due to their high porosity. The most common composition of hydrotalcite has magnesium II as structuring cation of the rhombohedral structure and aluminum III as substituent generating unbalance of charges in the lamellae. Thus,

anionic species are incorporated into the interlamellar space, especially carbonate anions, common to natural waters. However, other anionic species can lead to much more stable LDH structures, such as phosphate anion, which was the objective of this work. Thus, three compositions of magnesium and aluminum phosphate hydrotalcites were synthesized, varying the ratio of magnesium to aluminum, in order to fix different amounts of interlamellar phosphate ion. The materials were characterized by thermal analysis and X-ray diffraction, which allows obtaining some conclusions on the effect of the phosphate anion in the interlamellar space, with consequences in the degree of hydration and thermal stability.

KEYWORDS: LDH, anionic clay, interlamellar space.

1 | INTRODUÇÃO

Argilas aniônicas também conhecidas como hidróxidos duplos lamelares (HDL), sintéticos ou naturais, onde apresenta no seu espaço interlamelar as espécies aniônicas, essas argilas aniônicas são minerais particularmente raras e são se associa a formações metamórficas. Estes minerais podem ocorrer em ambientes como depósitos salinos, o que comprova que altas temperaturas e pressões não são extremamente necessárias para a formação de estruturas HDL estáveis (CREPALDI et al., 1998; BRAVO-SUÁREZ et al., 2004; YANG et al., 2016; NIU et al., 2016; JATAV et al., 2016).

A hidrotalcita de magnésio e alumínio é uma das mais estáveis e versáteis estruturas HDL e são investigadas como adsorventes e catalisadores. Possui um arranjo estrutural baseado no mineral brucita $Mg(OH)_2$ com cátions de alumínio substituintes de modo heterovalente. O desbalanço de carga nas lamelas favorece a adsorção de ânions divalentes, em geral, carbonato CO_3^{2-} , levando a um rearranjo tridimensional, com as espécies aniônicas hidratadas intercaladas. Entretanto, pode-se obter inúmeras outras composições através de outras substituições parciais, seguindo a fórmula geral para esse tipo de estrutura dada por $[Mg_{1-x}^{2+}Al_x^{3+}(OH)_2]^{x+} \cdot [A_{x/n}^{n-} \cdot mH_2O]^{x-}$ (BELLOTO et al., 1996; YANG et al., 2016; ZHOU et al., 2016; HAFSHAH et al., 2016; BHANAWASE & YADAV, 2017; WANG et al., 2017; DEBEK, et al., 2017).

A Hidrotalcita (HT) tem sido bastante utilizada como precursora para outros materiais ativos de uso catalítico, favorecidos pela presença de ânions altamente móveis e a basicidade das camadas superficiais. Outros usos incluem troca iônica, adsorção aniônica, e estabilização molecular (GREGG & SING, 2000).

A facilidade de controlar a composição das argilas aniônicas e a possibilidade de aumentar a área superficial ativa e o volume interlamelar juntamente com a escolha apropriada de ânions intercalados permite um ótimo ajuste de suas propriedades, possibilitando sintetizar um material de acordo com a finalidade que se deseja (CAVANI et al., 1991, CUNHA et al., 2010; GASC et al., 2011 BASKARAN et al., 2015).

O íon carbonato é o mais comum ânion interlamelar na Hidrotalcita, podendo ser

inserido no momento da síntese quanto por posterior troca iônica. Isso ocorre devido à energia de adsorção superior do carbonato em relação aos demais ânions e sua abundância no ambiente. Mas, o íon fosfato tem energia de adsorção ainda maior que o íon carbonato, o que impede a posterior troca iônica para o íon carbonato (ROY et al., 1953; VIEILLARD et al., 2000; BASTIANI et al., 2004).

As hidrotalcitas carbonatadas apresentam diferentes estabilidades térmicas, determinada pela resistência à desidroxilação das lamelas e consequente descarbonatação, com perda de dióxido de carbono. Logo, a presença de íon fosfato no espaço interlamelar pode conferir maior estabilidade a estrutura, pois não tem um subproduto gasoso originado da composição desta espécie (OOKUBO et al., 1993; PUTTASWAMY & KAMATH, 1997; WIYANTOKO et al., 2015).

2 | METODOLOGIA EXPERIMENTAL

Neste trabalho foi investigada a influência da co-substituição do alumínio por cátions de ferro (III) e cromo (III) nas características estruturais da hidrotalcita carbonatada de magnésio e alumínio obtidas pelo método da precipitação por hidróxidos. A razão molar do cátion divalente magnésio (II) foi fixada em 70 mol% e dos cátions trivalentes em 30 mol%.

Foram utilizados os sais de nitrato de magnésio II hexahidratado $Mg(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ (VETEC, P.A.), nitrato de alumínio III nonaidratado $Al(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ (DINÂMICA, P.A.), nitrato de ferro III nonaidratado. Para precipitação, foram usados o hidróxido de sódio NaOH (DINÂMICA, P.A.) e como fonte do íon fosfato, foi utilizado o sal de fosfato ácido de sódio Na_2HPO_4 (VETEC, P.A.).

Três composições foram preparadas, segundo a fórmula geral $Mg_{1-x}Al_x(OH)_2(PO_4^{-3})_{x/3}$, sendo $x = 0,21$ (M79Al21P07), $x = 0,27$ (M73Al27P09) e $x = 0,33$ (M67Al33P11).

As amostras foram precipitadas a partir de uma solução mista de cátions, usando a solução mista de hidróxido de sódio e fosfato ácido de sódio, segundo a estequiometria requerida para da amostra e o pH ajustado para 11, mantendo-se em agitação a 80 °C por 6 horas e decantando até o dia seguinte em temperatura ambiente. Cada amostra foi filtrada a vácuo e lavada com água destilada por vários ciclos até que a condutividade da água filtrada se manter reduzida e constante.

Por fim, o material foi levado à estufa a 100 por 24 horas e levemente desfragmentado em almofariz par ser levado a caracterização por análise térmica em equipamentos da TA Instruments, módulo TGA-Q50 (TG/DTG) e módulo DSC-Q20 (DSC), ambos com razão de aquecimento de 10 °C min⁻¹ e fluxo de ar sintético seco.

As amostras calcinadas a 200 °C, 300 e 450 °C foram caracterizadas por Difractometria de raios X em um equipamento da marca Siemens, modelo D5005, utilizando radiação K- α de Cu filtrada com ferro e modo de varredura teta/2-teta com passo de 0,02 °(2 θ) em um goniômetro vertical.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Figura 1 e Tabela 1 encontram-se os eventos e as perdas massa em porcentagem extraídos das curvas de análise térmica para a amostra de hidrotalcita fosfatada de magnésio e alumínio na composição de M79A21P07. Todos os resultados foram interpretados segundo fundamentação da literatura (IONASHIRO, 1985; LIDE, 2007).

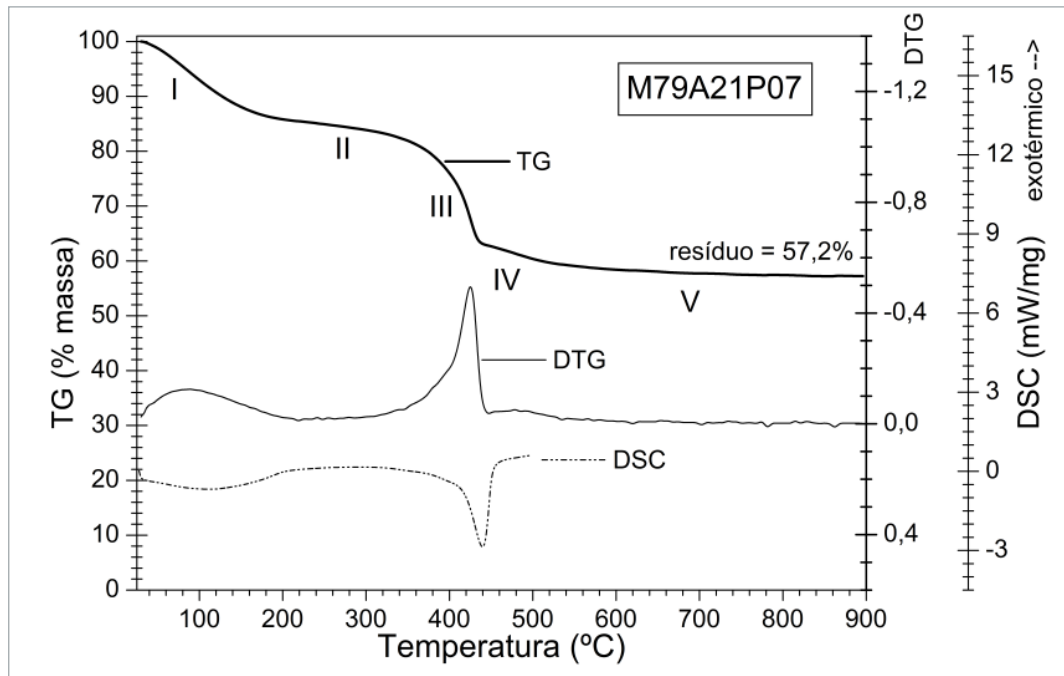


Figura 1. Análise térmica (TG/DTG/DSC) da amostra seca M79A21P07.

Etapa	Evento	TG/DTG			DSC	
		Perda TG (%)	Pico DTG (°C)	Intervalo DTG (°C)	Pico (°C)	Caráter energético
I	Desidratação do espaço interlamelar	14,6	100	30 - 225	100	Endotérmico
II	Dessorção cinética de água	1,5	-	225 - 300	-	-
III	Desidroxilação das lamelas	21,1	425	300 - 445	440	Endotérmico
IV	Formação de pirofosfato	4,1	490	445 - 570	-	Endotérmico
V	Eliminação cinética de resíduos	1,5	-	570 - 900	-	-
Resíduo final na TG a 900°C		57,2				

Tabela 1: Perdas de massa e caráter energético observados nas análises térmicas das hidrotalcitas fosfatadas de magnésio e alumínio para a composição M79A21P07.

Foi observada uma perda de massa característica da formação de pirofosfato, que ocorre logo em seguida a desidroxilação, de modo análogo ao que ocorre com o carbonato. Entretanto o pirofosfato $P_2O_7^{2-}$ ainda permanece no espaço interlamelar e

confere maior estabilidade a estrutura HDL em temperaturas superiores a etapa de desidroxilação (MOUSA, 2010).

Na Figura 2 e Tabela 2 encontram-se os eventos e as perdas massa em porcentagem extraídos das curvas de análise térmica para a amostra de hidrotalcita fosfatada de magnésio e alumínio na composição de M73A27P09. Foram observados os mesmos eventos da amostra anterior, mas com ligeiro deslocamento da temperatura de desidroxilação, indicando algum efeito da quantidade de fosfato neste evento térmico.

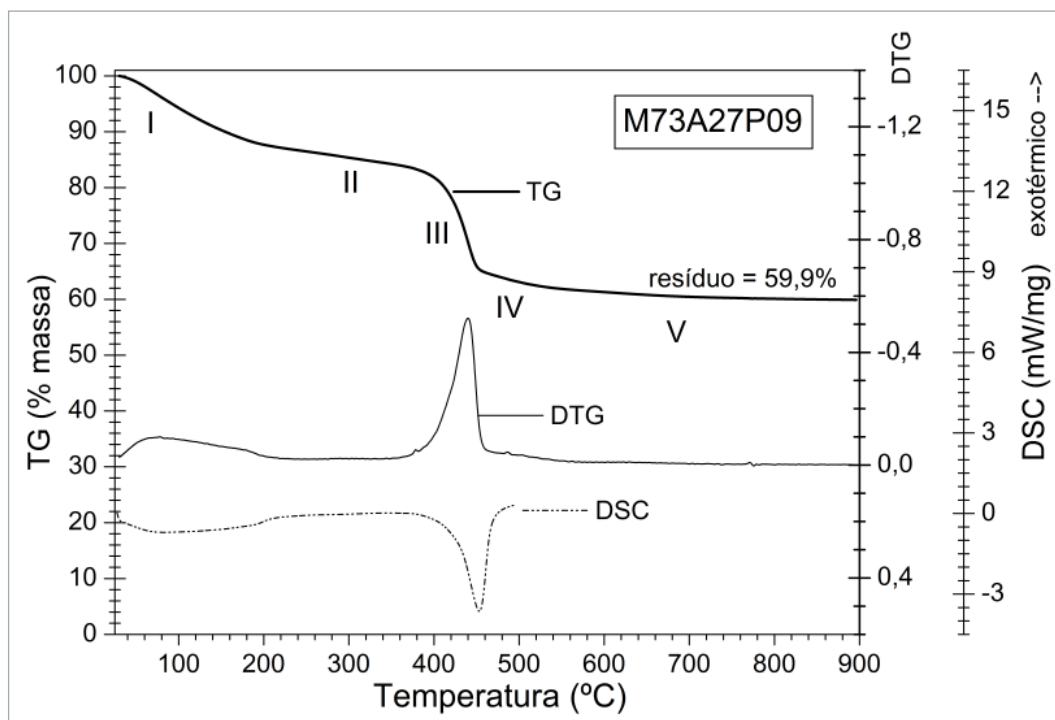


Figura 2. Análise térmica (TG/DTG/DSC) da amostra seca M73A27P09.

Etapa	Evento	TG/DTG			DSC	
		Perda TG (%)	Pico DTG (°C)	Intervalo DTG (°C)	Pico (°C)	Caráter energético
I	Desidratação do espaço interlamelar	13,5	100	30 - 225	100	Endotérmico
II	Dessorção cinética de água	2,2	-	225 - 345	-	-
III	Desidroxilação das lamelas	20,1	450	345 - 460	450	Endotérmico
IV	Formação de pirofosfato	2,6	490	460 - 570	-	Endotérmico
V	Eliminação cinética de resíduos	1,7	-	570 - 900	-	-
Resíduo final a 900°C		59,9				

Tabela 2: Perdas de massa e caráter energético observados nas análises térmicas das hidrotalcitas fosfatadas de magnésio e alumínio para a composição M73A27P09.

Na Figura 3 e Tabela 3 encontram-se os eventos e as perdas massa em porcentagem extraídos das curvas de análise térmica para a amostra de hidrotalcita

fosfatada de magnésio e alumínio na composição de M67A33P11 e parece haver uma continuidade do comportamento anterior.

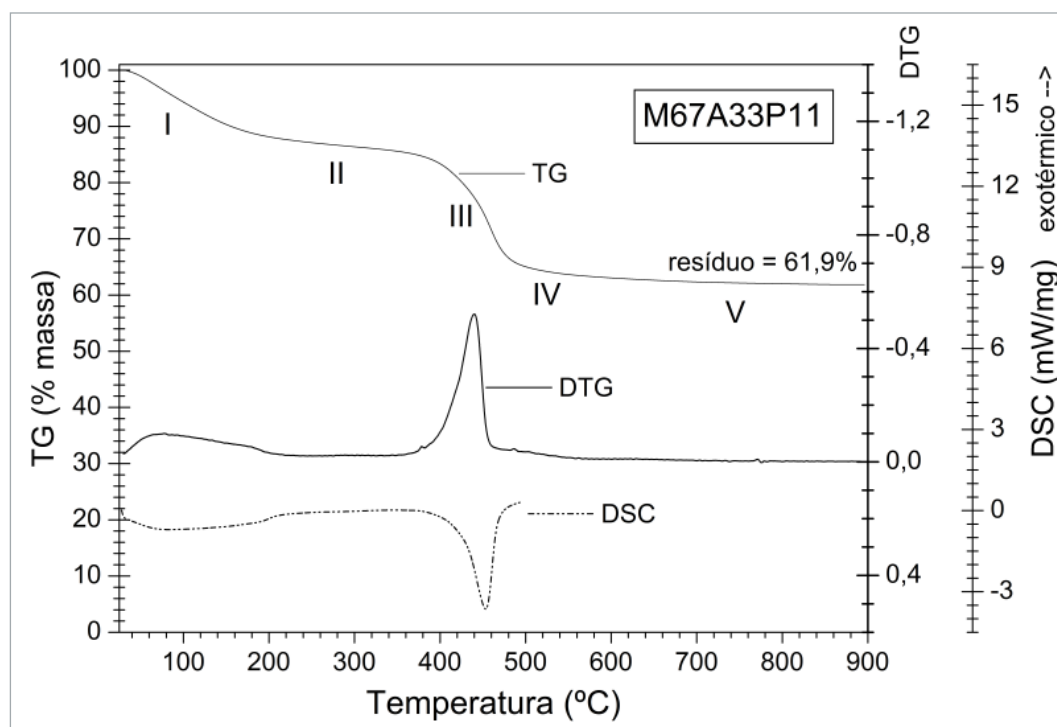


Figura 3. Análise térmica (TG/DTG/DSC) da amostra seca M67A33P11.

Etapa	Evento	TG/DTG			DSC	
		Perda TG (%)	Pico DTG (°C)	Intervalo DTG (°C)	Pico (°C)	Caráter energético
I	Desidratação do espaço interlamelar	12,5	100	30 - 225	100	Endotérmico
II	Dessorção cinética de água	2,8	-	225 - 345	-	-
III	Desidroxilação das lamelas	19,3	460	345 - 480	450	Endotérmico
IV	Formação de pirofosfato	2,0	490	480 - 570	-	Endotérmico
V	Eliminação cinética de resíduos	1,5	-	570 - 900	-	-
Resíduo final a 900°C		61,9				

Tabela 3: Perdas de massa e caráter energético observados nas análises térmicas das hidrotalcitas fosfatadas de magnésio e alumínio para a composição M67A33P11.

Na Figura 4 encontram-se as curvas DTG comparativas demonstrando o efeito do íon fosfato na estrutura hidrotalcita a variação da perda de água em cada uma das etapas de decomposição em função da concentração de fosfato. Há nítido deslocamento da temperatura de desidroxilação para alta temperatura com o aumento de fosfato (BRAVO-SUÁREZ et al., 2004).

Ao mesmo tempo, a perda de água de hidratação de decomposição das hidroxilas se reduz com a contração de fosfato, pois o íon fosfato substitui parte das hidroxilas nas lamelas, como pode ser observado na Figura 5.

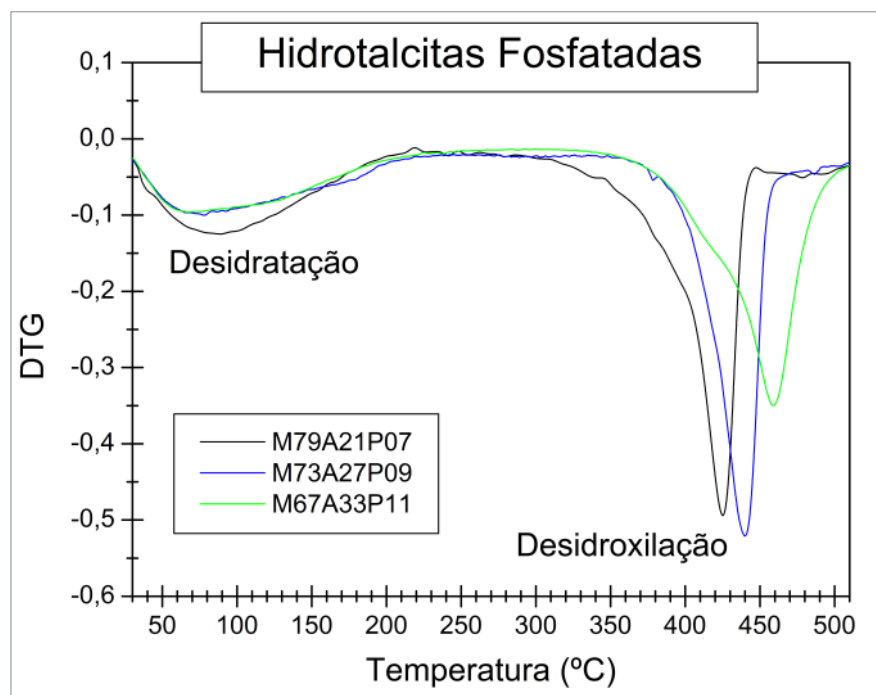


Figura 4. Efeito do íon fosfato na estrutura hidrotalcita na temperatura de desidroxilação das lamelas observada pelas curvas DTG comparativas para as três amostras.

Na Figura 6 são mostrados os difratogramas de raios-x para as três composições M79Al₂₁P07, M73Al₂₇P09 e M67Al₃₃P11 secas a 100 °C e depois calcinadas a 200, 300 e 450 °C por 4 horas. Observam-se as fases de hidrotalcita com seus picos característicos nos ângulos de 10, 22, 35, 38, 43 e 60. JCPDS (2003).

Não há formação de fase nitrato (NaNO_3), comum neste tipo de amostra como observado em diversos trabalhos. Também não há fases secundárias de fosfato em qualquer das amostras, indicando perfeita homogeneidade química e estrutural para todas as composições. No entanto, ocorre a redução de cristalinidade com o aumento da concentração molar de fosfato, o que pode ser decorrente da ancoragem tridentada do fosfato, deslocando lateralmente as lamelas na direção do eixo c (KANEZAKI, 1998).

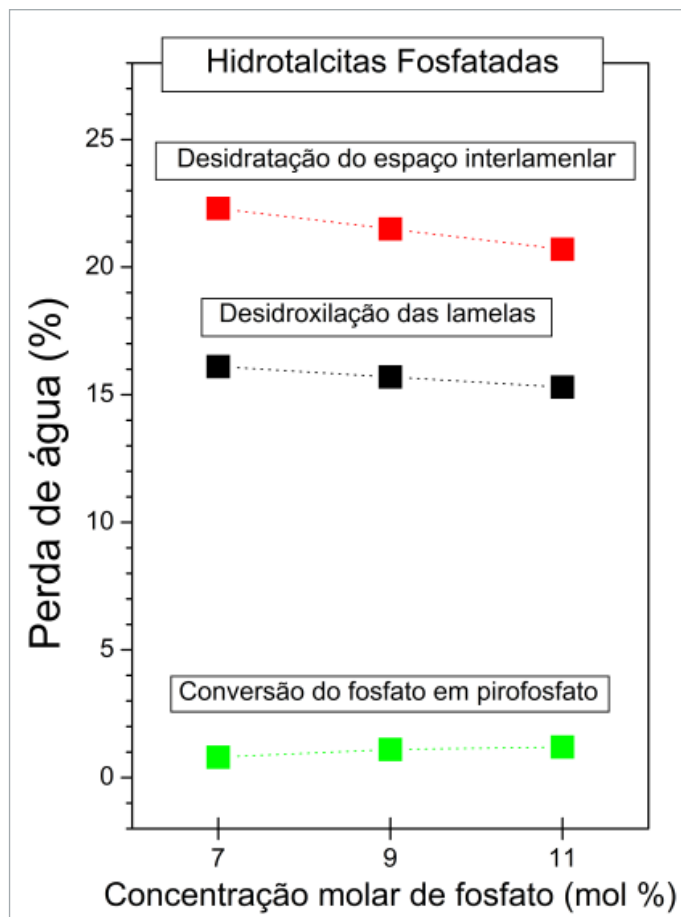
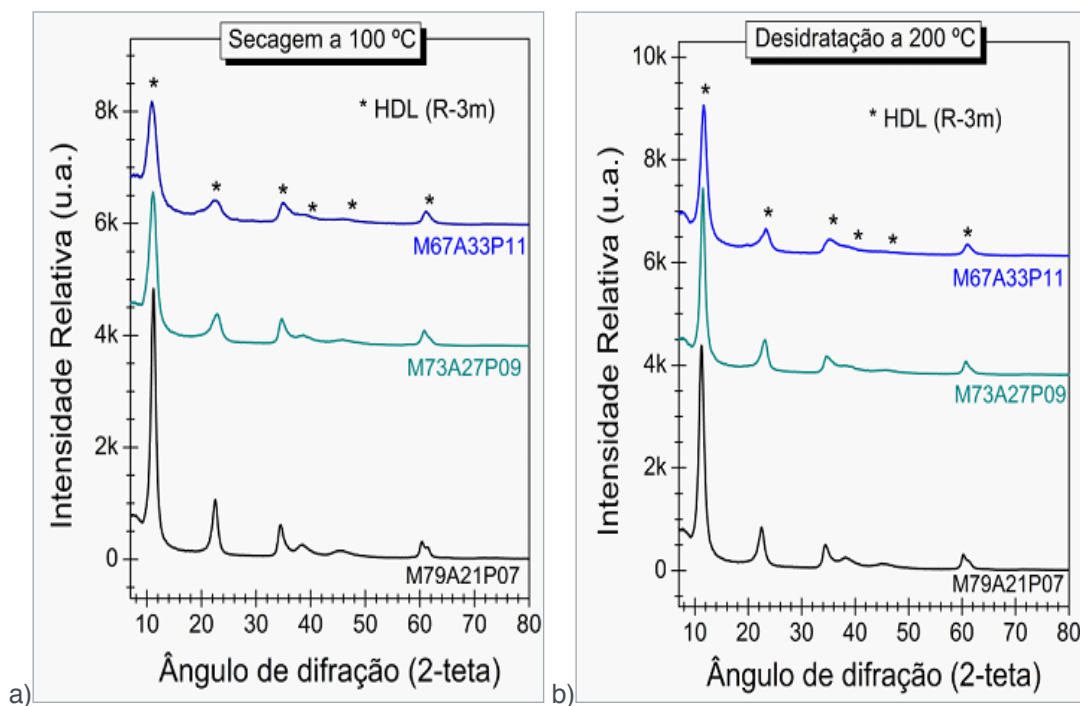


Figura 5. Efeito do íon fosfato na variação da perda de água em cada uma das etapas de decomposição em função da concentração molar de fosfato na estrutura hidrotalcita.



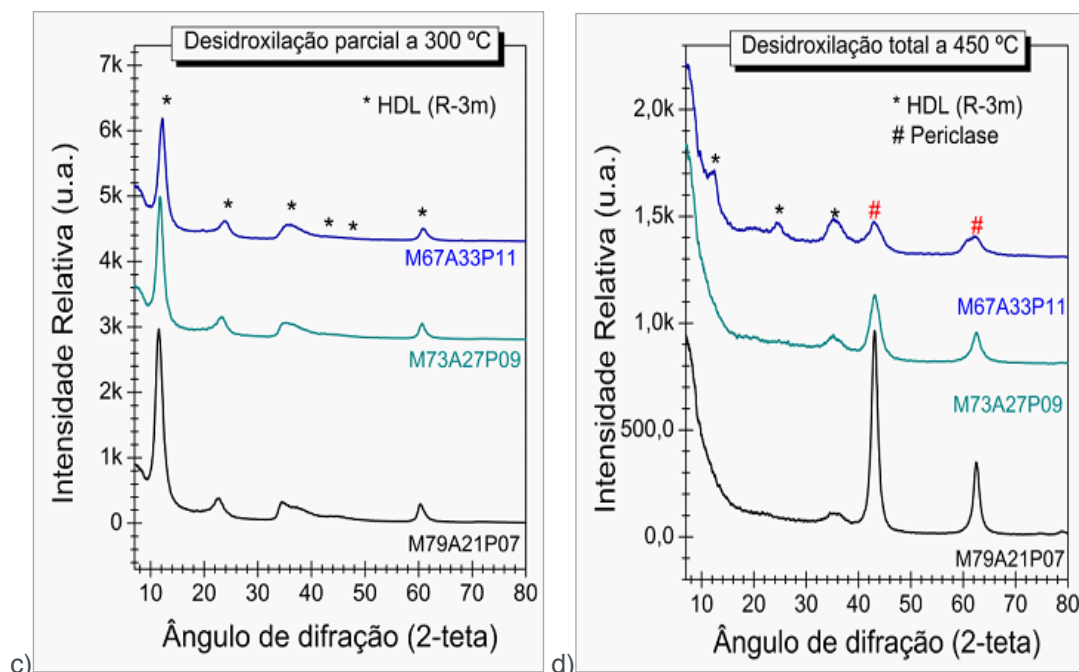


Figura 6. Difratogramas de raios X das amostras de hidrotalcita fosfatada evidenciando as alterações estruturais ao longo das etapas de desidratação, desidroxilação e decomposição.

4 | CONSIDERAÇÕES SOBRE O USO DESTE MÉTODO DE SÍNTESE

O íon fosfato foi utilizado como espécie interlamelar na estrutura HDL da hidrotalcita de magnésio e alumínio em várias proporções. Os cálculos de perda de massa dos processos de desidratação e desidroxilação mostraram que o íon fosfato estabiliza as lamelas por substituição parcial do grupo hidroxila, o que justifica a menor cristalinidade inicial para as amostras secas a 100 °C e também a estabilização da estrutura. Este fenômeno pode ser justificado pelo fato do íon fosfato não se decompor em subprodutos gasosos como o carbonato, permanecendo na forma de pirofosfato associado aos cátions da lamela durante o processo de desidroxilação das lamelas, o que dificulta o desmonte do arranjo HDL característico da hidrotalcita de magnésio e alumínio frente a tratamentos térmicos em temperaturas maiores.

5 | SUPORTE FINANCEIRO E AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FUNDECT, CNPq, CAPES e FINEP pelo apoio financeiro e bolsas de pesquisa concedidas.

REFERÊNCIAS

BASKARAN, T.; CHRISTOPHER, J.; SAKTHIVEL, A. Progress on layered hydrotalcite (HT) materials as potential support and catalytic materials, **RSC Advances**, v. 5, p. 98853-98875, 2015.

BASTIANI, R.; ZONNO, I. V.; SANTOS, I. A. V.; HENRIQUES, C. A.; MONTEIRO, J. L. F. Influence

of Thermal Treatments on the Basic and Catalytic Properties of Mg,Al-mixed Oxides Derived from Hydrotalcites. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, v. 21, 2, p. 193-202, 2004.

BELLOTO, M.; REBOURS, B.; CLAUSE, O.; LYNCH, J.; BAZIN, J. L. D.; ELKAÏN, E. Hydrotalcite decomposition mechanism: A clue to the structure and reactivity of spinel-like mixed oxides. **The Journal of Physical Chemistry**, v. 100, n. 20, p. 8535-8542, 1996.

BHANAWASE, S. L.; YADAV, G. D. Novel silica encapsulated Cu-Al hydrotalcite catalyst: Oxidative decarboxylation of vanillyl mandelic acid to vanillin in water at atmospheric pressure. **Industrial Engineering Chemistry Research**, v. 56, n. 45, p. 12899-12908, 2017.

BRAVO-SUÁREZ, J. J.; MOZO, E. A. P.; OYAMA, S. T. Review of the synthesis of layered double hydroxides: a thermodynamic approach. **Quím Nova**, v. 27, n. 4, p. 601-14, 2004.

CAVANI, F.; TRIFIRÓ, F.; VACCARI, A. Hydrotalcite Type anionic clays: Preparation, properties and applications. **Catalysis Today**, v. 11, p. 177-301, 1991.

CUNHA, V. R. R.; FERREIRA, A. M. C.; CONSTANTINO, V. R. L. TRONTO, J.; VALIM, J.B. Hidróxidos Duplos Lamelares: Nanopartículas Inorgânicas para Armazenamento e Liberação de Espécies de Interesse Biológico e Terapêutico. **Quim. Nova**, v. 33, n. 1, p. 159-171, 2010.

DEBEK, R.; MOTAK, M.; GRZYBEK, T.; GALVEZ, M. E.; DA COSTA, P. A Short Review on the Catalytic Activity of Hydrotalcite-Derived Materials for Dry Reforming of Methane, **Catalysts**, v. 7, p. 32, 2017.

GASC, J.; BRUNET, F.; BAGDASSAROV, N.; MORALES-FLÓREZ, V. Electrical conductivity of polycrystalline Mg(OH)₂ at 2 GPa: effect of grain boundary hydration-dehydration. **Phys. Chem. Minerals**. On line. 2011.

GREGG, S. J.; SING, K. S. W.; **Adsorption, Surface Area and Porosity**, Ed. Academic Press, Inc. 1982.

GUARATINI, C. C. I.; ZANONI, M. V. B. Corantes Têxteis, **Química Nova**, v. 23, n. 1, p71-78. 2000.

HAFSHAH, H.; PRAJITNO, D. H.; ROESYADI, A. Synthesis and Characterization of Ni/Hydrotalcite and Its Application in Hydrocracking Calophyllum Inophyllum Oil. **The Journal of Pure and Applied Chemistry Research**, v. 5, n. 3, p. 182-188, 2016.

IONASHIRO, M. **Giolito Fundamentos de Termogravimetria a Análise Térmica Diferencial/ Calorimetria Exploratória Diferencial**. São Paulo-SP: Giz Ed., 2004. 98p.

JCPDS - Joint Committee on Powder Diffraction Standards/International Center for Diffraction Data, Pennsylvania, Powder Diffraction File 2003.

KANEZAKI, E. Effect of Atomic Ratio Mg/Al in Layers of Mg and Al Layered double hydroxide on Thermal Stability of Hydrotalcite-Like Layered Structure By means of in Situ High Temperature Powder X-Ray diffraction. **Materials Research Bulletin**, v.33, p. 773-778, 1998.

LIDE, D. R.; **Handbook of Chemistry and Physics**, 87th Edition, ed., Taylor and Francis, Boca Raton, FL, 2007.

MOUSA, S. Study On Synthesis Of Magnesium Phosphate Materials. **Phosphorus Research Bulletin**, Vol. 24: 16-21, 2010.

NIU, M.; QIU, M.; HAN, Q.; WANG, Y. The Influence on Synthetising Mg-Al Hydrotalcite by Using Different Mg and Al Sources as the Precursors. **American Chemical Science Journal**, v. 15, n. 3, p.

1-7, 2016.

OOKUBO, A.; HAYASHI, H. Preparation and Phosphate Ion-Exchange Properties of a Hydrotalcite-like Compound. **Langmuir**, v. 9, p. 1418-1422, 1993

PUTTASWAMY, N. S.; KAMATH, V. Reversible thermal behaviour of layered double hydroxides a thermogravimetric study. **Journal of Materials Chemistry**, v.7, n. 9, p. 1941-1945, 1997.

ROY, D.M.; ROY, R.; OSBORN, E. F. The system MgO-Al₂O₃-H₂O and influence of carbonate and nitrate ions on the phase equilibria, **Am. J. Sci.** v. 251, p. 337-360, 1953.

VIEILLARD, P. A New Method For The Prediction Of Gibbs Free Energies Of Formation Of Hydrated Clay Minerals Based On The Electronegativity Scale. **Clays and Clay Minerals**, V. 48, N. 4, p. 459-473, 2000.

WANG, J.; XU, A.; JIA, M.; BAI, S.; CHENGA, X.; ZHAORIGETU, B. Hydrotalcite-supported Pd–Au nanocatalysts for Ullmann homocoupling reactions at low temperature. **New Journal of Chemistry**, v. 41, p. 1905-1908, 2017.

WIYANTOKO, B.; KURNIAWATI, P.; PURBANINGTIAS, T. E.; FATIMAH, I. Synthesis and Characterization of Hydrotalcite at Different Mg/Al Molar Ratios. **Procedia Chemistry**, v.17 p. 21-26, 2015.

YANG, C.; LIAO, L.; LV, G.; WU, L.; MEI, L.; LI, Z. Synthesis and characterization of Mn intercalated Mg-Al hydrotalcite. **Journal of Colloid and Interface Science**, v. 479, p. 115-120, 2016.

ZHOU, W. Y.; PAN, J. G.; WU, Z.; QIAN, J. F.; HE, M. Y.; CHEN, Q. Efficient catalytic oxidation of alcohol to carbonyl compounds over CoFe hydrotalcites. **RSC Advances**, v. 6, p. 84106-84112, 2016.

MOUSA, S. Study On Synthesis Of Magnesium Phosphate Materials. **Phosphorus Research Bulletin**, Vol. 24: 16-21, 2010.

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